

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**MİKROSKOBİK SİMÜLASYON VE ANALİTİK MODELLER İLE KAVŞAK
PERFORMANSININ ANALİZİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ**

Ayşe GÜNEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**MİKROSKOBİK SİMÜLASYON VE ANALİTİK MODELLER İLE KAVŞAK
PERFORMANSININ ANALİZİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ**

Ayşe GÜNEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKROSKOBİK SİMÜLASYON VE ANALİTİK MODELLER İLE KAVŞAK
PERFORMANSININ ANALİZİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ

Ayşe GÜNEŞ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 30 / 06 /2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ

Prof. Dr. İsmail ŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın ALBAYRAK

ÖZET

MİKROSKOBİK SİMÜLASYON VE ANALİTİK MODELLER İLE KAVŞAK PERFORMANSININ ANALİZİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ

Ayşe GÜNEŞ

Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ

Haziran 2025; 69 Sayfa

Ulaştırma; bireylerin, mal ve hizmetlerin başlangıçtan bitiş noktasına kadar ulaştırılmasını kapsayan, projelendirme, tasarım, bakım-onarım, işletme, lojistik ve yönetimini içinde barındıran çok fonksiyonlu bir mühendislik dalıdır. Bu kapsamda yapılan çalışma, Malatya ili Yeşilyurt İlçesinde bulunan Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağında yapılmıştır. Halihazır ve imar planları incelenerek, trafik güvenliğini artırmaya yönelik geometrik düzenlemeler içeren değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Tez çalışmasında üç farklı ulaşım yazılım programı kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, her üç programda ayrı ayrı ikiye analiz çalışması yapılmıştır. Ulaşım yazılım programları; SUMO, PTV Vissim simülasyon programı olup analitik program ise SIDRA Intersection'dır. SUMO, yalnızca kendi bünyesinde yer alan standart şablonlar üzerinden kavşak modellemesine olanak tanıdığından, bu tezde yer alan özel kavşak modeli oluşturulamamıştır. PTV Vissim programında, mevcut durum ve iki farklı senaryo uygulanmıştır. Mevcut durumda Sanayi Kavşağının hizmet seviyesinin 'F' olduğu belirlenmiştir. Birinci senaryoda kavşağın hizmet seviyesi D'ye, ikinci senaryoda hizmet seviyesinin E'ye yükseldiği tespit edilmiştir. SIDRA Intersection programında, mevcut durum ve iki farklı senaryo uygulanmıştır. Mevcut durumda hizmet seviyesi F' olarak belirlenmiştir. Uygulanan diğer iki farklı senaryoda ise hizmet seviyesinde bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Fakat SIDRA Intersection programında ve diğer parametrelerde (kuyruk uzunluğu, taşıt gecikmesi, karbon salımı ve yakıt tüketiminde) ciddi oranda bir azalma olduğu simülasyon sonuçlarından tespit edilmiştir. Senaryolardan elde edilen sonuçlar incelenmiş ve elde edilen veriler karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Buna ek olarak, tez kapsamında kullanılan ulaşım yazılım programlarının dikkat çeken özelliklerine de yer verilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Analitik modelleme, PTV Vissim, SIDRA Intersection, Simülasyon, SUMO, Trafik yoğunluğu, Yol geometrisi.

JÜRİ: Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ

Prof. Dr. İsmail ŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın ALBAYRAK

ABSTRACT

ANALYZING INTERSECTION PERFORMANCE WITH MICROSCOPIC SIMULATION AND ANALYTICAL MODELS: THE CASE OF MALATYA PROVINCE

Ayşe GÜNEŞ

MSc Thesis in Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sevil KÖFTECİ

June 2025 ; 69 pages

Transportation is a multifunctional engineering branch that covers the transportation of individuals, goods and services from the beginning to the end point, including project design, design, maintenance and repair, operation, logistics and management. In this context, the study was conducted at the Kömür Tevzi Road and Sanayi Junction in Yeşilyurt District of Malatya province. By examining the current and zoning plans, evaluations were made including geometric arrangements to increase traffic safety.

Three different transportation software programs were used in the thesis study. In the study, two analysis studies were carried out separately in each of the three programs. Transportation software programs are SUMO, PTV Vissim simulation program and SIDRA Intersection analytical program. Since SUMO only allows intersection modeling using its standard templates, the specific intersection model in this thesis could not be created. In the PTV Vissim program, the baseline and two different scenarios were implemented. In the current case, the level of service of the Sanayi Junction was determined to be 'F'. In the first scenario, it was determined that the service level of the intersection increased to 'D', and in the second scenario, the service level increased to 'E'. In SIDRA Intersection program, the current situation and two different scenarios were applied. In the baseline case, the level of service was determined as 'F'. In the other two scenarios, there was no change in the level of service. However, the simulation results show that there is a significant reduction in the SIDRA Intersection program and other parameters (queue length, vehicle delay, carbon emissions and fuel consumption). The results obtained from the scenarios are analyzed and the data obtained are compared and interpreted. In addition, the salient features of the transportation software programs used in the thesis are also included.

KEYWORDS: Analytical modeling, PTV Vissim, Road geometry, SIDRA Intersection, Simulation, SUMO, Traffic congestion.

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Sevil KÖFTECİ

Prof. Dr. İsmail ŞAHİN

Asst. Prof. Dr. Yalçın ALBAYRAK

ÖNSÖZ

Herkesin bir çocukluk hayali vardır. Bazı insanlar bu hayallerinin peşinden gider; çünkü o hayallere ulaşmanın vereceği haz ve mutluluğu başka hiçbir şey veremez. Benim de hayalim, küçükken okuduğum Dede Korkut Masalları'ndaki bilge kişiler gibi, bilim meşalesini etrafımdaki insanlara taşımak ve bunun için çabalamaktır.

Tezimin hazırlanması sürecinde;

- PTV Vissim 2025 programını kullanmama olanak sağlayan PTV firmasına ve PTV Vissim'in Türkiye'deki distribütörü olan ISSD firmasının ilgili personelerine,
- SUMO (Simulation of Urban Mobility) trafik simülasyon programının Türkiye'ye uyarlanması sürecinde emeği geçen T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na ve ilgili personellerine,
- SIDRA Intersection 9.1 Network Educational Network/1PC Licence programının kullanımına izin veren Sayın Rahmi AKÇELİK' e,
- Bilgi, deneyim ve veri paylaşımlarıyla bu tez çalışmasına katkı sunan, ayrıca saha çalışmalarında bana destek sağlayan Malatya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Hizmetleri Dairesi Başkanlığı'na ve orada görev yapan tüm mesai arkadaşlarıma,
- Tez sürecindeki tecrübelerini benimle paylaşan Akdeniz Üniversitesi doktora öğrencisi, kıymetli meslektaşım Mehmet Arıkan Yalçın'a,
- Lisansüstü eğitimim süresince bilgi, deneyim ve tecrübelerinden yararlandığım; zorlu zamanlarımda bana destek olan, yönümü kaybettiğimde yolumu aydınlatan, sözleriyle bana ilham veren, bilimin ışığında yürüyen ve yürümemizi isteyen değerli danışmanım Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ' ye,

Beni bugünlere getiren hem maddi hem manevi yönde destekleyen, bu zorlu süreçte yanımda olan AİLEME en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİN	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	5
3. MATERYAL VE METOT	10
3.1. Çalışma Alanının Mevcut Trafik Düzeni ve Geometrik Özellikleri.....	11
3.2. Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'nın Geometrik Tasarım Öncesi.....	12
3.3. Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'nın Detaylı İncelenmesi	15
3.4. Kullanılan Simülasyon Programları.....	19
3.4.1. PTV Vissim	19
3.4.2. SIDRA Intersection 9.1.	20
3.4.3. SUMO (Simulation of Urban Mobility)	21
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	22
4.1. Kömür Tevzi Sokak ve Sanayi Kavşağı Üzerinde Gerçekleştirilen Geometrik Düzenlemeler	22
4.2. Sanayi Kavşağı'nın Yoğunluğunu Azaltacak Öneriler	25
4.2.1. Birinci Öneri Senaryo ve Gerekçeli Açıklama	26
4.2.2. İkinci Öneri Senaryo ve Gerekçeli Açıklama.....	30
4.3. Senaryo Önerileri ve Simülasyon Uygulamaları.....	31
4.4. Mevcut Durum Simülasyonu ve Analitik Modelleme	31
4.4.1. PTV Vissim Simülasyon Programı ile Analiz.....	31
4.4.2. SIDRA Intersection Analitik Modelleme Programı ile Analiz.....	31
4.4.3. SUMO Simülasyon Programıyla Analiz	32
4.5. Birinci Senaryo.....	34
4.5.1. PTV Vissim Simülasyon Programıyla Analiz	34
4.5.2. SIDRA Intersection Analitik Modelleme Programı ile Analiz.....	35

4.6. İkinci Senaryo	36
4.6.1. PTV Vissim Simülasyon Programıyla Analiz	36
4.6.2. SIDRA Intersection Analitik Modelleme Programı ile Analiz.....	36
4.7. Senaryo Sonuçları ve Simülasyon Bulgularının Değerlendirilmesi.....	40
4.7.1. Simülasyon Programlarının Kalibrasyon Değerlerinin Hesaplanması (GEH)	40
4.7.2. Kuyruk Uzunluğu	41
4.7.3. Taşıt Gecikmesi	42
4.7.4. Emisyon Değerleri	43
4.8. PTV Vissim Verileriyle Sanayi Kavşağı İçin Yakıt Maliyetinin Hesaplanması	44
4.8.1. Araçların yüzdelik dağılımı	45
4.8.2. Yakıt tüketim verilerinin dönüştürülmesi:	45
4.8.3. Ortalama yakıt tüketimi	45
4.8.4. Yakıt Maliyeti Hesaplaması:	46
4.9. Tezde Kullanılan Simülasyon Programlarının Dikkat Çeken Özellikleri.....	48
4.9.1. Raporlama.....	49
4.9.2. Rota Atama	50
4.9.3. Tasarım	51
4.9.4. Sinyal Zaman Diyagramları.....	52
4.9.5. Hizmet Düzeyinin Belirlenmesi	53
5. SONUÇLAR	54
6. KAYNAKLAR.....	57
7. EKLER.....	59
Ek 1. Vehicle Tracking Programı Raporu.....	59
Ek 2.1. SUMO Programı Veri Örneği.....	60
Ek 2.2. SUMO Programı Veri Örneği.....	61
Ek 3.1. PTV Vissim Programı Veri Örneği	62
Ek 3.2. PTV Vissim Programı Veri Örneği	63
Ek 4.1. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği	64
Ek 4.2. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği	65
Ek 4.3. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği	66
Ek 4.4. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği	67

Ek 4.5. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği	68
Ek 4.6. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği	69
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ **MİKROSKOBİK SİMÜLASYON VE ANALİTİK MODELLER İLE KAVŞAK PERFORMANSININ ANALİZİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ** ” başlıklı çalışmada, bilimsel kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin akademik kurallara göre kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

30 / 06 / 2025

Ayşe GÜNEŞ

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

\$: Amerika Birleşik Devletleri Doları

% : Yüzde

Cm : Santimetre

Dak : Dakika

Gal : Galon

Gr : Gram

Kg : Kilogram

L : Litre

M : Metre

San : Saniye

Kısaltmalar

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

AVM : Alışveriş Merkezi

AUS : Akıllı Ulaşım Sistemleri

AÜ : Akdeniz Üniversitesi

CO : Karbonmonoksit

GEH : Geoffrey E. Havers

HCM : Highway Capacity Manual

GTM : Geçici Ticaret Merkezi

KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü

LOS : Level Of Service

MDK : Modern Dönel Kavşak

MAKSAN	: Malatya Makina Sanayii A.Ş
MBBUDB	: Malatya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı
MUAP	: Malatya Ulaşım Ana Planı
No.	: Numara
NOx	: Nitrojen Oksit
OSM	: Open Street Map
PTV	: Planung Transport Verkehr
SUMO	: Simulation of Urban Mobility
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
TOKİ	: Toplu Konut İdare Başkanlığı
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
UKOME	: Ulaşım Koordinasyon Merkezi
VOC	: Uçucu Organik Bileşik

ŞEKİLLER DİZİN

Şekil 1.1. Görsel, SUMO simülasyon programı kullanılarak oluşturulmuştur, a) kaza noktalarının türleri, b) yollar ve kavşak noktaları.....	2
Şekil 1.2. Türkiye de Malatya ilinin konumu ve ilçeleri (2025).....	3
Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu.....	10
Şekil 3.2. Google Earth görüntüsü:a) geometrik düzenleme yapılan alan, b)simülasyon çalışması alan sınırları (2025)	12
Şekil 3.3. Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'nın a) Halihazır planı b) İmar planı (MBBUDB tarafından hazırlanmıştır)	13
Şekil 3.4. Çalışma alanı ve çalışma alanına ait önemli noktalar.....	15
Şekil 3.5. Çalışma alanındaki tespit edilen sorunların fotoğrafları ve harita üzerindeki konumları	16
Şekil 3.6. Çalışma alanındaki tespit edilen sorunların fotoğrafları ve konumları	18
Şekil 3.7. Sanayi Kavşağı (eğimi en yüksek kavşak bağlantısı uydu görüntüsü).....	19
Şekil 3.8. PTV Vissim a) Vissim ara yüzü, b) Vissim sinyal programı	20
Şekil 3.9. SIDRA Intersection a) SIDRA programının ara yüzü b) SIDRA programının veri girişi	20
Şekil 3.10. SUMO yazılım programı a) OSM sumocfg., b) OSM Netedit.....	21
Şekil 4.1. Kömür Tevzi Sokak ile Sanayi Kavşağı, a) halihazır planı (MBBUDB tarafından hazırlanmıştır), b) önerilen geometrik düzenlemeler.....	22
Şekil 4.2. Kömür Tevzi Sokak ile Sanayi Kavşağında yapılan geometrik düzenlemeler (Şekil. 4.2. a-b MBBUDB tarafından hazırlanmıştır)	23
Şekil 4.3. Vehicle Tracking Programı ile kavşak tasarım analizi	24
Şekil 4.4. Otomobil ve kamyonun minimum dönüş eğrileri, a) otomobil için minimum dönüş yörüngesi, b) otobüs için minimum dönüş yörüngesi (Karayolları Tasarım El Kitabı s. 20), c) geometrik tasarımın 'Vehicle Tracking Programı' ile otobüs için minimum dönüş yörüngesi.....	25
Şekil 4.5. Sanayi Kavşağı uydu görüntüsü, a) deprem öncesi, b) deprem sonrası	27
Şekil 4.6. Sanayi Kavşağının trafik yoğunluğunun incelenmesi	28
Şekil 4.7. Sanayi Kavşağı, a) tabliye genişliği, b) tabliye görüntüsü	29
Şekil 4.8. Sanayi Kavşağının trafik yoğunluğunun incelenmesi	30
Şekil 4.9. SUMO simülasyon programı, a) tez kapsamında SUMO' da çalışılan kavşak, b) SUMO' nun dört kollu kavşak şablonu	33
Şekil 4.10. Simülasyon programlarının karbon emisyon değerlerinin çıktısı, a) SUMO, b) SIDRA, c) PTV Vissim	49

Şekil 4.11. . Hizmet seviyesinin SIDRA Intersection programı ile detaylı gösterim şekilleri (hizmet seviyesini tablolar halinde de sunmaktadır).....	50
Şekil 4.12. Simülasyon Programlarının rota atama görselleri, a) PTV Vissim, b) SUMO, b)SIDRA Intersection	50
Şekil 4.13. Sanayi Kavşağı'nın tasarımı, a)SUMO b)SIDRA Intersection, c)PTV Vissim	51
Şekil 4.14. Tezde kullanılan programların zaman diyagramları, a) SUMO sinyal diyagramı, b) SUMO 3D sinyal gösterimi, c) SIDRA Intersection sinyal diyagramı, d) SIDRA Intersection yön bazlı sinyal diyagramı, e) PTV Vissim sinyal diyagramı, f) PTV Vissim'in 3D sinyal gösterimi.....	52
Şekil 4.15. Hizmet düzeylerinin belirlenmesi, a) SIDRA Intersection, b) SUMO, c) PTV Vissim.....	53



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Sanayi Kavşağı sayım verilerinin türel ayrımı (MBBUDB tarafından sayım yapılmıştır)	14
Çizelge 3.2. Sanayi Kavşağı'nın sayım verisi (MBBUDB tarafından sayım yapılmıştır).	14
Çizelge 4.1. Sanayi Kavşağı manuel sayım verileri (MBBUDB tarafından sayım yapılmıştır).....	26
Çizelge 4.2. Sanayi Kavşağı sayım verileri (MBBUDB tarafından sayım yapılmıştır). 26	
Çizelge 4.3. Malatya Park AVM yolculuk verisi (Malatya Park AVM yönetiminden alınmıştır 15-22 Nisan 2025)	27
Çizelge 4.4. Sanayi Kavşağı Mevcut Durum PTV Vissim simülasyon sonuçları	31
Çizelge 4.5. Sanayi Kavşağı Mevcut Durum PTV Vissim simülasyon sonuçları	32
Çizelge 4.6. SUMO mevcut durum simülasyon sonuçları.....	33
Çizelge 4.7. SUMO simülasyon programı sonuçları (mevcut durum, 1.Senaryo (U dönüş), 2. Senaryo (U dönüş ve alt geçide katılım)).....	34
Çizelge 4.8. PTV Vissim 1. Senaryo (‘U’ Dönüş).....	35
Çizelge 4.9. SIDRA Intersection 1.Senaryo (‘U’ Dönüş).....	35
Çizelge 4.10. PTV Vissim Sanayi Kavşağı 2. Senaryo (‘U’ dönüş ve alt geçide katılım)	36
Çizelge 4.11. SIDRA Intersection Sanayi Kavşağı 2. Senaryo (‘U’ dönüş ve alt geçide katılım).....	37
Çizelge 4.12. PTV Vissim simülasyon programı sonuçları (mevcut durum,1. Senaryo (‘U’ dönüş), 2. Senaryo (‘U’ dönüş ve alt geçide katılım).....	38
Çizelge 4.13. SIDRA Intersection analitik model sonuçları (mevcut durum,1. Senaryo (‘U’ dönüş),2. Senaryo (‘U’ dönüş ve alt geçide katılım)	39
Çizelge 4.14. PTV Vissim ve SIDRA Intersection program çıktılarının kalibrasyon doğrulama değerleri (GEH)	40
Çizelge 4.15. PTV Vissim ve SIDRA Intersection program çıktılarının kalibrasyon doğrulama değerlerinin (GEH) grafiksel gösterimi	40
Çizelge 4.16. PTV Vissim ile SIDRA Intersection ulaşım yazılım programlarının ortalama kuyruk uzunluklarının karşılaştırılması.....	41
Çizelge 4.17. PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarının taşıt gecikmesinin karşılaştırılması	42
Çizelge 4.18. Emisyon değerleri.....	43
Çizelge 4.19. SIDRA Intersection emisyon verileri ve yakıt maliyeti a) mevcut durum, b) 1.Senaryo, c) 2. Senaryo.....	44

Çizelge 4.20. Sanayi Kavşağını kullanan araçların yüzdelik dağılım değerleri	45
Çizelge 4.21. Araçların Yakıt Tüketim Fiyatları (2025/Mayıs)	46
Çizelge 4.22. Sanayi Kavşağının PTV Vissim verileri ile hazırlanan dolar bazında (\$) saatlik yaklaşık yakıt maliyeti.....	46
Çizelge 4.23. Sanayi Kavşağı'nın, PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarından elde edilen veriler doğrultusunda dolar (\$) bazında saatlik yaklaşık yakıt maliyeti.....	47
Çizelge 4.24. PTV Vissim, SIDRA, SUMO programlarını özellikleri.....	48



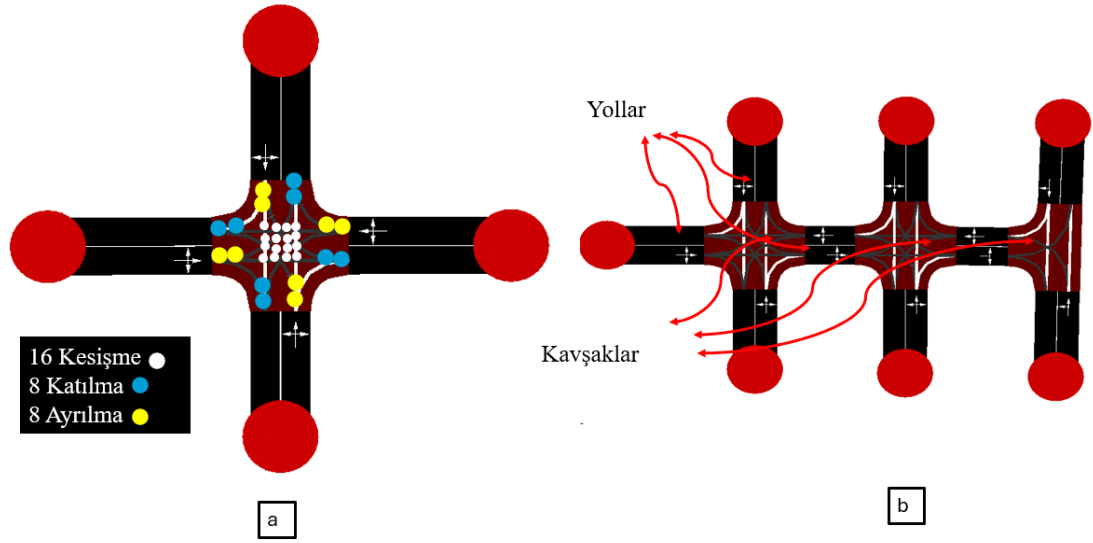
1.GİRİŞ

Ulaştırma; bireylerin, mal ve hizmetlerin başlangıçtan bitiş noktasına kadar ulaştırılmasını kapsayan, projelendirme, tasarım, bakım-onarım, işletme, lojistik ve yönetimini içinde barındıran çok fonksiyonlu bir mühendislik dalıdır. Bu mühendislik dalı farklı ulaşım modlarını birbirine entegre ederek verimli ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerini geliştirmeye odaklanır. Toplumun günlük yaşamını ve ekonomik faaliyetlerini doğrudan etkileyen kritik bir role sahip olan bu dal; kentsel planlamadan çevre korumaya, enerji verimliliğinden trafik güvenliğine kadar geniş bir yelpazede çözümler üretir. Ayrıca, toplu taşıma optimizasyonu, akıllı ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi, trafik akışının teknolojik gelişmeler ile düzenlenmesi gibi yenilikçi yaklaşımları içinde barındırmaktadır. Ülkemizde artan nüfus ve araç sayısı göz önüne alındığında, trafikteki artış, trafik sorunlarının en yoğun yaşandığı kavşaklarda teknolojik uygulamaların daha fazla kullanılmasını gerektirmektedir. Kavşaklardaki trafik yoğunluğunu azaltmak, trafik güvenliği artırmak ve verimliliği sağlamak amacıyla günümüzde birçok teknolojik uygulama hayata geçirilmektedir. Bu uygulamalar arasında en çok öne çıkanlar şunlardır:

- Akıllı Kavşak Yönetim Sistemi
- Loop Dedektörlü Akıllı Kavşak Yönetimi Sistemi
- Kameralı Akıllı Kavşak Yönetim Sistemi
- Hibrit Akıllı Kavşak Yönetim Sistemleri
- Değişken Mesaj İşaretleri
- Değişken Trafik İşaretleri
- Plaka Tanıma Sistemleri'dir.

Bu sistemler, özellikle karmaşık kentsel alanlarda ve trafik yoğunluğu yüksek kavşak noktalarında; trafik verimliliği, zaman tasarrufu, yakıt tüketiminin azaltılması ve çevresel etkilerin düşürülmesi açısından büyük katkı sağlamaktadır.

Kavşakların tasarımı ve yönetimi; trafik güvenliği, kapasite, gecikme süreleri ve çevresel etkiler açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle yenilikçi kavşak yönetimi; sinyalizasyon sistemleri, trafik akış analizleri, geometrik düzenlemeler ve akıllı ulaşım sistemleri gibi çeşitli mühendislik ve teknolojik yöntemlerle desteklenmektedir. Kavşaklar Şekil 1.1.a'da görüldüğü gibi kesişme, katılma ve ayrılma olmak üzere üç temel trafik hareketini içerir ve bu yönüyle karayolu ağının en kritik bileşenlerinden biri olarak değerlendirilir (Garber & Hoel, 2009). Bu bölgeler (Şekil 1.1.b), taşıtların yön değiştirmesine, giriş-çıkış yapmasına ve çeşitli manevralar gerçekleştirmesine olanak sağlar (Akçelik, 2005).



Şekil 1.1. Görsel, SUMO simülasyon programı kullanılarak oluşturulmuştur, a) kaza noktalarının türleri, b) yollar ve kavşak noktaları.

Ulaştırma sistemlerinde kavşaklar, trafik akışının sürekliliğini sağlamada merkezi bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle, kavşaklardaki trafik sorunlarını tespit etmek ve etkili bir şekilde yönetebilmek amacıyla teknolojik uygulamalardan yararlanılmaktadır. Özellikle son yıllarda, mikroskobik trafik simülasyon programları ve akıllı ulaşım sistemleri gibi teknolojiler, kavşak performansının analiz edilmesinde ve iyileştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kent içi kavşak tasarımı/analizi için en yaygın olarak kullanılan simülasyon programları şunlardır;

- SIDRA Intersection
- PTV Vissim
- SUMO
- Aimsun
- Synchro
- Cube Avenue vb. programlar başta gelmektedir.

Günümüzde kavşak noktalarında kullanılan bu programlar trafik hacmini sanal ortamda simüle ederek kavşağın hizmet düzeyini ve kavşak performansını belirlemektedir. Hizmet düzeyini belirlenmesi kavşakta yapılacak iyileştirme çalışmalarında karar vericilere yol göstermektedir.

Hizmet düzeyi, Bir trafik akımının hız, gecikme, konfor, seyahat süresi ve güvenlik gibi parametreler açısından sürücüye sunduğu işletim koşulları olarak tanımlanır. Hizmet düzeyinin, A ile F arasında altı kademe olarak değiştiği kabul edilir; burada A en iyi, F ise en kötü hizmet düzeyini ifade eder. Hizmet seviyeleri aynı zamanda kavşaklar için bir performans sınıflandırması olarak kullanılır (HCM, 2010). Hizmet düzeyinin

belirlenmesinde kullanılan bu programalar ile, teknolojik projenin sahada uygulanmadan önce sanal ortamda simülasyonları yapılarak, karar vericiler için çeşitli senaryolar üretilmektedir. Programlar aracılığıyla oluşturulan bu senaryolar, verimlilik açısından yazılım sonuçlarına göre değerlendirilir. Senaryo simülasyonlarının verimlilik derecesinin artırılabilmesi için, sahadan toplanan verinin kalitesi en önemli parametrelerden birisidir. Bu parametrelerin doğru bir şekilde sahadan elde edilebilmesi için;

- Hava koşullarının uygunluğu,
- Trafikte araçların heterojen¹ bir şekilde dağıldığı günlerin seçimi,
- Araç sayım yöntemleri,
- Kavşağın yol ağındaki önemi,
- Kavşağı oluşturan yol ağının geometrik özellikleri,
- Yakın çevredeki kavşaklarda uygulanan trafik denetim yöntemleri (sinyalize kavşak, sinyalize olmayan kavşak vb.),
- Bölgedeki sürücü ve yaya davranışları,
- Sayım yapan teknik personelin bilgi ve deneyimi gibi faktörler önemlidir ve veri kalitesinin belirlenmesinde kritik rol oynamaktadır.



Şekil 1.2. Türkiye de Malatya ilinin konumu ve ilçeleri (2025)

¹ Hafif yüklü ticari taşıt ve orta yüklü ticari taşıt sınıflarının trafik içindeki dağılımlarına bakılarak haftanın günlerine göre benzer özellik göstermektedir. Çarşamba ve perşembe günleri toplam trafik içindeki eşit dağılım paylarının üst seviyede olduğu belirlenerek pazar günü ise en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir (29.s). (Karayollarında Ağır Taşıt Trafiklerinin ve Yük Taşımacılığının Özellikleri ve Eğilimleri (2022)).

Verilerin doğruluk derecesi, sanal ortamdaki analizlerin kalitesini artırarak uygulamaların verimliliğinin ölçülebilmesine olanak sağlar. Ölçülen veriler doğrultusunda tespit edilen sorunlar için çözüm önerileri geliştirilir. Bu öneri projeleri, sorunun çözülmesini ya da en düşük seviyeye indirilmesini hedeflemektedir. Bu tez çalışması, Malatya (Şekil 1.2.) il merkezinde D-300 karayolu üzerindeki Sanayi Kavşağında yapılmıştır. Yapılan çalışmanın amacı, D-300 karayolu üzerinde bulunan Sanayi Kavşağı'nın trafik yoğunluğunun nedenlerini ele almak ve bu yoğunluğu azaltılmasına yönelik geometrik düzenleme amaçlı simülasyon tabanlı çeşitli önerilerde bulunmaktır. Yapılan öneriler, ticari adı PTV Vissim, SIDRA Intersection ve SUMO olan ulaşım yazılım programları ile analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, Kömür Tevzi Sokak üzerindeki yolun geometrik düzenlemeleri de bu çalışma içerisinde değerlendirilmiştir.

Tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde, çalışmanın amacı, kapsamı ve genel çerçevesi ile ilgili bilgiler sunulmuştur. İkinci bölümde, literatür taraması yapılmış ve konuya dair daha önceki araştırmaların bulguları incelenmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmanın gerçekleştirildiği bölge tanıtılmış ve bölgeye ilişkin detaylı bir analiz yapılmıştır. Ayrıca, bu bölümde ulaşım yazılım programları hakkında kısa bir bilgilendirme yapılmış ve kullanılan yazılımların özellikleri açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, ulaşım programları analizlerinin sonuçları karşılaştırılmış ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Beşinci bölümde ise yapılan çalışmanın sonuçları tartışılmış ve genel çıkarımlar sunulmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

Malatya ili verileri ile yapılacak olan çalışmada SUMO, PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarının çıktılarının analizleri yapılarak, mevcut kavşak geometrisinin performansı değerlendirilecek, gerekli görülmesi durumunda yeni kavşak geometrisi önerilecektir. Bu kapsamda yapılan literatür çalışmaları, tarih bazında sıralanarak aşağıda verilmiştir.

Öztürk, E.A., ve Ark. 2008 yılında Ankara Beşevler kavşağında yaptıkları çalışmada, trafik sayımlarının sonucunda bir model oluşturmuşlardır. Kavşakta oluşturulan modelin sonuçları, Webster Modeli ile karşılaştırılmıştır. Bu modelde sinyal zamanlaması geliştirilerek kavşağın devre süresi hesaplanmıştır. Modelde geliştirilen devre süresinin mevcut devre süresine benzer olması, geliştirilen modelin doğru çalıştığını göstermektedir .

Özge, K.V. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, İstanbul'un Kağıthane ilçesinde yer alan Cendere Yolu üzerindeki trafik tıkanıklığı yaşanan kavşaklarda ortaya çıkan işletme problemleri ile kapasite kullanım düzeyleri incelenmiştir. Çalışmada, mevcut duruma ilişkin yapılan etütler sonucunda elde edilen trafik gözlem verileri, PTV Vissim simülasyon modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Mevcut durumda ortalama hızın 21 km/saat olduğu belirlenmiş, önerilen proje simülasyon çalışmasında bu hız 31 km/saat'e, imalat sonrası simülasyon çalışmasında ise 32 km/saat'e yükselmiştir. Buna göre ortalama hızda, mevcut duruma kıyasla proje çalışmasına göre %48, imalat sonrası çalışmaya göre ise %52 oranında artış sağlanmıştır. Ayrıca, ortalama gecikme süresinde 2 dakikadan 1,5 dakikaya bir azalma gözlemlenirken, ortalama durma sayısı ise 5'ten 2'ye düşürüldüğü tespit edilmiştir.

Konya ilinde Akmaz, M.M., 2012 yılında gerçekleştirdiği çalışmada Kule, Nalçacı-Sille ve Kabataş sinyalizasyon kavşaklarını incelemiştir. Trafik sayımları, video kamera kullanılarak yapılmış ve SIDRA Intersection analitik yazılım programı ile kavşakların mevcut durumu analiz edilmiştir. Analiz sonucunda gecikmeleri azaltmak ve kapasiteyi artırmak için optimum devre süreleri önerilmiştir. Bu simülasyon programında, her üç kavşakta da gecikme süresi ve doyumluk derecesi azalmış ve kapasite artmıştır. Özellikle Kule kavşağındaki ortalama gecikme sürelerinin %35, doyumluk derecelerinin %20 azaldığı ve kapasitenin %25 arttığı gözlemlenmiştir.

Zonguldak ilinin 100. Yıl Şehirlerarası Otobüs Terminali Kavşağında 2017 yılında Zeydan, Ö., ve Ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada, sinyal süresine bağlı taşıt gecikmelerinden doğan zararlı gaz emisyonlarının çevreyi nasıl etkilediği araştırılmıştır. Söz konusu kavşakta, zirve saatte sayımlar yapılarak, kavşaktaki akım değerleri tespit edilmiştir. Bu değerler SIDRA Intersection analitik yazılım programına girilerek mevcut durum değerlendirilmesi yapılmıştır. Mevcut durumdaki kavşağın, sinyalizasyon sistemlerinde en optimum devre süreleri belirlenmiştir. Kavşak yeni

belirlenen süreler ile modellenerek simülasyon programında analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre doğaya salınan zararlı gaz emisyonlarında CO % 35, NOx % 12, tüketilen yakıt miktarında % 22 azalma olduğu tespit edilmiştir.

Niloy, M. T. A. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışma, ABD'nin Illinois eyaletine bağlı Wood River şehrindeki bir yerleşim alanında yürütülmüştür. Araştırmanın amacı, acil durum tahliyelerinde etkili trafik yönetimi sağlamak için optimum sinyal zamanlama planlarının geliştirilmesidir. Bu doğrultuda, Syncro 8.0 ve PTV Vissim 7.0 simülasyon yazılımları kullanılarak üç farklı tahliye senaryosu modellenmiştir. Çalışmada, on kavşak düğümüne ait trafik verileri ve dört farklı tahliye rotası üzerindeki araç seyahat süreleri analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçları, trafik sinyal zamanlamasının optimize edilmesi ve sürücülere alternatif tahliye rotaları seçme esnekliği tanınması durumunda en hızlı ve en verimli tahliyenin sağlandığını göstermiştir. Bu bulgular, afet durumlarında akıllı sinyal kontrol sistemlerinin ve esnek yönlendirme stratejilerinin etkili tahliye süreçleri için kritik önem taşıdığını ortaya koymuştur.

Eskişehir’de bulunan Nayman ve Kırım kavşaklarında Karagöz T.G. tarafından 2018 yılında gerçekleştirilen çalışmada, SIDRA Intersection 7 analitik yazılım programı yardımıyla kavşak analizi mikro ölçekte yapılmıştır. Söz konusu kavşaklarda sinyal optimizasyon analizi yapılarak mevcut duruma göre gecikme sürelerinde % 42’lik bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca kavşaklar arasındaki mesafeye göre devre sürelerinin kavşaklardaki toplam gecikme süresi üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, kavşaklar arası mesafenin, kavşaklardaki gecikme süresini etkilediği tespit edilmiştir.

Irak’ın başkenti Bağdat’ın kuzeydoğusunda yer alan Al-Fallah kavşağında, Ziboon, A. R. T. ve Ark. (2019) tarafından Synchro 10 trafik simülasyon programı kullanılarak kavşak performans analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, trafik sıkışıklığına çözüm üretmek amacıyla kavşağın ortalama gecikme süresi, doyumluk derecesi ve hizmet seviyesi değerlendirilmiştir. Yapılan simülasyonlar sonucunda, mevcut geometrik düzenlemenin iyileştirilmesi yönünde öneriler geliştirilmiş ve bu öneriler aynı program üzerinden tekrar test edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, önerilen düzenlemeler uygulandığında ortalama gecikme süresinde %87 oranında azalma sağlanmış olup kavşağın hizmet seviyesi ise F’den D’ye yükselmiştir.

H.M. Al-Murshidy ve Ark. (2019), Irak’ın Kerbela kentinde yer alan Al-Safeena ve Sayed Jawda kavşaklarının trafik performans analizlerini yapmışlardır. Çalışma kapsamında kavşaklara ilişkin veriler manuel yöntemlerle toplanmış, analiz sürecinde ise SIDRA Intersection 7 trafik yazılım programı kullanılmıştır. Al-Safeena kavşağında yapılan geometrik düzenlemeler ile, özellikle orta adanın küçültülmesi ve yaklaşım kollarındaki şerit sayısının artırılması sonucunda kavşağın hizmet seviyesi F’den D’ye yükseltilmiştir. Buna karşılık, Sayed Jawda kavşağının yaklaşım şeritlerinde yapılan

iyileştirmelere rağmen hizmet seviyesi sadece F'den E'ye yükselmiş, dolayısıyla önemli bir iyileşme sağlanamamıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kavşaklarda gerçekleştirilen geometrik düzenlemelerin trafik talebini artırdığı ve bu durumda bazı kavşaklarda hizmet seviyesinde sınırlı bir iyileşme sağlandığı belirtilmiştir.

Ahadi, S. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Afganistan'ın Mezar-ı Şerif kentindeki iki kavşakta mevcut trafik durumu analiz edilmiş; sinyalizasyon sistemlerinin yeniden düzenlenmesi ve geometrik iyileştirme önerileri geliştirilmiştir. Araştırma kapsamında, gecikme süreleri ve kuyruk uzunlukları gibi trafik performans parametreleri PTV Vissim ve SIDRA Intersection ulaşım yazılımları kullanılarak değerlendirilmiştir. Mevcut durum ve önerilen geometrik iyileştirme senaryolarına ek olarak 40 farklı trafik senaryosu oluşturularak kapsamlı bir analiz yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, iyileştirme senaryolarının uygulandığı toplam taşıt gecikmelerinde %54,51'e varan azalmalar gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre PTV Vissim simülasyon programının Afganistan'ın mevcut trafik koşullarını yansıtmak açısından uygun bir yazılım olduğunu ortaya konulduğu belirtilmiştir.

Adeke, P. T. ve Ark. (2020) tarafından yürütülen çalışmada, Nijerya'nın Benue Eyaleti'nin başkenti Makurdi'de yer alan Wurukum beş kollu döner kavşağının kapasite ve gecikme analizi, ARCADY ve SIDRA Intersection ulaşım yazılım programları kullanılarak yapılmıştır. Bu yazılımlar aracılığıyla, kavşağın modelleri oluşturulmuş ve kavşak performansı hizmet seviyesine dayalı olarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kavşağın mevcut hizmet seviyesi F olarak belirlenmiş; her iki simülasyon modeli (ARCADY ve SIDRA) tarafından tahmin edilen doyumluk dereceleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, kavşak kapasitesi ve performansının artırılabilmesi için şunlar önerilmiştir; Alternatif kavşak geometri tasarımları, optimum sinyal sürelerinin belirlenmesi, uygun yatay ve düşey işaretlemelerin yapılması.

Kart, Ö. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, SUMO trafik simülasyon yazılımı kullanılarak üç noktalı bir yeşil dalga koridoru oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, veri toplama noktaları, hız tespit üniteleri ve kavşak kontrol cihazları arasında haberleşme sağlanarak senaryolar geliştirilmiştir. Kavşakların faz sürelerinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak dinamik biçimde ayarlanmasıyla birlikte, koridor boyunca seyreden araçların bekleme sürelerinde azalma gözlemlenmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, yeşil dalga uygulaması sonucunda araçların ortalama bekleme süresi %20 oranında azalmış, ortalama seyir hızı ise %20 oranında artmıştır. Bekleme sürelerindeki azalma, yakıt tüketimini düşürmenin yanı sıra zaman kayıplarını da minimize ederek trafik akışının verimliliğini artırmıştır. Bu iyileşme aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlamış ve sürdürülebilir ulaşım açısından olumlu sonuçlar ortaya koymuştur.

Sarı, F. A. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Sakarya iline ait belirli kavşaklarda toplanan trafik akım verileri kullanılarak Aimsun ve PTV Vissim trafik simülasyon programlarında trafik analizi yapılmıştır. Çalışmanın temel amacı, mevcut trafik akımını simülasyon ortamında modelleyerek kavşaklar için iyileştirme önerileri yapmak ve iki farklı yazılımın performans çıktılarının karşılaştırmalı analizini sunmaktır. Her iki simülasyon programı da trafik verilerinin modellenmesine olanak tanımaktadır. Ancak programların çıktı sunumlarında bazı farklılıklar gözlemlenmiştir. Aimsun programı, analiz sonuçlarını daha açık ve grafik tabanlı olarak sunarken, PTV Vissim yazılımında veri alınacak bölgelerin ayrı ayrı tanımlanması gerekmekte ve seyahat süreleri, kuyruk uzunlukları gibi yolculuk performans çıktıları için farklı modüllerin kullanılması zorunlu olmaktadır. Sonuç olarak PTV Vissim' in kullanıcıya daha ayrıntılı ve ham veri temelli bir çıktı sunduğu, Aimsun' un ise kullanıcı dostu ara yüzüyle trafik analiz sonuçlarını doğrudan grafiksel olarak incelemeye imkan sağladığı belirtilmiştir.

Çıldır, A. ve çalışma arkadaşları (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 90, 120 ve 150 saniyelik döngü sürelerine sahip kavşaklarda taşıt gecikmeleri analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında, kavşak kollarına ait gecikme süreleri incelenmiş ve bu verilere dayanarak optimum döngü süreleri belirlenmiştir. Araştırmada, değişken sinyalizasyon sürelerine sahip uyarmalı yöntem ile sabit süreli klasik sinyalizasyon yöntemi karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; düşük yoğunluklu kavşaklar için 90 saniye, orta yoğunluklu kavşaklar için 120 saniye, yüksek yoğunluklu kavşaklar için ise 150 saniyelik döngü süreleri en uygun seçenekler olarak değerlendirilmiştir. Özellikle 120 saniyelik döngü süresine sahip kavşaklarda, uyarmalı sistemin kullanılmasıyla klasik yöntemle kıyasla kavşak genelindeki gecikmelerde %77'ye, anayollarda ise %95'e varan azalmalar elde edilmiştir.

Duman, Z. N. (2022) tarafından Elazığ ilinde gerçekleştirilen çalışmada, art arda gelen Stadyum Kavşağı, Kültürpark Kavşağı ve SGK Kavşağı olmak üzere üç kavşağın mevcut durumları PTV Vissim mikro simülasyon yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. İlk aşamada, kavşakların mevcut performansları değerlendirilmiş; ardından kavşaklar arasındaki mesafeler ve ortalama seyir hızları dikkate alınarak offset süreleri hesaplanmıştır. Offset sürelerine göre dört farklı senaryo oluşturulmuş ve bu senaryoların sonuçları mevcut durumla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, senaryoların çoğunda %100 oranında başarı elde edildiği gözlemlenmiştir. Kavşakların koordine edilmiş (eşgüdümlü) sinyalizasyon sistemi ile işletilmesinin, trafik akışını iyileştirme ve gecikmeleri azaltma açısından önemli avantajlar sağladığı sonucuna varılmıştır.

Kareem, M. L. ve Alkaissi, Z. A. (2024) tarafından yapılan çalışmada, Bağdat'ta yer alan Al-Mansour Caddesi ile Al-Rowad Caddesi kesişimindeki 14. Ramadan sinyalizasyon kavşağı analiz edilmiştir. Şehrin artan nüfusu, alışveriş merkezlerinin çoğalması ve araç sayısındaki hızlı artış nedeniyle kavşağın hizmet seviyesinde ciddi düşüşler gözlemlenmiştir. Kavşağın trafik performansını değerlendirmek ve optimum sinyal

sürelerini belirlemek amacıyla SIDRA Intersection 8.0 analitik model ve Synchro 11.0 simülasyon yazılımı kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, kavşağın mevcut hizmet seviyesinin F düzeyine gerilediği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, döngü süresinin SIDRA Intersection analizinde 240 saniyeden 160 saniyeye, Synchro analizinde ise 125 saniyeye düşürülmesi önerilmiştir. Uygulanan bu senaryolar sayesinde kavşağın hizmet seviyesi F'den D'ye yükseltilmiş; ayrıca kuyruk uzunluklarında %33 oranında azalma sağlanmıştır. Çalışma bulgularına göre, Synchro yazılımının mevcut trafik koşulları altında SIDRA Intersection'a kıyasla daha iyi sonuçlar ürettiği ve daha gerçekçi bir trafik temsili sunduğu belirtilmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

Tez kapsamında ele alınan bölge Malatya ili D-300 karayolu üzerinde bulunan Sanayi Kavşağı ve bu kavşağa bağlı olan Kömür Tevzi Yolu'dur. Şekil 3.1'de çalışma yapılan alanın kent makro formundaki yerleşimi gösterilmiştir. Çalışma alanı ulaşım fonksiyonları açısından detaylı şekilde incelenmiştir. Ayrıca tez çalışmasında kullanılan simülasyon programları kısaca tanıtılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu

Bu çalışmada ele alınan bölge, Malatya ile Elazığ illerini birbirine bağlayan D-300 (Buhara Caddesi) çevre yolu üzerinde konumlanmaktadır. Çalışma alanı, kentsel ulaşım açısından kritik bir aks üzerinde yer almakta ve çevresinde farklı nitelikteki birçok önemli yerleşim ve altyapı birimini barındırmaktadır. Bölgenin yerel özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Güney yönünde: Niyazi Mahallesi ve İnönü Mahallesi yer almaktadır. Bu mahalleler yoğun yerleşim alanlarına sahip olmalarının yanı sıra önemli ticari merkezlerinin bulunduğu çekim noktalarıdır.
- Kuzeydoğu yönünde: Çavuşoğlu Mahallesi, küçük ölçekli sanayi bölgesi, şehir mezarlığı, Samanköy konteyner kenti, Buğday Pazarı, Kayısı Ticaret Merkezi yer almaktadır.
- Doğu yönünde: İnönü Üniversitesi, öğrenci yurtları, MAKSAN yerleşkesi ve katı atık bertaraf tesisi gibi büyük ölçekli kurumlar yer almaktadır.
- Batı yönünde: Malatya Büyükşehir Belediyesi, AVM, Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, şehirlerarası otobüs terminali (otogar), Malatya Havalimanı, Turgut Özal Üniversitesi ve diğer ilçelere bağlantı sağlayan ulaşım arterleri yer almaktadır.

Bu yönleriyle çalışma alanı hem şehir içi hem de şehirlerarası ulaşım açısından yüksek trafik talebi olan, farklı kullanıcı türlerinin kesişim noktası niteliğinde bir bölgeyi kapsamaktadır.

3.1. Çalışma Alanının Mevcut Trafik Düzeni ve Geometrik Özellikleri

Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'nın geometrik düzenleme yapılacak alanın uydu görüntüsü Şekil 3.2.a'da sunulmakta olup, simülasyon çalışmasının gerçekleştirileceği alanının sınırları Şekil 3.2.b'de belirtilmiştir. Bu bölge, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremler sonrası enkazların taşınması sürecinde güzergâh olarak kullanılmıştır. Özellikle Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı, enkaz taşıma güzergâhı olarak belirlenmiştir. Bu süreç sonucunda, güzergâh boyunca “tanımsız alanlar” olduğu tespit edilmiştir. Tanımsız alanlar; mevcut yol geometrisinin bozulduğu, araç ve yaya hareketliliğinin net bir şekilde belirlenemediği, çizgisel düzenlemelerin eksik ya da silik olduğu ve bu nedenle trafik güvenliğinin tehlikeye açık hale geldiği bölgeler olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgede özellikle aşağıdaki problemler ön plana çıkmaktadır:

- Yol geometrisinde ve üst yapısında meydana gelen: şerit hizalarının kayması, yol kaplamasının deformasyonu, kenar taşlarının bozulması, geçici genişlemeler gibi bozulmalar,
- Yaya geçitleri ve kaldırım bağlantılarının belirsizliği,
- Trafik işaretlemeleri ve sinyalizasyonun eksikliği veya hasarı,
- Araç ve yaya sirkülasyonunun düzensizliği,
- Tanımsız geçişlerin ve park alanlarının oluşması vb. nedenler tanımsız alan olarak ifade edilmektedir.

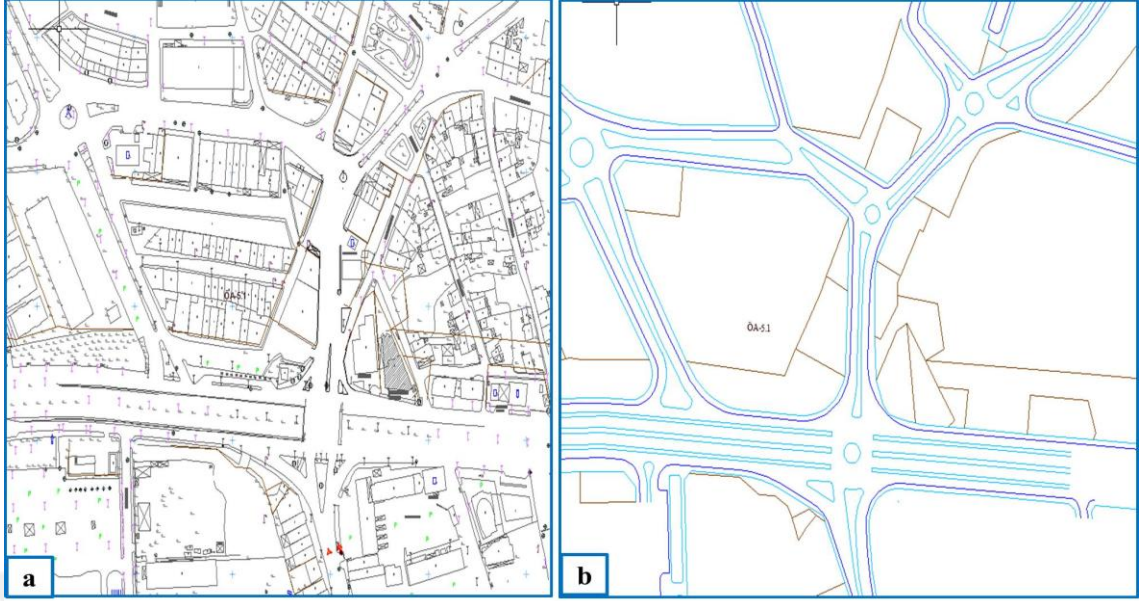


Şekil 3.2. Google Earth görüntüsü:a) geometrik düzenleme yapılan alan, b)simülasyon çalışması alan sınırları (2025)

Çalışma alanındaki sorunlar, hem trafik akışının sağlıklı bir şekilde işlenmesini engellemekte hem de trafik güvenliği açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanında herhangi bir geometrik düzenleme yapılmadan önce mevcut problemlerin ayrıntılı olarak tespit edilmesi, çözüm önerilerinin doğru ve etkili biçimde belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

3.2. Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'nın Geometrik Tasarım Öncesi

Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'nın geometrik kavşak tasarımı yapılmadan önce, kavşağa ilişkin mevcut durumun detaylı şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, kavşağı oluşturan kolların eğimleri, kavşağa dahil olan şerit sayısı, şerit genişlikleri ve varsa tanımsız alanların belirlenmesi için bölgenin halihazır haritası Şekil 3.3.a'da görülmektedir. Ayrıca, çalışma alanlarındaki parklanma durumunun sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için ilgili bölge/bölgelerde farklı zaman dilimlerinde gözlem yapılarak durum tespiti yapılmıştır. Bunlara ilaveten kavşak tasarımı sürecinde trafik verilerinden yararlanılarak bölgedeki araç türleri (Çizelge 3.2.) Malatya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi (MBBUDB) Planlama Şube Müdürlüğü Akıllı Ulaşım Sistemleri Şefliği tarafından yapılmıştır. Bu araç türlerinin ihtiyaçlarına uygun tasarım kriterleri göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 3.3. Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'nın a) Halihazır planı b) İmar planı (MBBUDB tarafından hazırlanmıştır)

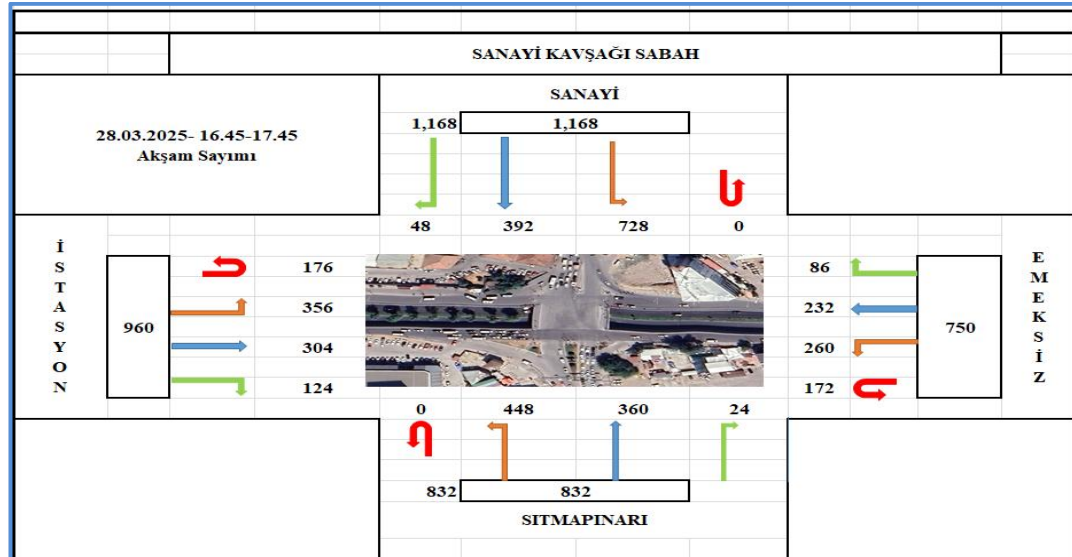
Tasarımın yapılabilmesi için alan tez kapsamında yerinde incelenmiştir. Bölgenin yeterliliği için halihazır planı çıkarılarak tasarımın uygunluğu değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme ve inceleme için mevcut (Şekil 3.3.b) imar planları, alanın fiziksel koşulları ve plan kararları doğrultusunda uygunluğu analiz edilmiştir. Eğer mevcut alan, tasarım için yeterli değilse, ilgili kamu kurumlarının kamulaştırma sürecini başlatabilmesi için bu ihtiyacı açıklayan raporların hazırlanması gerekmiştir. (Şehir merkezleri ve yollara bitişik yerleşim alanları nedeniyle altyapıyı genişletmek pek mümkün değildir. Bu yüzden kamulaştırma içeren öneri projeleri ilk etapta tercih edilmemektedir.) Söz konusu raporlar, alanın mevcut durumunu ve tasarım gerekliliklerini karşılaştırmalı olarak ele almalı; önerilen kamulaştırmanın neden gerekli olduğunu açık ve teknik bir biçimde ortaya koymalıdır.

Çizelge 3.1. Sanayi Kavşağı sayım verilerinin türel ayrımı (MBBUDB tarafından sayım yapılmıştır)

Sanayi Kavşağı 28.03.2025-16.45-17.45 Akşam Sayımı					
Kavşak Adı	Geliş Yönleri	Otomobil	Ticari	Ağır Vasıta	Toplam Yön Bazlı Araç Sayısı
Sanayi Kavşağı	Emeksiz Geliş	484	194	76	754
Sanayi Kavşağı	Sıtmapınarı Geliş	668	156	8	832
Sanayi Kavşağı	Sanayi Geliş	972	176	20	1168
Sanayi Kavşağı	İstasyon Geliş	780	168	12	960
	Toplam Tür Bazlı Araç Sayısı	2904	694	116	

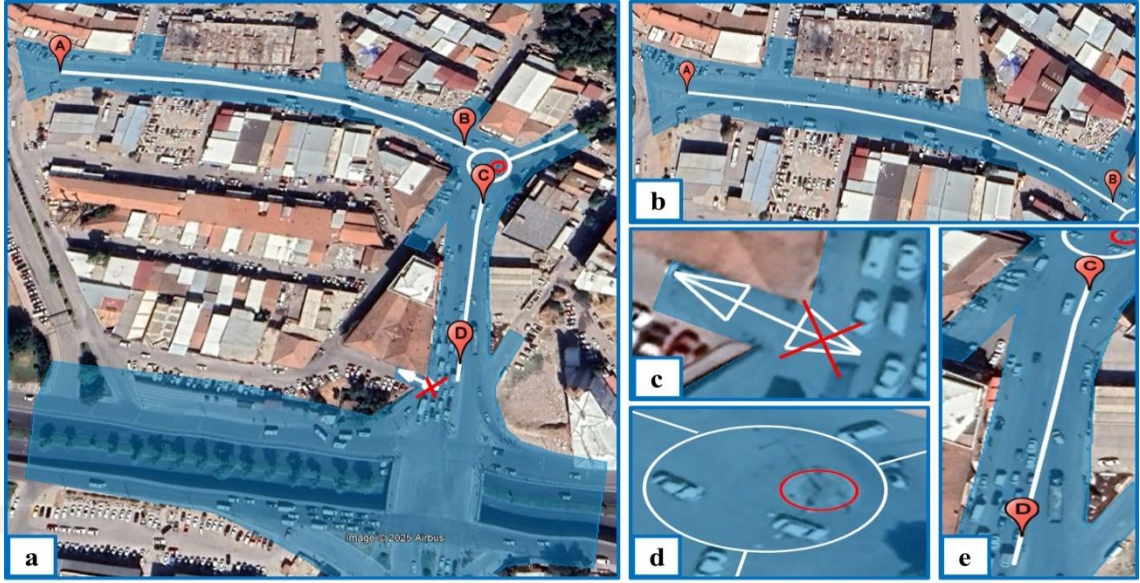
Kavşağın trafik hacmi, yapılacak tasarımın doğru bir şekilde yönlendirilmesi için önemli bir veridir. Bu veri, kavşağın mevcut durumu hakkında yetkililere bilgi sağlamak amacıyla kullanılır. Bu verinin yanında kavşağın hangi tür araçlar tarafından kullanıldığını göstermek için türel ayrım yapılır. Kavşağa gelen araçların türlerine (Çizelge 3.1.) göre ayrılması, kavşağın performansı ve ihtiyaçları hakkında daha ayrıntılı bilgi sunmaktadır.

Çizelge 3.2. Sanayi Kavşağı'nın sayım verisi (MBBUDB tarafından sayım yapılmıştır).



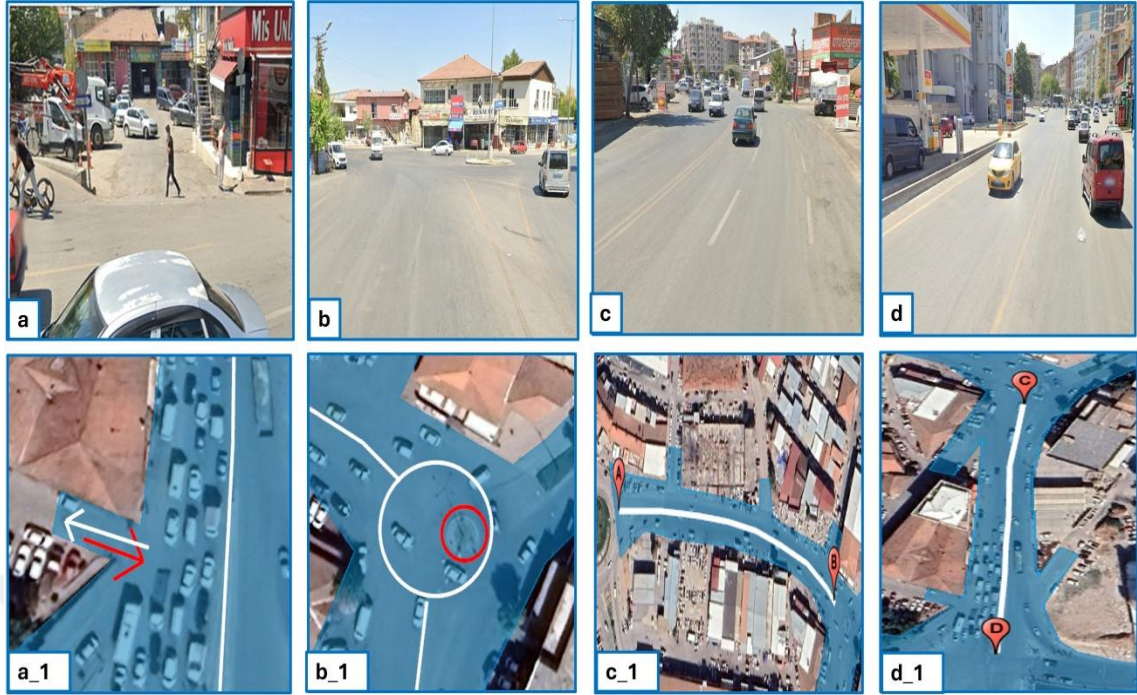
Trafik hacmi ve araç türel ayrımı belirlendikten sonra, kavşak için uygun tasarım kriterleri geliştirilmiştir. Örneğin, Sanayi Kavşağı'ndan geçen araçların sayısı, sayım (Çizelge 3.2.) sonuçlarına göre türel ayrım yapılmadan toplamda 3714 taşıt/saat olarak belirlenmiştir.

3.3. Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'nın Detaylı İncelenmesi



Şekil 3.4. Çalışma alanı ve çalışma alanına ait önemli noktalar

Kömür Tevzi Yolu, sanayi bölgesinde yer alması nedeniyle trafik yoğunluğuna sahip olan bir bölgedir. Özellikle ağır vasıta ve deprem molozlarını taşıyan araçların bu yolu kullanımıyla trafik daha da yoğun hale gelmiştir. Sanayi Kavşağı ise Malatya ilinin en yoğun trafik hacmine sahip kavşaklarından birisidir. Bu kavşak kritik ulaşım noktalarından biri olup Kömür Tevzi Yolu bu kavşağa bağlanmaktadır. Bu kavşak, şehir içi ve şehirlerarası ulaşım açısından büyük bir öneme sahiptir. Çalışma alanı ve çalışma alanına ait önemli noktalar Şekil 3.4'te sunulmuş olup, bölgeye ait detaylar aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.5. Çalışma alanındaki tespit edilen sorunların fotoğrafları ve harita üzerindeki konumları

Şekil 3.5.a, a_1 (uydu görüntüsü) maddelerinde belirtilen Bahçeli Sokak, 13.03.2018 tarihli ve 2018/3 sayılı UKOME kararı ile tek yön uygulamasına alınmış olmasına rağmen, bu karara vatandaşlar tarafından yeterli düzeyde uyulmamaktadır. Söz konusu sokaktan çıkan araçlar, kavşak noktasına oldukça yakın bir noktadan akan trafiğe katılmaya çalıştıkları için mevcut trafik akışını yavaşlatmakta ve kavşaktaki gecikme süresinin artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, araçların trafiğe katıldığı bu noktanın kot farkının yüksek olması, sürücülerin manevra kabiliyetini olumsuz etkilemekte; bu durum da araçların trafiğe daha yavaş ve kontrollü katılmasına yol açarak ilave gecikmelere sebebiyet vermektedir. Sonuç olarak, kavşak istenilen sürede boşaltılamamakta, bu da kuyruklanma mesafesinin artmasına ve trafik sıkışıklığının yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

Şekil 3.5.b, b_1 maddelerinde görüldüğü üzere, kavşak noktasında 3,5 metre çapında bir mini dönel ada bulunmaktadır. Ancak bu dönel ada, kavşak merkezinde konumlandırılmadığından dolayı dönel kavşak işlevini etkin bir şekilde yerine getirememektedir. Buna ek olarak, dönel adanın çapının yetersiz (küçük) olması, kavşakta gerekli olan örülme² mesafesinin kısıtlı kalmasına yol açmaktadır. Örülme mesafesinin kısa olması, kavşak içerisindeki araçların giriş-çıkış manevralarını

² Kavşaklarda herhangi bir taşıtın sağa şerit değiştirdiği ve diğer başka bir aracın sola şerit değiştirdiği iki taşıt hareketinin bir noktada kesişmesine örülme denir.

zorlaştırmakta; bu durum hem trafik akışını olumsuz etkilemekte hem de trafik güvenliği açısından ciddi riskler oluşturmaktadır.

Şekil 3.5.c, c_1 maddelerinde belirtilen ‘A-B’ güzergâhı üzerinde orta refüj uygulamasının bulunmaması, söz konusu kesimde trafik düzeninin bozulmasına ve trafik yoğunluğuna neden olmaktadır. Bu durum, özellikle karşı şeride kontrolsüz geçişlerin artmasına bağlı olarak trafik güvenliği açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Benzer şekilde, Şekil 3.5.d, d_1 maddelerinde ifade edilen ‘C-D’ güzergâhı da benzer bir sorunla karşı karşıyadır. Bu güzergâhın batı yönünde, bir akaryakıt istasyonu ile deprem sonrası yıkılan Avşar Otel'i'nin arazisine inşaa edilen yeni bir AVM bulunmaktadır. Söz konusu işletmelerden alışveriş yapan vatandaşlar, işlem sonrasında ters yönden trafiğe girmeye çalışmakta, bu da mevcut trafik akışını tehlikeye sokmaktadır. Ayrıca, bu noktaların Sanayi Kavşağı'na çok yakın mesafede konumlanmış olması hem ters yön girişlerinin hem de düzensiz çıkışların kavşak üzerindeki trafik güvenliğini ve akıcılığını daha da olumsuz etkilemesine neden olmaktadır.

Şekil 3.6.a maddesinde yer alan Sanayi Kavşağı, bir üst geçit niteliğindedir. Yapılan incelemeler sonucunda, bu üst geçidin taşıyıcı tablasının mevcut trafik hacmini karşılamakta yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Üst geçit genişliğinin yetersiz olması, özellikle yoğun saatlerde trafik akışında dar boğaz oluşmasına neden olmakta ve bu durum gecikme sürelerini artırarak kavşak verimliliğini olumsuz etkilemektedir.

Sanayi Kavşağı'nda yapılan yerinde gözlemler sonucunda, Şekil 3.6.a maddesinde belirtilen ‘A’ noktalarında, kuzey-güney doğrultusunda yer alan kaldırım genişliklerinin, karşılıklı iki yayanın aynı anda geçişine olanak vermeyecek kadar dar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, özellikle yoğun yaya trafiği olan saatlerde kaldırım kullanım konforunu ve güvenliğini azaltmaktadır. Ayrıca, Şekil 3.6.d maddesinde fotoğrafı yer alan yaya geçidi ve bazı ayırıcı adalarda engelli rampalarının bulunmadığı ya da mevcut rampaların standartlara uygun yapılmadığı gözlemlenmiştir. Engelli rampalarının gerek eğim gerekse genişlik açısından yetersiz olması, engelli bireylerin bu alanları güvenli ve rahat şekilde kullanmalarını zorlaştırmaktadır.



Şekil 3.6. Çalışma alanındaki tespit edilen sorunların fotoğrafları ve konumları

Şekil 3.6.a maddesinde belirtilen ‘B’ noktasında, güneyden kuzeye taşınan deprem molozları nedeniyle, Şekil 3.6.c ve 3.6.e fotoğraflarında da görüldüğü üzere, yolun üstyapısında ciddi bozulmalar meydana gelmiştir. Bu bozulmalar, yolun konfor parametresini önemli ölçüde düşürmekte ve sürücülerin seyir esnasındaki davranışlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Yol yüzeyindeki deformasyonlar; hız değişimleri, ani manevralar ve yön kontrolünde zorlanma gibi etkiler yaratarak, trafik güvenliği açısından risk oluşturmaktadır.

Şekil 3.6.a maddesinde belirtilen ‘D-E’ kesimi arasında orta refüj uygulamasının bulunmaması, bu noktada trafik akışının düzensizleşmesine ve trafik yoğunluğunun oluşmasına neden olmaktadır. Orta refüjün eksikliği, özellikle karşı şeritlere geçiş taleplerinin artmasına yol açmakta; bu durum da trafik güvenliği açısından önemli riskler taşımaktadır.

Şekil 3.6.a maddesinde belirtilen ‘F’ noktasında bulunan toplu taşıma durağı, kavşak noktasına çok yakın bir konumda yer almaktadır. Kavşağa olan bu yakınlık, trafik güvenliği açısından ciddi riskler oluşturduğundan, ilgili noktada durak cebi inşa edilmiştir. Ancak yapılan gözlemler, toplu taşıma araçlarının bu durak cebine girmeksizin, akan trafikte durarak yolcu alıp indirdiklerini göstermektedir (Şekil 3.6.d) Bu durum, hem trafikteki araçların hem de yolcuların güvenliğini tehlikeye atmakta, hem de kavşak çıkışındaki trafik akışını olumsuz etkilemektedir. Özellikle ‘G’ noktasındaki trafik ışıklarından çıkış yapan araçlar, durağa katılım sağlamayan toplu taşıma araçları nedeniyle ani fren yapmak zorunda kalmakta, bu da zaman zaman maddi hasarlı kazalara ve hafif yaralanmalara neden olmaktadır.



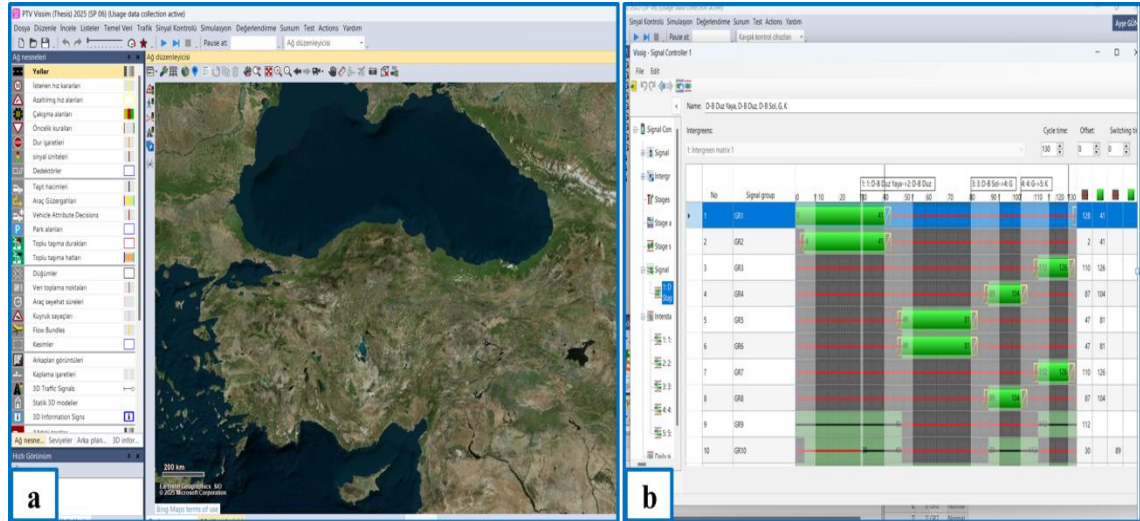
Şekil 3.7. Sanayi Kavşağı (eğimi en yüksek kavşak bağlantısı uydu görüntüsü)

Şekil 3.6.a maddesinde belirtilen ‘C’ noktasından, Sanayi yönünden Sıtmapınarı istikametine doğru uzanan güzergâhta, asfalt kotunun yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, Şekil 3.6.b maddesinde görsel olarak ortaya konulduğu gibi, Şekil 3.7. de Google Earth yükseklik profili görüntüsünde de daha net gözükmemektedir. Kavşak bağlantısı, Sanayi Kavşağı’nın en yüksek eğimli noktası olup, araçların kavşak noktasında durma gecikmesini artırmakta ve özellikle dur-kalk manevralarında önemli bir performans kaybına neden olmaktadır.

3.4. Kullanılan Simülasyon Programları

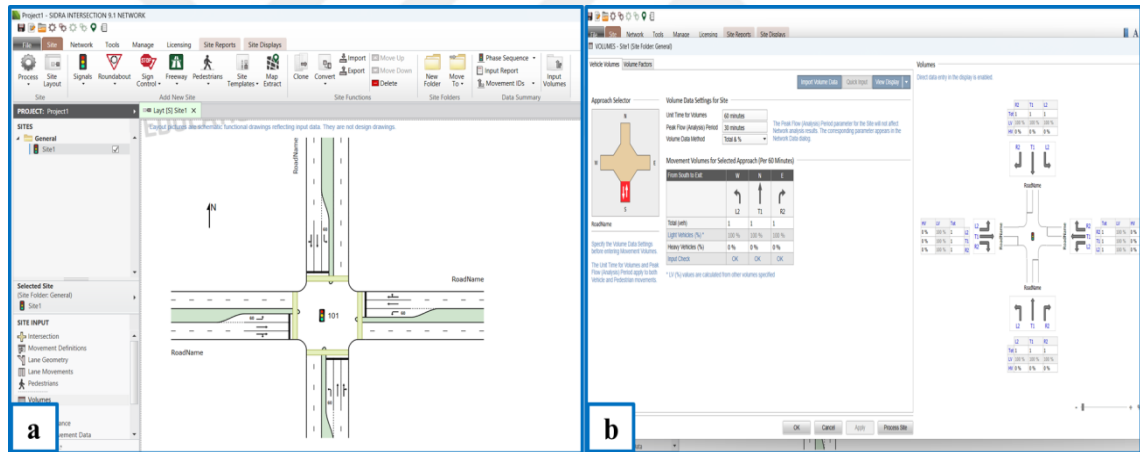
3.4.1. PTV Vissim

PTV Vissim, mikroskobik-makroskobik ölçekte çalışan ve çok modlu ulaşım sistemlerini simüle edebilen bir trafik simülasyon yazılımıdır. Bu program, motorlu araçlar, toplu taşıma sistemleri ve yayalar gibi farklı yol kullanıcılarının bireysel hareketlerini detaylı biçimde modelleme imkânı sunar. Bilimsel algoritmalar üzerine kurulu yapısı, trafik sıklığı, emisyon salımı, sinyal optimizasyonu, hizmet düzeyinin belirlenmesi gibi verileri sunabilmektedir. PTV Vissim; akademik çalışmalarda, uygulamalı mühendislik projelerinde, trafik sorunlarının incelenmesinde yaygın biçimde kullanılmaktadır (<https://www.ptvgroup.com>).



Şekil 3.8. PTV Vissim a) Vissim ara yüzü, b) Vissim sinyal programı

3.4.2. SIDRA Intersection 9.1.



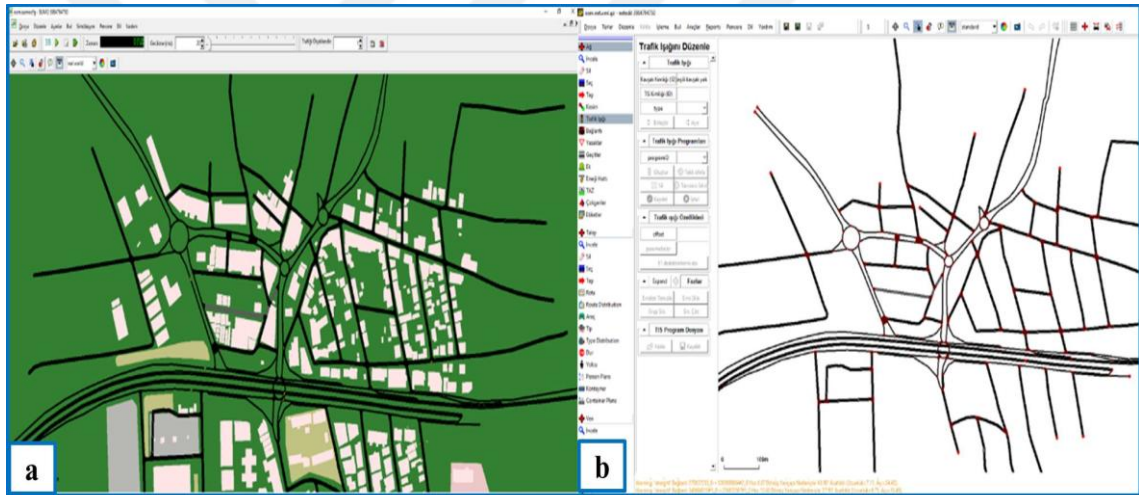
Şekil 3.9. SIDRA Intersection a) SIDRA programının ara yüzü b) SIDRA programının veri girişi

SIDRA Intersection yazılım programı; kavşak tasarımı, planlaması ve işletmesi için geliştirilmiş analitik modelleme yazılımıdır. Tekli veya çoklu kavşaklar, sinyalizasyon/sinyalizasyon olmayan kavşaklar, modern dönel kavşaklar gibi çeşitli geometrik düzenlemeleri analiz edebilmektedir. Hizmet seviyesini belirlemek için araçların; gecikme, kuyruk uzunluğu ve doygunluk derecesi gibi önemli performans göstergelerini detaylı biçimde raporlamaktadır. Şerit tabanlı algoritmalar kullanan bu model, özellikle kavşak tasarım planlamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (<https://www.sidrasolutions.com/>).

3.4.3. SUMO (Simulation of Urban Mobility)

SUMO (Simulation of Urban Mobility) Alman Havacılık ve Uzak Merkezi Ulaşım Sistemleri Enstitüsü'nde geliştirilen açık kaynaklı bir programdır. Trafik simülasyonlarında da kullanılmaktadır. 2001 yılında programla ilgili çalışmalar başlamış ve ilk açık kaynak sürümü 2002 yılında yayınlanmıştır. Çalışmanın açık kaynak olarak kullanıma sunulmasının iki nedeni vardır. Bunlardan birincisi, trafik simülasyon topluluğunu kendi algoritmalarının uygulanabileceği ücretsiz destek sağlamaktır. İkincisi ise diğer kurumlardan yazılımı geliştirmek için destek alma isteğidir. SUMO programında tez kapsamında kullanılan modüller şunlardır (<https://eclipse.dev/sumo/about>).

- Görsel Ağ Oluşturma için: NetEdit
- 2 Boyutlu Animasyonlar için: SUMO GUI
- Programlar Arası Haberleşmeler İçin: XML Raporları
- Yazılım Dili: C++, Python



Şekil 3.10. SUMO yazılım programı a) OSM sumocfg., b) OSM Netedit

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Tez çalışmasının bu bölümünde, Kömür Tevzi Sokak üzerinde gerçekleştirilen geometrik düzenlemeler ve bu düzenlemelerin analizi yapılmıştır. Ayrıca, Sanayi Kavşağı'nın trafik yükünü azaltmaya yönelik çeşitli önerilerde bulunulmuş ve bu öneriler gerekçeleriyle birlikte açıklanmıştır. Bu bölgede trafik sıkışıklığı sorununu çözmek amacıyla, kritik bir öneme sahip olan Sanayi Kavşağı üst geçidi için üç farklı simülasyon programı kullanılarak iki ayrı senaryoya göre analizler yapılmıştır. Hazırlanan senaryoların simülasyon sonuçları değerlendirilmiştir. Ayrıca tezde kullanılan üç farklı simülasyon programının dikkat çeken özellikleri de bu bölümde ele alınmıştır.

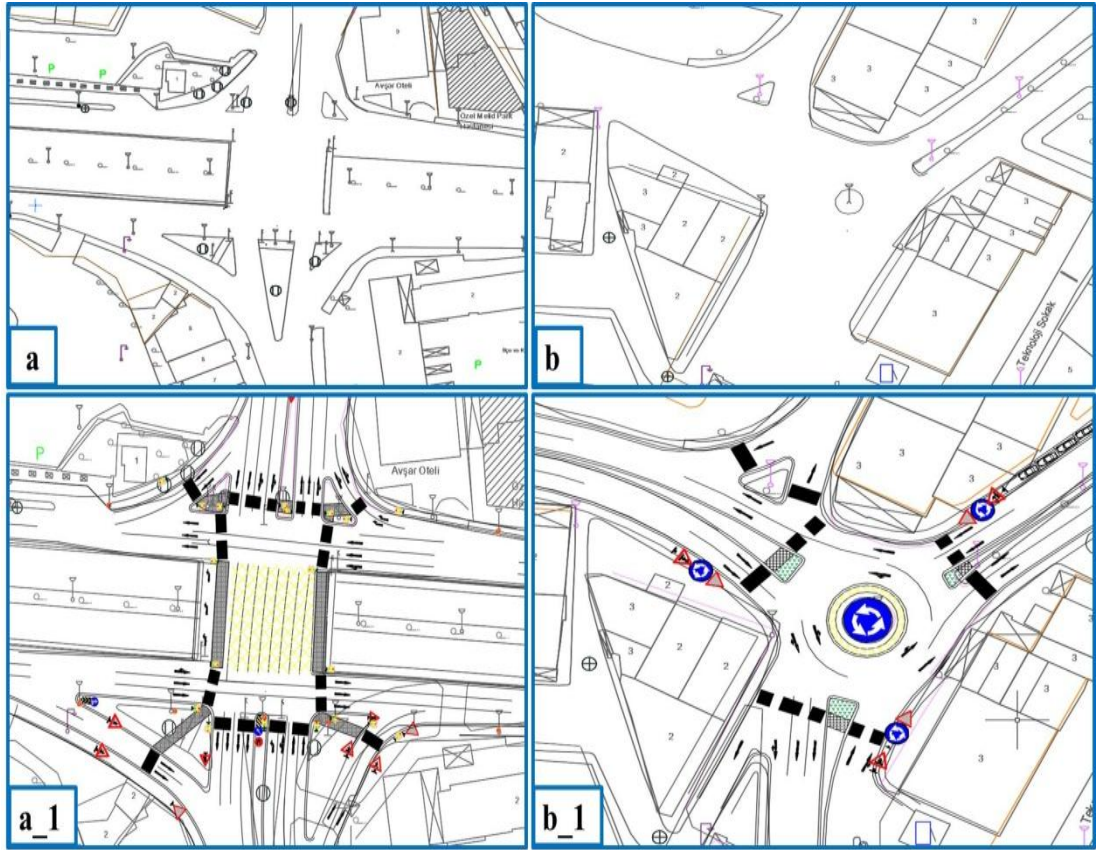
4.1. Kömür Tevzi Sokak ve Sanayi Kavşağı Üzerinde Gerçekleştirilen Geometrik Düzenlemeler

Kömür Tevzi Sokak ve bu sokağa bağlı Sanayi Kavşağı, önceki bölümde belirtildiği üzere deprem molozlarının taşındığı önemli bir güzergâhtır. Bu güzergâh üzerinde yoğun şekilde ağır vasıtaların kullanılması, alandaki trafik akışında tanımsız bölgelerin oranını artırmıştır (Şekil 4.1.a). Buna ilaveten tanımsız alanların artması, trafikte can ve mal güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Bu tanımsız alanların ortadan kaldırılması ve daha güvenli bir trafik akımı sağlanabilmesi amacıyla, bölgede geometrik düzenlemeler yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Tez kapsamında aşağıda belirten geometrik düzenleme önerileri yapılmıştır. Önerilen düzenlemeler 2024/88 sayılı UKOME kararı doğrultusunda ele alınmış ve uygulanmak üzere planlanmıştır.



Şekil 4.1. Kömür Tevzi Sokak ile Sanayi Kavşağı, a) halihazır planı (MBBUDB tarafından hazırlanmıştır), b) önerilen geometrik düzenlemeler

Alınan UKOME kararına göre, Kömür Tevzi Sokak ile Sanayi Kavşağı arasına orta refüj çalışması yapılması planlanmıştır. Bu düzenleme, trafik akışını daha güvenli hale getirmek için tasarlanmıştır (Şekil 4.1.b). Ayrıca, bu güzergâhı birbirine bağlayan dönel adanın (Şekil 4.2.b. halihazır planı), Karayolları Tasarım El Kitabı'ndaki değerlere uygun olmadığı tespit edilmiştir (Karayolları Tasarım El Kitabı s 108) . Yapılan çalışmada dönel ada (Şekil 4.2.b_1.) bu standartlara uygun şekilde yeniden tasarlanmıştır. Yapılan tasarımın geometrik açıdan uygun olup olmadığı ‘Vehicle Tracking Programı’ uygulaması ile analiz edilmiştir (Şekil 4.3.a. Vehicle Tracking uygulaması - Şekil 4.3.b. analiz edilen tasarım). Ayrıca Sanayi kavşağında tanımsız alanlar tanımlı hale getirilmiştir (Şekil 4.3. a halihazır plan, Şekil 4.3. a_1 hazırlanan proje). Vehicle Tracking Programı ile elde edilen analiz sonuçları maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir.



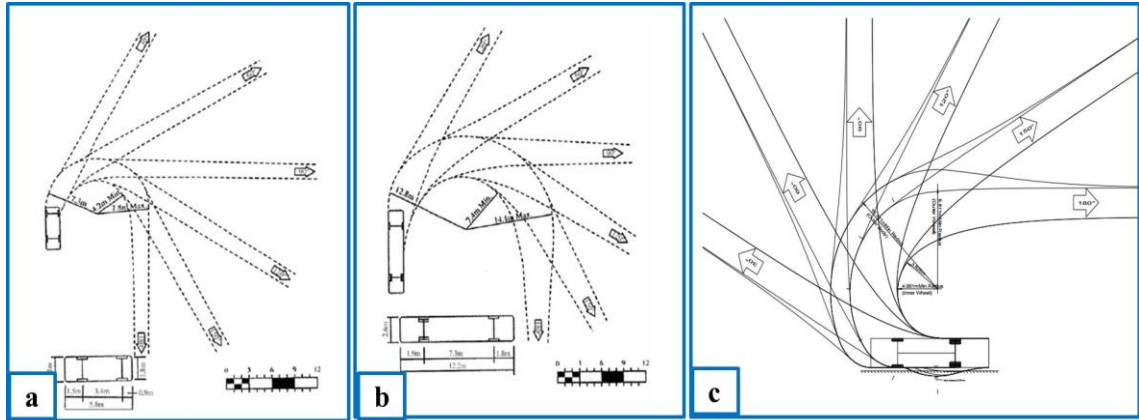
Şekil 4.2. Kömür Tevzi Sokak ile Sanayi Kavşağında yapılan geometrik düzenlemeler (Şekil. 4.2. a-b MBBUDB tarafından hazırlanmıştır)



Şekil 4.3. Vehicle Tracking Programı ile kavşak tasarım analizi

- Dönüş (ler) 5,00 km/saat tasarım hızına dayanmaktadır.
- Geçişten sonra, ön aksın merkezi mümkün olan en küçük dairesel yayı takip eder. Bordür araçtan 0,30 m uzaklıktadır.
- Maksimum geri kaçış mesafesi 0,751 m'dir.
- Aracın apron üzerinden geçtiğine dair uyarı alınmıştır. Yapılan analiz sonuçları Şekil 4.4.c. maddesinde gösterilmiştir.

Sanayi Kavşağı'na çok yakın olan Okul Sokak'a dair 2018/3 sayılı (tek yön) UKOME kararına uyulmadığı gözlemlenmiştir. Bu ihlali önlemek ve trafik güvenliğini artırmak amacıyla, Okul Sokağın giriş-çıkışı bordür taşıyla örülerek 2024/88 sayılı UKOME kararı gereği trafiğe kapatılmıştır. Böylece, bu alanın trafiğe katılımı engellenmiş ve bölgedeki trafik güvenliği önemli ölçüde artırılmıştır.

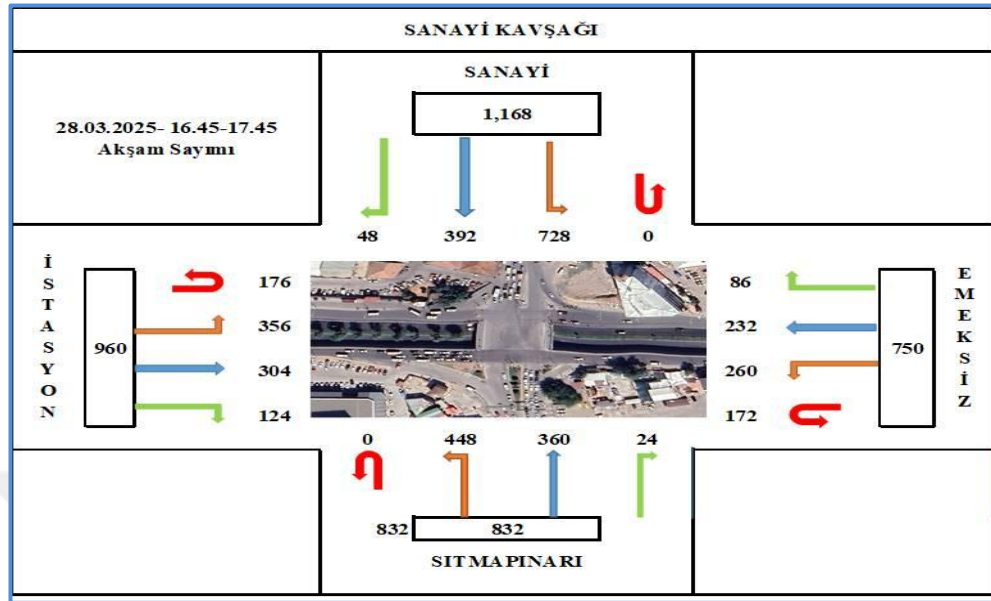


Şekil 4.4. Otomobil ve kamyonun minimum dönüş eğrileri, a) otomobil için minimum dönüş yörüngesi, b) otobüs için minimum dönüş yörüngesi (Karayolları Tasarım El Kitabı s. 20), c) geometrik tasarımın ‘Vehicle Tracking Programı’ ile otobüs için minimum dönüş yörüngesi

4.2. Sanayi Kavşağı’nın Yoğunluğunu Azaltacak Öneriler

Sanayi Kavşağı’nın yoğunluğunu azaltacak öneriler geliştirebilmek için öncelikle kavşak sayım sonuçlarının incelenmesi gerekmektedir (Çizelge 4.1). Bu veriler incelendiğinde, en yoğun akımın Sanayi (kuzey) yönünden Emeksiz (doğu) kavşağına doğru olduğu görülmektedir. Bu güzergâhın yoğunluğunun başlıca nedenleri arasında Samanköy konteyner kenti, şehir mezarlığı, Buğday Pazarı ve Kayısı Ticaret Merkezi’nin bulunması yer almaktadır. Buradan çıkan araçların yoğunluğu, Emeksiz kavşağı yönünde ilerlemektedir. Ayrıca bu yönde şehrin ticari merkezi olan çarşı, İnönü Üniversitesi, öğrenci yurtları, MAKSAN yerleşkesi ve katı atık bertaraf tesisi gibi büyük ölçekli kurumlar yer almaktadır. Deprem nedeniyle şehirde faaliyet gösteren Toplu Konut İdare Başkanlığı (TOKİ) tarafından yapılan inşaatlar nedeniyle bu sanayi yönünden gelen trafik akımına yönelik herhangi bir düzenleme yapılması şu an için mümkün olmamaktadır. TOKİ inşaatları nedeniyle birçok yol geçici olarak trafiğe kapatılmıştır. Kapatılan bu yollar, alternatif güzergâhlara yönlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, TOKİ inşaatlarının yer aldığı bölgelerdeki yerinde dönüşüm projelerinde de benzer uygulamalar yapılmakta olup, bu durum ulaşımda aksamalara neden olmaktadır.

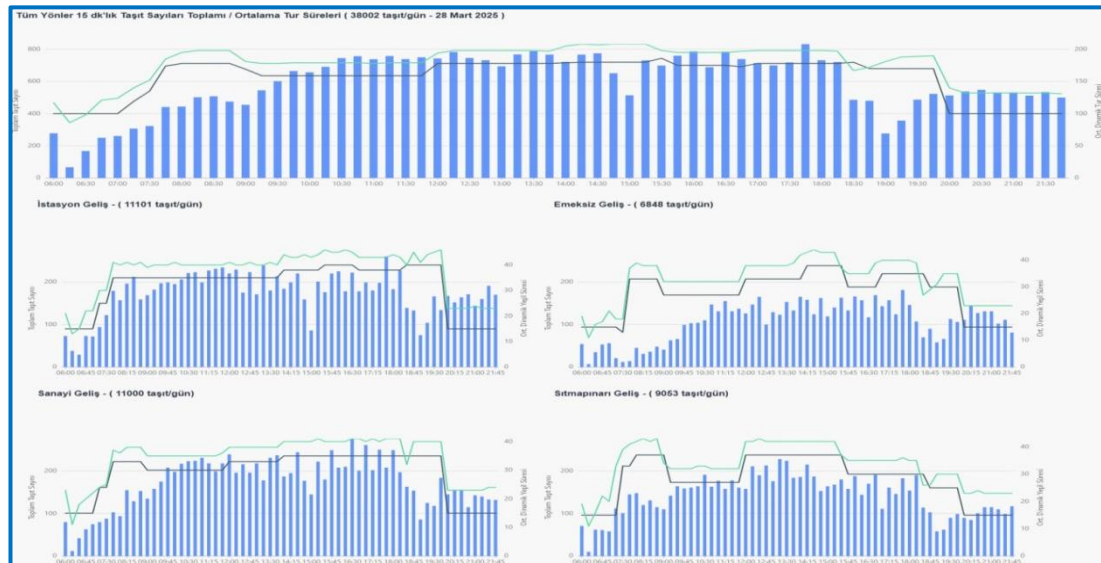
Çizelge 4.1. Sanayi Kavşağı manuel sayım verileri (MBBUDB tarafından sayım yapılmıştır).



4.2.1. Birinci Öneri Senaryo ve Gerekçeli Açıklama

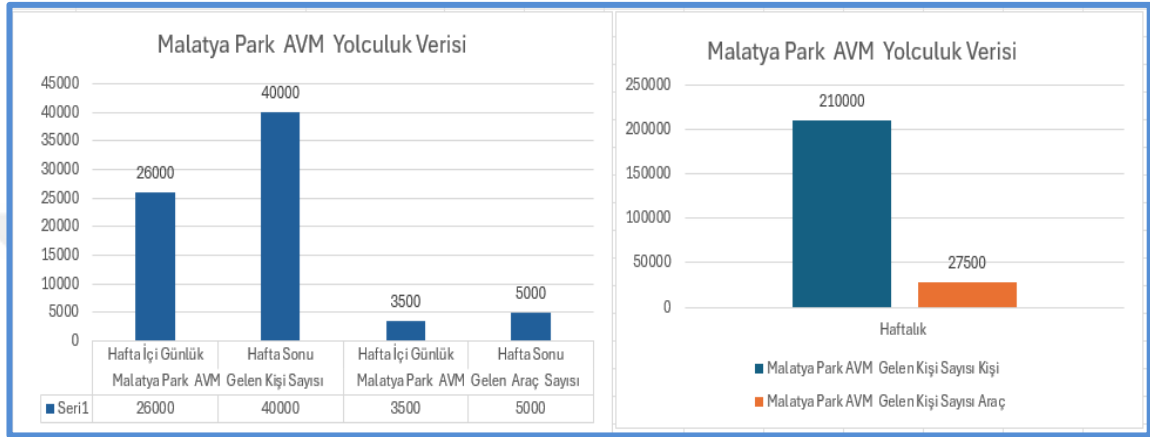
Sanayi Kavşağı için akım yoğunlukları tekrar incelendiğinde (Çizelge 4.2), Sıtmapınarı yönünden ve İstasyondan gelen araçların kavşakta yoğunluk oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu yoğunluk, kavşakta gecikmelere neden olmaktadır. Bu sorunu çözebilmek için Sanayi Kavşağı'nın ulaşım açısından konumu yeniden incelenmiştir.

Çizelge 4.2. Sanayi Kavşağı sayım verileri (MBBUDB tarafından sayım yapılmıştır).

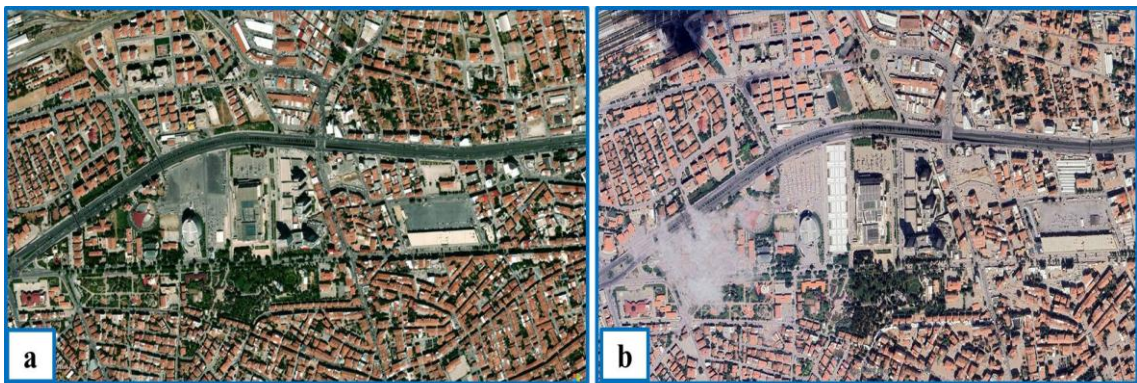


Sanayi Kavşağı konum olarak Malatya ilinin hem yaya hem de araç trafiği açısından en yoğun olduğu bölgedir. Bunun başlıca sebebi Malatya ilinin depremden dolayı yıkılan çarşısının (güneydoğu yönünde) alış-veriş yapmak için uygun olmaması ve bundan dolayı insanların merkezde tek olan Malatya Park Alışveriş Merkezini tercih etmeleridir.

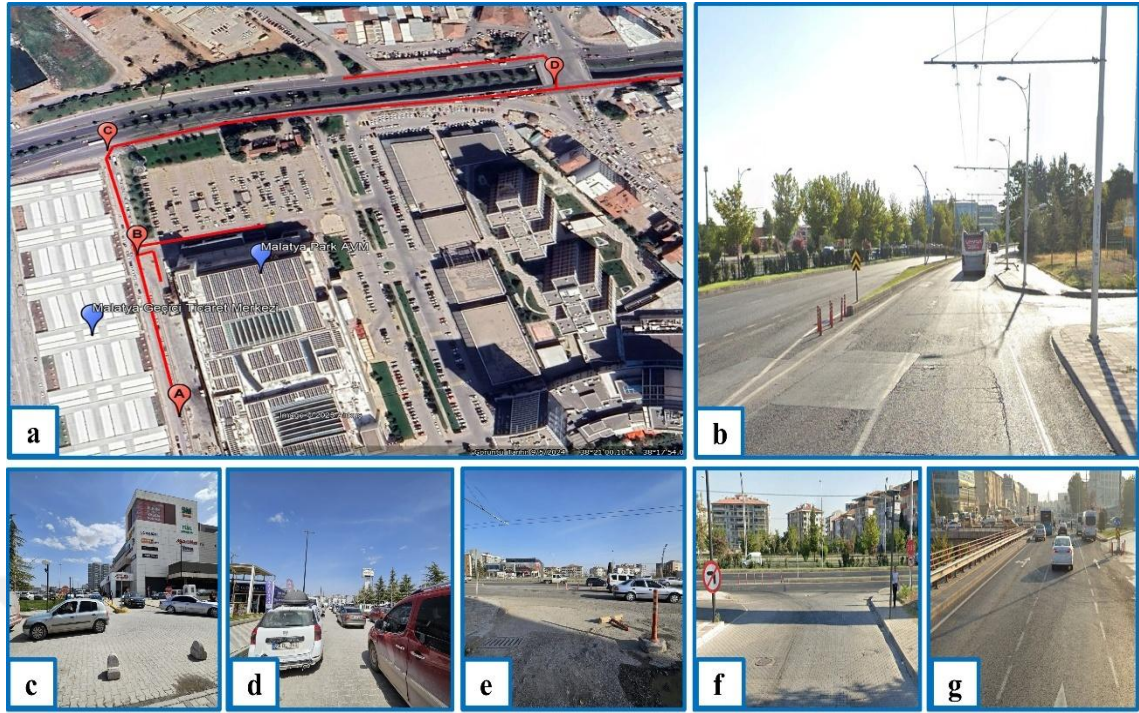
Çizelge 4.3. Malatya Park AVM yolculuk verisi (Malatya Park AVM yönetiminden alınmıştır 15-22 Nisan 2025)



On bir ilimizde yaşanan 6 Şubat depremlerinden etkilenmeyerek ticari faaliyetlerine devam eden Malatya Park AVM, Malatya halkı tarafından merkezi bir alışveriş yeri gibi kabul edilmiştir. Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı insanlar Malatya Park AVM tercih etmektedirler (Çizelge 4.3.). Ayrıca deprem öncesi park alanı (Şekil 4.5.a.) olarak kullanılan alana, Geçici Ticaret Merkezi (GTM) (Şekil 4.5.b.) kurulması da araçların burada trafik yoğunluğu oluşturmalarının bir diğer nedenidir.

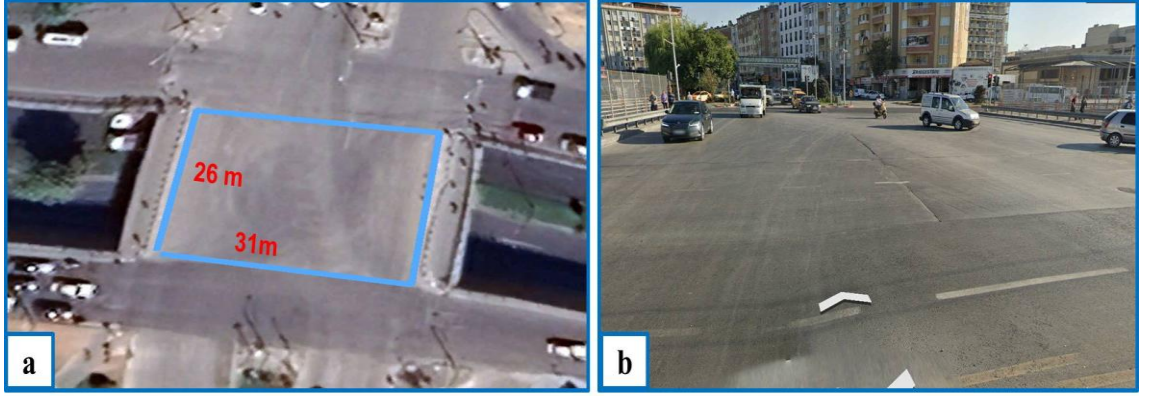


Şekil 4.5. Sanayi Kavşağı uydu görüntüsü, a) deprem öncesi, b) deprem sonrası



Şekil 4.6. Sanayi Kavşağının trafik yoğunluğunun incelenmesi

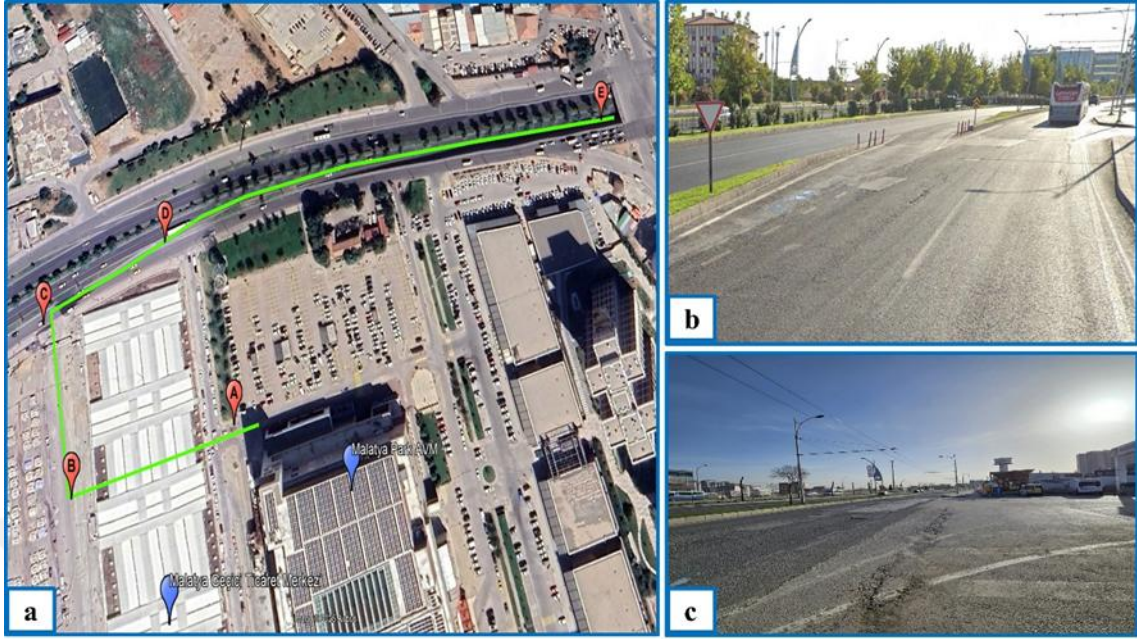
Malatya Park AVM ile ilgili bir önceki paragrafta belirtilen açıklamalar göz önüne alındığında, araçlar Malatya Park AVM’den alışverişlerini yaptıktan sonra Şekil 4.6. a’daki ‘B’ (Otopark çıkışı, Şekil 4.6. c-d) noktasından ‘A’ noktasına uzanan Mensucat Sokak üzerinden İnönü Caddesine, ‘B’ noktasından ‘C’ noktası güzergahı üzerinden (Şekil 4.6 b-e) Buhara Caddesine, katılım sağlayarak Sanayi Kavşağına dahil olmaktadır. Sanayi Kavşağı alt geçidi Şekil 4.6.g.’de görüldüğü gibi bu noktalara çok kısa mesafededir. Bu mesafe, araçların sanayi alt geçidine katılım sağlaması için trafik güvenliği açısından yeterli değildir. Trafik güvenliği nedeniyle araçlar bu noktadan sanayi alt geçidine dahil olamadıkları için Sanayi kavşağının trafik hacmini artırmaktadır. Bunlara ilaveten Sanayi Kavşağının tabliyesinin genişliği Şekil 4.7.’de görüldüğü üzere mevcut trafik hacmi açısından yetersizdir. Bu yetersizlik nedeniyle AVM otoparkından çıkan araçlar, Mensucat Sokak’tan İnönü Caddesindeki trafiğe dahil olamadıkları için Şekil 4.6’teki ‘C’ noktasından Buhara Caddesine dahil olarak, Sanayi Kavşağından ‘U’ dönüşü yaparak Sanayi kavşağının trafik hacmini artırmaktadır.



Şekil 4.7. Sanayi Kavşağı, a) tabliye genişliği, b) tabliye görüntüsü

Ayrıca araçlar Şekil 4.6.f. maddesinde görüldüğü üzere sola dönüş yasak levhasının olmasına rağmen, bu yasağı ihlal ederek bu noktadan sola dönüş yapmakta ve Sanayi alt geçidine girmeye çalışmaktadırlar. Bu durum hem kendi can güvenliklerini hem de trafik güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. ‘U’ dönüşünden kaynaklanan bu yoğunluğu azaltabilmek için Sanayi Kavşağının tabliyesinin mevcut gabari yüksekliğini kurtaracak şekilde doğu ve batı yönlerinden 2’şer m olmak üzere toplamda 4 m genişletilmesi gerekmektedir. Böylece araçlara trafik ışıklarında beklemeden sürekli ‘U’ dönüşü yapabilme imkânı verilebilecektir. Böyle bir geometrik düzenleme Sıtmapınarı yönünden araçların Sanayi Kavşağına tekrar girmesi önlenilecek, kavşaktaki yoğunluk kısmi olarak da olsa azaltılabilecektir. Birinci senaryoda bu işlem adımları ele alınarak simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

4.2.2. İkinci Öneri Senaryo ve Gerekçeli Açıklama



Şekil 4.8. Sanayi Kavşağının trafik yoğunluğunun incelenmesi

6 Şubat depremlerinden sonra ticari hayatı devam ettirmek için Malatya Park AVM'nin yanına Geçici Ticaret Merkezi (GTM) kurulmuştur. GTM kurulması AVM den çıkan araçların kullandığı Şekil 4.8.a'daki 'C' noktası güzergâhından Buhara Caddesine araçların katılmalarına engel olmuştur.

Şekil 4.8.a maddesinde bulunan 'A' noktası, Malatya Park AVM otoparkının çıkışını belirtmektedir. 'A' noktasından 'B' noktasına kadar uzanan güzergâhta, GTM için kurulan konteynerler bulunmaktadır. Bu güzergâh üzerindeki konteynerlerin kaldırılması ve ulaşım için tekrar açılması, bu bölgedeki trafik yoğunluğunu azaltacak önemli bir adım olacaktır. Araçlar, bu güzergâh açıldıktan sonra, 'C' noktasından Buhara Caddesi'ne katılım sağlayarak 'D' noktasından Sanayi alt geçidine dahil olabileceklerdir. Bu doğrultuda devam eden araçların 'D' noktasından Sanayi alt geçidine katılımının sağlanması için yeterli mesafe bulunmaktadır (Şekil 4.9.b-c.). Alt geçide katılım sayesinde hem Sanayi Kavşağı'nın trafiği azalacak hem de İnönü Caddesini tercih eden araçların bu güzergâhı kullanmaları için alternatif bir yol sunulmuş olacaktır. Bu nedenle ikinci senaryo bu şekilde bir trafik düzenlemesine göre oluşturulmuştur.

4.3. Senaryo Önerileri ve Simülasyon Uygulamaları

Tez kapsamında ilk olarak, mevcut trafik akım durumu Malatya Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen, araç tipi, hareket doğrultusu ve araç sayıları verilerine göre PTV Vissim, SIDRA Intersection ve SUMO yazılımları kullanılarak analiz edilmiştir. Birinci öneri senaryosunda, Sanayi Kavşağı'nın tabliyesinin yetersiz olması nedeniyle, bu tabliyenin 'U' dönüşü yapılabilecek kadar genişletilmesi durumu simüle edilmiştir. İkinci öneri senaryosunda ise, Malatya Park AVM ve GTM yanından çıkan araçların, (alt geçide dahil olamadıkları için) Şekil 4.6'da belirtildiği güzergâh üzerinden alt geçide katılımları sağlanarak trafik yükünün azaltılması durumu simüle edilmiştir. Bu kapsamda İstasyon istikametten gelen ve Emeksiz Kavşağı doğrultusunda giden araçların %50 oranında azaldığı kabulü yapılmıştır. Araç sayılarında belirlenen bu oranın MUAP verileri incelendiğinde yeterli olduğu düşünülmektedir.

4.4. Mevcut Durum Simülasyonu ve Analitik Modelleme

4.4.1. PTV Vissim Simülasyon Programı ile Analiz

Sanayi Kavşağı için PTV Vissim simülasyon programı kullanılarak mevcut durum analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre Sanayi Kavşağının mevcut durumundaki hizmet seviyesinin 'F' (Çizelge 4.4) düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Sanayi Kavşağı Mevcut Durum PTV Vissim simülasyon sonuçları

		Zaman	Yolcuklular	Kuyruk Uzunluğu (m)	Kuyruk uzunluğu Maks(m)	Tüm Taşıtlar(a det)	LOS(ALL) Hizmet Seviyesi	Ortalama taşıt gecikmesi (sa)	Ortalama Duraklama Gecikmesi (Tüm)	CO Emisyonu (g)	NOX Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (gal)
SANAYİ MEVCUT DURUM	Emeksiz	0-3600	1-3@18.8-2@201.6	0.03	27.9	138	LOS_C	34.11	24.59	206.968	40.269	47.967	2.961
		0-3600	1-3@18.8-4@217.8	32.16	113.97	230	LOS_E	62.25	50.28	484.119	94.192	112.199	6.926
		0-3600	1-3@18.8-7@42.7	32.16	113.97	232	LOS_E	58.72	50.53	430.281	83.717	99.722	6.156
	İstasyon	0-3600	1-3@18.8-9@61.9	9.34	117.74	80	LOS_D	46.18	30.16	136.184	26.496	31.562	1.948
		0-3600	1-5@136.9-2@201.6	33.24	115.91	284	LOS_D	54.45	46.15	608.361	118.365	140.993	8.703
		0-3600	1-5@136.9-4@217.8	0	5.35	190	LOS_D	40.69	29.83	363.581	70.74	84.263	5.201
	Sırtımapın	0-3600	1-5@136.9-7@42.7	2.53	29.06	117	LOS_B	19.28	14.89	142.509	27.727	33.028	2.039
		0-3600	1-5@136.9-9@61.9	33.24	115.91	346	LOS_D	54.66	45.34	696.494	135.512	161.419	9.964
		0-3600	1-6@2.9-2@201.6	0.29	15.53	31	LOS_C	24.35	17.17	38.373	7.466	8.893	0.549
	Sanayi	0-3600	1-6@2.9-4@217.8	46.06	111.36	434	LOS_E	59.86	51.68	814.846	158.54	188.849	11.657
		0-3600	1-6@2.9-9@61.9	46.06	111.36	368	LOS_E	55.22	47.39	575.821	112.034	133.452	8.238
		0-3600	1-11@29.5-2@201.6	120.62	146.37	656	LOS_F	155.13	135.62	2401.729	467.289	556.624	34.359
		0-3600	1-11@29.5-4@217.8	5.42	136.55	34	LOS_F	105.65	91.08	94.78	18.441	21.966	1.356
		0-3600	1-11@29.5-7@42.7	120.62	146.37	315	LOS_F	152.01	133.55	1068.538	207.899	247.644	15.287
		0-3600	1	22.7	146.4	3455	LOS_F	81.33	69.42	8056.12	1567	1867	115.25

4.4.2. SIDRA Intersection Analitik Modelleme Programı ile Analiz

SIDRA Intersection programında Sanayi Kavşağı analiz edilmiş ve hizmet seviyesi belirlenmiştir. Sonuçlara göre Sanayi Kavşağının mevcut duruma göre hizmet seviyesi 'F' olarak (Çizelge 4.5) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Sanayi Kavşağı Mevcut Durum PTV Vissim simülasyon sonuçları

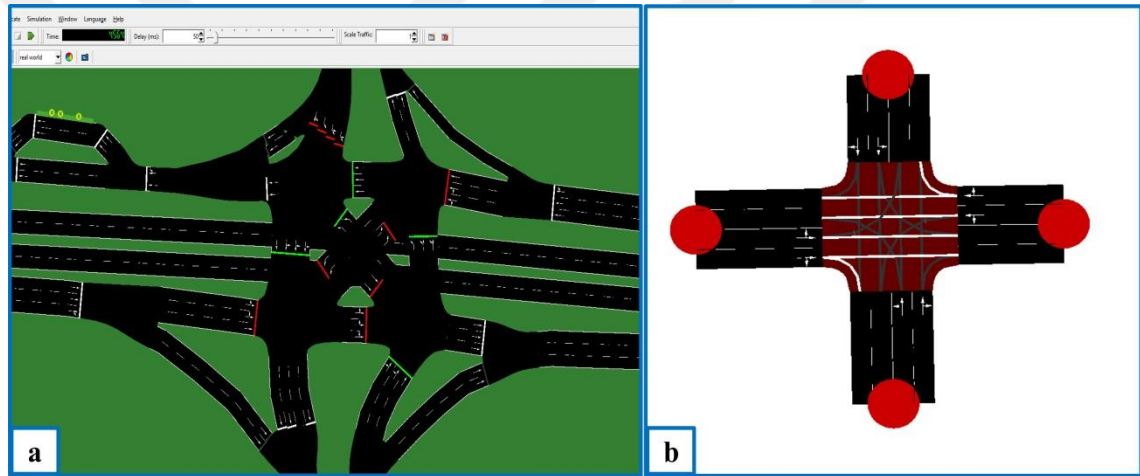
MEVCUT												
Sinyaller - EQUISAT (Sabit Zamanlı/SCATS) İzole Çevrim Süresi = 163 saniye (Site Kullanıcısı Tarafından Verilen Çevrim Süresi)												
Şerit Kullanımı ve Performansı												
	Toplam Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat - %)		Gelen Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat - %)		Kapasite(ar aç/ saat)	Hacim/Kapasite	Şerit Kullnm oranı(%)	Ortalama Gecikme(s)	Hizmet Düzeyi(LO S)	Ortalama Kuruk Uzunluğu (taşıt)	Ortalama Kuruk Uzunluğu(m)	Şerit Uzunluğu(m)
Güney: Sıtmapınarı												
1 .Şerit	472	88	472	88	190	2.488	100	1426.1	LOS F	80.5	988.6	500
2 .Şerit	172	68	172	68	176	0.975	39	127.7	LOS F	11	121.7	500
3 .Şerit	175	68	175	68	180	0.975	39	135.2	LOS F	11.2	124.4	70
4 .Şerit	57	82.1	57	82.1	219	0.261	11	69.2	LOS E	2.1	25.6	60
Yaklaşım	876	79.7	876	79.7		2.488		824.5	LOS F	80.5	988.6	
Doğu: Emeksiz												
1 .Şerit	181	97	181	97	96	1.878	85	888.6	LOS F	26.5	339.4	500
2 .Şerit	274	97	274	97	124	2.209	100	1180.6	LOS F	44.1	565.4	500
3 .Şerit	165	31	165	31	203	0.812	37	82.5	LOS F	8.4	74.6	500
4 .Şerit	170	61.4	170	61.4	209	0.812	37	81.6	LOS F	7.6	81.1	70
Yaklaşım	789	75.6	789	75.6		2.209		647.8	LOS F	44.1	565.4	
Kuzey: Sanayi												
1 .Şerit	766	81	766	81	308	2.492	100	1418.2	LOS F	130.9	1552.2	180
2 .Şerit	216	85	216	85	327	0.66	100	53.5	LOS D	9.2	111.8	180
3 .Şerit	126	85	126	85	327	0.384	58	51.8	LOS D	4.8	58.6	180
4 .Şerit	122	84.2	122	84.2	347	0.352	53	42.1	LOS D	3.3	39.8	70
Yaklaşım	1229	82.4	1229	82.4		2.492		902.8	LOS F	130.9	1552.2	
Batı: İstasyon												
1 .Şerit	560	81.7	560	81.7	240	2.336	100	1283.8	LOS F	92.8	1104.5	500
2 .Şerit	211	82	211	82	286	0.739	32	62.4	LOS E	9.8	117.2	500
3 .Şerit	240	80.9	240	80.9	324	0.739	32	52	LOS D	8.5	100.2	500
Yaklaşım	1011	81.6	1011	81.6		2.336		736.8	LOS F	92.8	1104.5	
Bütün Araçlar	3905	80.2	3905	80.2		2.492		790.7	LOS F	130.9	1552.2	

4.4.3. SUMO Simülasyon Programıyla Analiz

SUMO programında Sanayi Kavşağı'na yönelik analiz yapılmaya çalışılmış, ancak elde edilen veriler (Çizelge 4.6) ulaşım açısından yorumlanabilir nitelikte olmamıştır. Bu durumun temel nedeni, SUMO simülasyon yazılımının çalışmada ele alınan özgün kavşak geometrisinin çizilmesine izin vermemesidir (Şekil 4.9.a). Söz konusu kavşak, betonarme tabliyelili özel bir yapıya sahip olup, SUMO programı bu tür özel tasarımları doğrudan desteklememektedir. Bu nedenle araçların kavşağı terk etme süreleri uzamakta ve bu durum kavşak performansını olumsuz etkilemektedir. Problemi aşmak adına, SUMO'nun standart kavşak tasarımları (Şekil 4.9.b) yerine, kavşağın daha hızlı boşalmasını sağlayacak alternatif düzenlemeler yapılması gerekmiştir. Tez süreci boyunca, bu sorunun çözümü için Türkiye'deki yetkili teknik ekip ile iletişim kurulmuş ve ekip elinden geldiğince destek olmaya çalışmıştır. Ancak tez teslim tarihine kadar somut bir çözüm üretilenmemiştir. Açık kaynak kodlu bir program olan SUMO'nun, ilerleyen süreçte Türkiye Teknik Ekibi tarafından bu soruna yönelik iyileştirmeler yapacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda, çalışmada kullanılan özel kavşak tasarımının birebir simülasyona aktarılması mümkün olmamıştır.

Çizelge 4.6. SUMO mevcut durum simülasyon sonuçları

		Kesi mAdı	TaşıtSa yısı	Ortala maHız	Yoğunluk	İşgaliye	Ortalama SeyahatSü resi	ToplamGe cikme	ToplamD urmaGec ikmesi	Aralık Bitiş	Kimlik	Kalka n	danŞerit Değiş	yaŞeri tDeğiş	ŞeritYogu nluk	Ayrılan	ÖrtSeyaha tSüre	ÖrnekSani ye	Görelil iz
Mevcut	İstasyon	11.00	838	3.32	61.84	9.93	14.54	10226.32	7874	3737	123	0	63	63	20.61	838	16.66	11645.72	0.12
		113	545	1.75	165.43	13.3	3.08	1661.6	869	3737	123	0	3	3	55.14	514	4.5	1786.62	0.06
		114	1207	13.91	38.33	3.7	0.51	483.1	0	3737	123	0	3	3	12.78	1194	0.85	978.45	0.5
		12	125	5.77	6.12	1.46	11.09	1070.19	683	3737	123	0	0	0	3.06	125	12.18	1493.29	0.26
	Sanayi	2	0	9.23	32.57	5.4	23.43	15295.35	7066	3737	123	1169	1401	1401	10.86	1169	24.02	26374.36	0.42
		21	1121	0.32	490.93	57.7	34.11	12226.46	10856.76	3737	123	0	22	22	122.73	433	37	12420.24	0.01
		22	48	0.63	22.43	5.46	32.59	1263.17	1084	3737	123	0	0	0	11.21	48	32.32	1299.19	0.03
	Emeksiz	3	0	11.53	17.36	2.76	17.1	8182.38	2195	3737	123	754	433	433	5.79	754	19.34	14138.9	0.41
		31	667	0.32	327.02	50.84	33.96	9318.83	8057	3737	123	0	8	8	109.01	545	39.77	9446.72	0.01
		32	87	3.25	7.51	3.6	16.64	1270.92	862	3737	123	0	0	0	7.51	87	18.01	1501.53	0.15
	Stmupmanı	4	832	15.8	21.29	2.4	0.61	220.82	39	3737	123	0	0	0	7.1	832	0.93	774.09	0.71
		41	808	1.74	533.33	3.35	0.99	567.44	197.59	3737	123	0	0	0	133.33	500	2.99	625.79	0.08
		42	24	0.94	8.83	2.13	21.82	529.28	442	3737	123	0	2	2	4.41	24	23.23	557.58	0.04



Şekil 4.9. SUMO simülasyon programı, a) tez kapsamında SUMO' da çalışılan kavşak, b) SUMO' nun dört kollu kavşak şablonu

SUMO simülasyon programı ile Sanayi Kavşağı'nda uygulanan üç farklı senaryoya rağmen, kavşak tasarımı gerçekleştirilemediğinden simülasyon sonuçlarında belirgin bir performans farkı gözlemlenmemiştir. Kavşak üzerindeki trafik hacmi (alt geçide katılım) ve şerit sayısı (U dönüşü gibi) gibi parametrelerde yapılan değişiklikler, sistemin genel davranışını değiştirmemiştir (Çizelge 4.7). Bu durum, mevcut kavşağın kapasitesi doğrultusunda çalıştığını ve analiz edilen senaryo parametrelerinin bu sistem üzerinde etkili olmadığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, kavşak tasarımı yapılamadığından dolayı kapasite ve kullanım durumu, uygulanan senaryolar çerçevesinde net biçimde belirlenememiştir.

Çizelge 4.7. SUMO simülasyon programı sonuçları (mevcut durum, 1.Senaryo (U dönüş), 2. Senaryo (U dönüş ve alt geçide katılım))

SANAYİ KAVŞAĞI SUMO KESİN BAZLI TRAFİK VERİLERİ																			
		KesimAdı	TaşıtSayısı	Ortalama Hız	Yoğunluk	İşgalıye	OrtalamaSeyahatSüresi	ToplamGeçikme	ToplamDurmaGeçikmesi	AraçlıkBitiş	Kimlik	Kalkan	danŞeritDeğiş	yaŞeritDeğiş	ŞeritYoğunluk	Ayrılan	ÖrtSeyahatSüresi	ÖrnekSaniye	GörelİHız
Mevcut	İstasyon	11	838	3.32	61.84	9.93	14.54	10226.32	7874	3737	123	0	63	63	20.61	838	16.66	11645.7	0.12
		113	545	1.75	165.43	13.3	3.08	1661.6	869	3737	123	0	3	3	55.14	514	4.5	1786.62	0.06
		114	1207	13.91	38.33	3.7	0.51	483.1	0	3737	123	0	3	3	12.78	1194	0.85	978.45	0.5
		12	125	5.77	6.12	1.46	11.09	1070.19	683	3737	123	0	0	0	3.06	125	12.18	1493.29	0.26
	Sanayi	2	0	9.23	32.57	5.4	23.43	15295.35	7066	3737	123	1169	1401	1401	10.86	1169	24.02	26374.4	0.42
		21	1121	0.32	490.93	57.7	34.11	12226.46	10856.8	3737	123	0	22	22	122.73	433	37	12420.2	0.01
		22	48	0.63	22.43	5.46	32.59	1263.17	1084	3737	123	0	0	0	11.21	48	32.32	1299.19	0.03
		3	0	11.53	17.36	2.76	17.1	8182.38	2195	3737	123	754	433	433	5.79	754	19.34	14138.9	0.41
	Emeksiz	31	667	0.32	327.02	50.84	33.96	9318.83	8057	3737	123	0	8	8	109.01	545	39.77	9446.72	0.01
		32	87	3.25	7.51	3.6	16.64	1270.92	862	3737	123	0	0	0	7.51	87	18.01	1501.53	0.15
		4	832	15.8	21.29	2.4	0.61	220.82	39	3737	123	0	0	0	7.1	832	0.93	774.09	0.71
		41	808	1.74	533.33	3.35	0.99	567.44	197.59	3737	123	0	0	0	133.33	500	2.99	625.79	0.08
	Σ	42	24	0.94	8.83	2.13	21.82	529.28	442	3737	123	0	2	2	4.41	24	23.23	557.58	0.04
		KesimAdı	TaşıtSayısı	Ortalama Hız	Yoğunluk	İşgalıye	OrtalamaSeyahatSüresi	ToplamGeçikme	ToplamDurmaGeçikmesi	AraçlıkBitiş	Kimlik	Kalkan	danŞeritDeğiş	yaŞeritDeğiş	ŞeritYoğunluk	Ayrılan	ÖrtSeyahatSüresi	ÖrnekSaniye	GörelİHız
U Dönüş	İstasyon	11	838	13.82	22.35	2.01	0.9	484.14	0	3738	123	0	3	3	5.59	838	1.32	1104.37	0.5
		113	513	1.6	176.23	13.84	3.42	1787.58	985	3738	123	0	7	7	58.74	477	4.94	1903.78	0.06
		114	1207	13.8	38.86	3.76	0.52	497.16	0	3738	123	0	3	3	12.95	1194	0.86	999.34	0.5
		12	125	4.59	7.98	1.88	10.03	1069.55	649	3738	123	0	0	0	3.99	125	11.22	1387.64	0.21
	Sanayi	2	0	8.06	36.98	6.13	21.91	15450.79	7454	3738	123	1169	1307	1307	12.33	1169	22.53	24396.7	0.36
		21	1121	0.52	275.19	32.48	30.02	12541.64	10829	3738	123	0	27	27	68.8	478	33.74	12858.3	0.02
		22	48	2.03	6.63	1.59	15.4	638.36	458	3738	123	0	0	0	3.31	48	16.58	709.67	0.09
		3	0	13.9	14.5	2.39	15	5562.44	0	3738	123	754	218	218	4.83	754	15.37	11310.4	0.5
	Emeksiz	31	667	0.68	180.03	28.39	20.74	8412.07	7295	3738	123	0	6	6	60.01	667	26.23	8640.93	0.02
		32	87	3.22	7.72	3.71	17.22	1328.99	978	3738	123	0	0	0	7.72	87	18.5	1576.93	0.15
		4	832	1.23	164.8	26.04	11.84	6588.52	5917	3738	123	0	25	25	54.93	832	13.3	6973.31	0.06
		41	808	0.17	533.33	42.03	37.53	9882.16	9357	3738	123	0	4	8	133.33	278	39.72	9970.24	0.01
	Σ	42	24	1.08	6.75	1.63	20.89	441.21	353	3738	123	0	1	1	3.38	24	21.8	467.58	0.05
		KesimAdı	TaşıtSayısı	Ortalama Hız	Yoğunluk	İşgalıye	OrtalamaSeyahatSüresi	ToplamGeçikme	ToplamDurmaGeçikmesi	AraçlıkBitiş	Kimlik	Kalkan	danŞeritDeğiş	yaŞeritDeğiş	ŞeritYoğunluk	Ayrılan	ÖrtSeyahatSüresi	ÖrnekSaniye	GörelİHız
U Dönüş ve Alt Geçide Katılım	İstasyon	11	687	13.9	18.22	1.64	0.89	382.33	0	3738	123	0	2	2	4.56	687	1.31	900.48	0.5
		113	383	1.89	120.64	9.28	2.48	1203.75	620	3738	123	0	3	3	40.21	367	4.17	1303.3	0.07
		114	1056	14.22	33.24	3.22	0.5	414.21	0	3738	123	0	0	0	11.08	1047	0.84	854.75	0.51
		12	125	4.34	8.36	1.98	10.66	1134.66	724	3738	123	0	0	0	4.18	125	11.86	1452.87	0.2
	Sanayi	2	0	8.11	36.72	6.09	21.77	15306.34	7270	3738	123	1169	1331	1331	12.24	1169	22.38	24226.7	0.36
		21	1121	0.53	279.21	32.73	29.48	12720.13	10840	3738	123	0	21	29	69.8	460	33.12	13046.3	0.02
		22	48	2.4	5.59	1.33	12.9	526.78	368	3738	123	0	0	0	2.8	48	13.99	598.68	0.11
		3	0	13.91	14.49	2.38	14.99	5553.99	0	3738	123	754	189	189	4.83	754	15.35	11298.6	0.5
	Emeksiz	31	667	0.69	182.01	28.74	20.49	8499.28	7368	3738	123	0	12	12	60.67	666	25.75	8735.79	0.02
		32	87	3.17	7.84	3.77	17.56	1356.72	1004	3738	123	0	0	0	7.84	87	18.82	1600.14	0.14
		4	832	1.24	164.46	25.99	11.67	6566.8	5892	3738	123	0	17	17	54.82	832	13.13	6958.85	0.06
		41	808	0.16	533.33	43.47	39.51	10352.26	9731	3738	123	0	6	9	133.33	282	41.45	10440.7	0.01
	Σ	42	24	1.08	6.73	1.62	20.8	439.5	353	3738	123	0	0	0	3.36	24	21.73	466.02	0.05

4.5. Birinci Senaryo

4.5.1. PTV Vissim Simülasyon Programıyla Analiz

Kavşak için belirlenen birinci senaryoda, istasyon yönünden gelen araçların sinyalizasyon sebebiyle beklemeden geçişini kolaylaştırmak amacıyla kavşak üzerine bir ‘U’ dönüş cebi eklenmiştir. Bu düzenleme sonucunda PTV Vissim simülasyon programında kavşağın hizmet seviyesi ‘F’ düzeyinden ‘E’ düzeyine yükselmiştir (Çizelge 4.8). Simülasyon sonuçlarına göre bu kavşak üzerinde yapılan geometrik düzenleme yalnızca İstasyondan gelen akımı rahatlatmakla kalmamış, aynı zamanda (İnönü Caddesi üzerinden) Sıtmalarını yönünden gelerek Sanayi Kavşağına dahil olan araçların bu güzergahı tercih etmesi için bir alternatif oluşmuştur.

Çizelge 4.8. PTV Vissim 1. Senaryo ('U' Dönüş)

		Zaman	Yolcuklular	Kuyruk Uzunluğu (m)	Kuyruk uzunluğu Maks(m)	Tüm Taşıtlar(adet)	LOS(ALL) Hizmet Seviyesi	Ortalama taşıt gecikmesi (sa)	Ortalama Duraklama Gecikmesi (Tüm)	CO Emisyonu (g)	NOX Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (gal)
SANAYİ UDÖNÜŞ	Emeksiz	0-3600	1-3@17.4-2@203.0	61.75	150.68	268	LOS_F	82.96	68.78	663.266	129.048	153.718	9.489
		0-3600	1-3@17.4-4@198.1	61.75	150.68	355	LOS_E	67.88	55.55	803.177	156.269	186.144	11.49
		0-3600	1-3@17.4-7@41.5	61.75	150.68	394	LOS_E	70.59	58.34	831.618	161.803	192.735	11.897
		0-3600	1-3@17.4-9@41.6	62.57	155.75	113	LOS_F	96.89	78.32	317.383	61.751	73.556	4.541
	İstasyon	0-3600	1-5@138.4-2@203.0	28.74	114.86	172	LOS_E	56.6	48.85	375.243	73.009	86.966	5.368
		0-3600	1-5@138.4-4@198.1	0	0	220	LOS_A	9.62	6.37	257.633	50.126	59.709	3.686
		0-3600	1-5@138.4-7@41.5	1.79	7.93	139	LOS_B	12.6	9.66	144.693	28.152	33.534	2.07
		0-3600	1-5@138.4-9@41.6	28.74	114.86	412	LOS_E	57.45	48.16	847.459	164.885	196.407	12.124
	Sırtapınar	0-3600	1-6@2.0-2@203.0	0.69	15.06	26	LOS_C	21.42	16.75	27.607	5.371	6.398	0.395
		0-3600	1-6@2.0-4@198.1	41.77	110.32	393	LOS_E	60.96	50.95	753.433	146.591	174.615	10.779
		0-3600	1-6@2.0-9@41.6	41.77	110.32	328	LOS_E	55.18	46.35	520.734	101.316	120.685	7.45
		0-3600	1-17@30.1-2@203.0	34.82	99.64	501	LOS_E	58.87	49.34	957.728	186.339	221.963	13.701
	Sanayi	0-3600	1-17@30.1-4@198.1	0.64	12.43	25	LOS_C	24.33	17.04	30.805	5.994	7.139	0.441
		0-3600	1-17@30.1-7@41.5	34.82	99.64	245	LOS_E	56.86	47.5	413.632	80.478	95.863	5.917
		0-3600	1-17@30.1-7@41.5	34.82	99.64	245	LOS_E	56.86	47.5	413.632	80.478	95.863	5.917
	0-3600	1-17@30.1-7@41.5	1	23.28	155.8	3591	LOS_E	58.2	48.29	6942.4	1351	1609	99.319

4.5.2. SIDRA Intersection Analitik Modelleme Programı ile Analiz

Sanayi Kavşağı için belirlenen ikinci senaryoda hizmet düzeyinde değişiklik olmamıştır (Çizelge 4.9.). Yapılan analiz çıktıları detaylı incelendiğinde akımlardaki hizmet seviyesindeki değişiklikler dikkat çekmektedir.

Çizelge 4.9. SIDRA Intersection 1.Senaryo ('U' Dönüş)

U DÖNÜŞÜ												
Sinyaller - EQUİSAT (Sabit Zamanlı/SCATS) İzole Çevrim Süresi = 163 saniye (Site Kullanıcısı Tarafından Verilen Çevrim Süresi)												
Şerit Kullanımı ve Performansı												
	Toplam Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat - %)	Gelen Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat - %)	Kapasite(araç/saat)	Hacim/Kapasite	Şerit Kullanım oranı(%)	Ortalama Gecikme(s)	Hizmet Düzeyi(LOS)	Ortalama Kuruk Uzunluğu (taşıtlar)	Ortalama Kuruk Uzunluğu(m)	Şerit Uzunluğu(m)		
Güney: Sırtapınar												
1. Şerit	472	88	472	88	290	1.628	100	362.2	LOS F	38.4	471.1	500
2. Şerit	177	68	177	68	334	0.531	33	53.4	LOS D	7.2	80.2	500
3. Şerit	177	68	177	68	333	0.531	33	59.9	LOS E	7.2	80	70
4. Şerit	50	84.2	50	84.2	351	0.142	9	45.7	LOS D	1.6	19.5	60
Yaklaşım	876	79.7	876	79.7		1.628		220.6	LOS F	38.4	471.1	
Doğu: Emeksiz												
1. Şerit	181	97	181	97	140	1.291	85	231	LOS F	13.1	168.2	500
2. Şerit	274	97	274	97	180	1.518	100	323.7	LOS F	21.5	275.9	500
3. Şerit	166	31	166	31	295	0.562	37	64.4	LOS E	7.4	65.4	500
4. Şerit	169	61.6	169	61.6	300	0.562	37	39.5	LOS D	5.4	58	70
Yaklaşım	789	75.6	789	75.6		1.518		187.2	LOS F	21.5	275.9	
Kuzey: Sanayi												
1. Şerit	417	81	417	81	264	1.577	100	342.4	LOS F	33.3	395.4	180
2. Şerit	421	81.7	421	81.7	267	1.577	100	341.3	LOS F	33.7	400.6	180
3. Şerit	193	85	193	85	211	0.917	58	104.3	LOS F	10.9	132.2	180
4. Şerit	198	84.5	198	84.5	236	0.84	53	90.2	LOS F	9.5	114.5	70
Yaklaşım	1229	82.4	1229	82.4		1.577		264	LOS F	33.7	400.6	
Batı: İstasyon												
1. Şerit	560	81.7	560	81.7	909	0.616	100	7.6	LOS A	0	0	500
2. Şerit	196	82	196	82	133	1.478	100	304.6	LOS F	15.1	180.6	500
3. Şerit	254	81	254	81	172	1.478	100	267.5	LOS F	17.5	207.4	500
Yaklaşım	1011	81.6	1011	81.6		1.478		130.7	LOS F	17.5	207.4	
Bütün Araçlar	3905	80.2	3905	80.2		1.628		204.2	LOS F	38.4	471.1	

4.6. İkinci Senaryo

İkinci senaryoda, Malatya Park AVM ve Geçici Ticaret Merkezi (GTM) çıkışlı araçların, D-300 karayolunun yan yollarına bağlanmadan, doğrudan İstasyon alt geçidine katılması durumu incelenmiştir (GTM için önerilen güzergâh Şekil 4.6’da gösterilmiştir).

4.6.1. PTV Vissim Simülasyon Programıyla Analiz

Önerilen senaryo, PTV Vissim simülasyon programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu düzenleme sayesinde, İstasyon yönünden Emeksiz yönüne giden araç akımı %50 oranında azaltılmış ve böylece kavşağın hizmet seviyesi ‘E’den ‘D’ ye yükselmiştir (Çizelge 4.10.).

Çizelge 4.10. PTV Vissim Sanayi Kavşağı 2. Senaryo (‘U’ dönüş ve alt geçide katılım)

		Zaman	Yolcuklular	Kuyruk Uzunluğu (m)	Kuyruk uzunluğu Maks(m)	Tüm Taşıtlar(adet)	LOS(ALL) Hizmet Seviyesi	Ortalama taşıt gecikmesi (sa)	Ortalama Duraklama Gecikmesi (Tüm)	CO Emisyonu (g)	NOX Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (gal)
SANAYİ ALT GEÇİT KATILIM- U DÖNÜŞ	Emeksiz	0-3600	1-3@19.1-2@201.2	52.92	125.12	138	LOS_F	97.12	81.08	373.517	72.673	86.566	5.344
		0-3600	1-3@19.1-4@218.1	52.92	125.12	230	LOS_E	68.04	55.39	506.321	98.512	117.345	7.244
		0-3600	1-3@19.1-7@40.9	52.92	125.12	231	LOS_E	61.16	53.24	438.326	85.282	101.586	6.271
		0-3600	1-3@19.1-9@61.7	19.52	121.38	79	LOS_C	31.04	18.66	106.02	20.628	24.571	1.517
	İstasyon	0-3600	1-5@136.6-2@201.2	27.51	110.77	150	LOS_E	56.75	49.15	326.496	63.524	75.669	4.671
		0-3600	1-5@136.6-4@218.1	0.01	12.34	184	LOS_C	23.53	17.58	285.231	55.495	66.105	4.081
		0-3600	1-5@136.6-7@40.9	3.41	39.64	120	LOS_C	21.66	16.86	151.328	29.443	35.072	2.165
		0-3600	1-5@136.6-9@61.7	27.51	110.77	358	LOS_E	57.24	47.58	733.691	142.75	170.04	10.496
	Sırtmaçı	0-3600	1-6@2.7-2@201.2	0.4	13.31	31	LOS_B	13.29	8.51	28.666	5.577	6.644	0.41
		0-3600	1-6@2.7-4@218.1	44.24	104.2	434	LOS_E	64.37	53.17	865.449	168.385	200.576	12.381
		0-3600	1-6@2.7-9@61.7	44.24	104.2	369	LOS_E	58.45	49.07	615.432	119.741	142.632	8.804
		Sanayi	0-3600	1-17@29.6-2@201.2	43.94	142.53	720	LOS_D	51.64	42.01	1294.401	251.843	299.99
	0-3600		1-17@29.6-4@218.1	5.44	102.73	42	LOS_D	35.34	25.48	64.587	12.566	14.969	0.924
	0-3600		1-17@29.6-7@40.9	43.94	142.53	352	LOS_D	50.16	41.54	553.986	107.786	128.392	7.925
			0-3600	1	19.74	142.5	3438	LOS_D	54.63	45.01	6341.9	1234	1470

4.6.2. SIDRA Intersection Analitik Modelleme Programı ile Analiz

Önerilen senaryo, SIDRA Intersection analitik model programı kullanılarak analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçlarında hizmet seviyesi ‘F’ olarak belirlenmiştir yani hizmet seviyesinde bir değişiklik oluşmamıştır. Sonuçlar detaylı bir şekilde incelendiğinde, mevcut durum ve ‘U’ dönüşü yapılması durumunda elde edilen simülasyon sonuçlarında sırasıyla 3905 aracın simülasyona girdiği ve ‘U’ dönüşlü alt geçide katılımlarda ise yukarıda bahsedilen nedenlerle yapılan %50 oranında araç sayısının azaltılması ile (İstasyon yönünden Emeksiz’ e giden araçlar) 3756 aracın simülasyona dahil olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.11) incelendiğinde, şerit bazlı hizmet seviyesinde iyileşmelerin olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. SIDRA Intersection Sanayi Kavşağı 2. Senaryo (‘U’ dönüş ve alt geçide katılım)

U DÖNÜŞ ve ALT GEÇİDE KATILIM												
Sinyaller - EQUISAT (Sabit Zamanlı/SCATS) İzole Çevrim Süresi = 163 saniye (Site Kullanıcısı Tarafından Verilen Çevrim Süresi)												
Şerit Kullanımı ve Performansı												
	Toplam Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat - %)		Gelen Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat - %)		Kapasite(araç/ saat)	Hacim/Kapasite	Şerit Kullanım oranı(%)	Ortalama Gecikme(s)	Hizmet Düzeyi(LOS)	Ortalama Kuruk Uzunluğu (taşıt)	Ortalama Kuruk Uzunluğu(m)	Şerit Uzunluğu(m)
Güney: Sıtmapınarı												
1 .Şerit	472	88	472	88	307	1.534	100	319.3	LOS F	60.7	745.6	500
2 .Şerit	179	68	179	68	362	0.494	32	49.6	LOS D	11.5	127.8	500
3 .Şerit	177	68	177	68	358	0.494	32	55.6	LOS E	11.4	126.6	70
4 .Şerit	48	84.7	48	84.7	366	0.132	9	47.4	LOS D	2.7	32.6	60
Yaklaşım	876	79.7	876	79.7		1.534		195.9	LOS F	60.7	745.6	
Doğu: Emeksiz												
1 .Şerit	181	97	181	97	149	1.215	85	198.8	LOS F	20.7	265.1	500
2 .Şerit	274	97	274	97	192	1.429	100	283.7	LOS F	34	435.3	500
3 .Şerit	167	31	167	31	314	0.534	37	62.3	LOS E	12	106	500
4 .Şerit	167	61.9	167	61.9	313	0.534	37	38.5	LOS D	8.7	92.8	70
Yaklaşım	789	75.6	789	75.6		1.429		165.3	LOS F	34	435.3	
Kuzey: Sanayi												
1 .Şerit	416	81	416	81	277	1.504	100	309.4	LOS F	52.9	627.9	180
2 .Şerit	420	81.7	420	81.7	280	1.504	100	308.2	LOS F	53.5	636.1	180
3 .Şerit	194	85	194	85	222	0.875	58	94.7	LOS F	17	205.5	180
4 .Şerit	199	84.5	199	84.5	248	0.801	53	84.4	LOS F	14.8	178.6	70
Yaklaşım	1229	82.4	1229	82.4		1.504		238.7	LOS F	53.5	636.1	
Batı: İstasyon												
1 .Şerit	560	81.7	560	81.7	909	0.616	100	7.6	LOS A	0	0	500
2 .Şerit	104	82	104	82	86	1.202	100	189.8	LOS F	11.5	137.1	500
3 .Şerit	197	80.7	197	80.7	164	1.202	100	154.2	LOS F	15.4	182.2	500
Yaklaşım	861	81.5	861	81.5		1.202		63.2	LOS E	15.4	182.2	
Bütün Araçlar	3756	80.1	3756	80.1		1.534		173.1	LOS F	60.7	745.6	

Çizelge 4.12. PTV Vissim simülasyon programı sonuçları (mevcut durum,1. Senaryo ('U' dönüş), 2. Senaryo ('U' dönüş ve alt geçide katılım))

		Zaman	Yolcuklular	Kuyruk Uzunluğu (m)	Kuyruk uzunluğu Maks(m)	Tüm Taşıtlar(a det)	LOS(ALL) Hizmet Seviyesi	Ortalama taşıt gecikmesi (sa)	Ortalama Duraklama Gecikmesi (Tüm)	CO Emisyonu (g)	NOX Emisyonu (g)	VOC Emisyonu (g)	Yakıt Tüketimi (gal)
SANAYİ MEVCUT DURUM	Emeksiz	0-3600	1-3@18.8-2@201.6	0.03	27.9	138	LOS_C	34.11	24.59	206.968	40.269	47.967	2.961
		0-3600	1-3@18.8-4@217.8	32.16	113.97	230	LOS_E	62.25	50.28	484.119	94.192	112.199	6.926
		0-3600	1-3@18.8-7@42.7	32.16	113.97	232	LOS_E	58.72	50.53	430.281	83.717	99.722	6.156
	İstasyon	0-3600	1-3@18.8-9@61.9	9.34	117.74	80	LOS_D	46.18	30.16	136.184	26.496	31.562	1.948
		0-3600	1-5@136.9-2@201.6	33.24	115.91	284	LOS_D	54.45	46.15	608.361	118.365	140.993	8.703
		0-3600	1-5@136.9-4@217.8	0	5.35	190	LOS_D	40.69	29.83	363.581	70.74	84.263	5.201
	Sıtmapnı	0-3600	1-5@136.9-7@42.7	2.53	29.06	117	LOS_B	19.28	14.89	142.509	27.727	33.028	2.039
		0-3600	1-5@136.9-9@61.9	33.24	115.91	346	LOS_D	54.66	45.34	696.494	135.512	161.419	9.964
		0-3600	1-6@2.9-2@201.6	0.29	15.53	31	LOS_C	24.35	17.17	38.373	7.466	8.893	0.549
	Sanayi	0-3600	1-6@2.9-4@217.8	46.06	111.36	434	LOS_E	59.86	51.68	814.846	158.54	188.849	11.657
		0-3600	1-6@2.9-9@61.9	46.06	111.36	368	LOS_E	55.22	47.39	575.821	112.034	133.452	8.238
		0-3600	1-11@29.5-2@201.6	120.62	146.37	656	LOS_F	155.13	135.62	2401.729	467.289	556.624	34.359
		0-3600	1-11@29.5-4@217.8	5.42	136.55	34	LOS_F	105.65	91.08	94.78	18.441	21.966	1.356
		0-3600	1-11@29.5-7@42.7	120.62	146.37	315	LOS_F	152.01	133.55	1068.538	207.899	247.644	15.287
		0-3600	1	22.7	146.4	3455	LOS_F	81.33	69.42	8056.12	1567	1867	115.25
SANAYİ U DÖNÜŞ	Emeksiz	0-3600	1-3@17.4-2@203.0	61.75	150.68	268	LOS_F	82.96	68.78	663.266	129.048	153.718	9.489
		0-3600	1-3@17.4-4@198.1	61.75	150.68	355	LOS_E	67.88	55.55	803.177	156.269	186.144	11.49
		0-3600	1-3@17.4-7@41.5	61.75	150.68	394	LOS_E	70.59	58.34	831.618	161.803	192.735	11.897
	İstasyon	0-3600	1-3@17.4-9@41.6	62.57	155.75	113	LOS_F	96.89	78.32	317.383	61.751	73.556	4.541
		0-3600	1-5@138.4-2@203.0	28.74	114.86	172	LOS_E	56.6	48.85	375.243	73.009	86.966	5.368
		0-3600	1-5@138.4-4@198.1	0	0	220	LOS_A	9.62	6.37	257.633	50.126	59.709	3.686
	Sıtmapnı	0-3600	1-5@138.4-7@41.5	1.79	7.93	139	LOS_B	12.6	9.66	144.693	28.152	33.534	2.07
		0-3600	1-5@138.4-9@41.6	28.74	114.86	412	LOS_E	57.45	48.16	847.459	164.885	196.407	12.124
		0-3600	1-6@2.0-2@203.0	0.69	15.06	26	LOS_C	21.42	16.75	27.607	5.371	6.398	0.395
	Sanayi	0-3600	1-6@2.0-4@198.1	41.77	110.32	393	LOS_E	60.96	50.95	753.433	146.591	174.615	10.779
		0-3600	1-6@2.0-9@41.6	41.77	110.32	328	LOS_E	55.18	46.35	520.734	101.316	120.685	7.45
		0-3600	1-17@30.1-2@203.0	34.82	99.64	501	LOS_E	58.87	49.34	957.728	186.339	221.963	13.701
		0-3600	1-17@30.1-4@198.1	0.64	12.43	25	LOS_C	24.33	17.04	30.805	5.994	7.139	0.441
		0-3600	1-17@30.1-7@41.5	34.82	99.64	245	LOS_E	56.86	47.5	413.632	80.478	95.863	5.917
		0-3600	1	23.28	155.8	3591	LOS_E	58.2	48.29	6942.4	1351	1609	99.319
SANAYİ ALTGEÇİT KATIMI- U DÖNÜŞ	Emeksiz	0-3600	1-3@19.1-2@201.2	52.92	125.12	138	LOS_F	97.12	81.08	373.517	72.673	86.566	5.344
		0-3600	1-3@19.1-4@218.1	52.92	125.12	230	LOS_E	68.04	55.39	506.321	98.512	117.345	7.244
		0-3600	1-3@19.1-7@40.9	52.92	125.12	231	LOS_E	61.16	53.24	438.326	85.282	101.586	6.271
	İstasyon	0-3600	1-3@19.1-9@61.7	19.52	121.38	79	LOS_C	31.04	18.66	106.02	20.628	24.571	1.517
		0-3600	1-5@136.6-2@201.2	27.51	110.77	150	LOS_E	56.75	49.15	326.496	63.524	75.669	4.671
		0-3600	1-5@136.6-4@218.1	0.01	12.34	184	LOS_C	23.53	17.58	285.231	55.495	66.105	4.081
	Sıtmapnı	0-3600	1-5@136.6-7@40.9	3.41	39.64	120	LOS_C	21.66	16.86	151.328	29.443	35.072	2.165
		0-3600	1-5@136.6-9@61.7	27.51	110.77	358	LOS_E	57.24	47.58	733.691	142.75	170.04	10.496
		0-3600	1-6@2.7-2@201.2	0.4	13.31	31	LOS_B	13.29	8.51	28.666	5.577	6.644	0.41
	Sanayi	0-3600	1-6@2.7-4@218.1	44.24	104.2	434	LOS_E	64.37	53.17	865.449	168.385	200.576	12.381
		0-3600	1-6@2.7-9@61.7	44.24	104.2	369	LOS_E	58.45	49.07	615.432	119.741	142.632	8.804
		0-3600	1-17@29.6-2@201.2	43.94	142.53	720	LOS_D	51.64	42.01	1294.401	251.843	299.99	18.518
		0-3600	1-17@29.6-4@218.1	5.44	102.73	42	LOS_D	35.34	25.48	64.587	12.566	14.969	0.924
		0-3600	1-17@29.6-7@40.9	43.94	142.53	352	LOS_D	50.16	41.54	553.986	107.786	128.392	7.925
		0-3600	1	19.74	142.5	3438	LOS_D	54.63	45.01	6341.92	1234	1470	90.728

Çizelge 4.13. SIDRA Intersection analitik model sonuçları (mevcut durum,1. Senaryo (‘U’ dönüş),2. Senaryo (‘U’ dönüş ve alt geçide katılım))

MEVCUT												
Sinyaller - EQUISAT (Sabit Zamanlı/SCATS) İzole Çevrim Süresi = 163 saniye (Site Kullanıcısı Tarafından Verilen Çevrim Süresi)												
Şerit Kullanımı ve Performansı												
	Toplam Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat -%)		Gelen Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat -%)		Kapasite(ar aç/ saat)	Hacim/Kapasite	Şerit Kullum oranı(%)	Ortalama Gecikme(s)	Hizmet Düzeyi(LOS)	Ortalama Kuruk Uzunluğu (taşıt)	Ortalama Kuruk Uzunluğu(m)	Şerit Uzunluğu(m)
Güney: Sıtmapınarı												
1 .Şerit	472	88	472	88	190	2.488	100	1426.1	LOS F	80.5	988.6	500
2 .Şerit	172	68	172	68	176	0.975	39	127.7	LOS F	11	121.7	500
3 .Şerit	175	68	175	68	180	0.975	39	135.2	LOS F	11.2	124.4	70
4 .Şerit	57	82.1	57	82.1	219	0.261	11	69.2	LOS E	2.1	25.6	60
Yaklaşım	876	79.7	876	79.7		2.488		824.5	LOS F	80.5	988.6	
Doğu: Emeksiz												
1 .Şerit	181	97	181	97	96	1.878	85	888.6	LOS F	26.5	339.4	500
2 .Şerit	274	97	274	97	124	2.209	100	1180.6	LOS F	44.1	565.4	500
3 .Şerit	165	31	165	31	203	0.812	37	82.5	LOS F	8.4	74.6	500
4 .Şerit	170	61.4	170	61.4	209	0.812	37	81.6	LOS F	7.6	81.1	70
Yaklaşım	789	75.6	789	75.6		2.209		647.8	LOS F	44.1	565.4	
Kuzey: Sanayi												
1 .Şerit	766	81	766	81	308	2.492	100	1418.2	LOS F	130.9	1552.2	180
2 .Şerit	216	85	216	85	327	0.66	100	53.5	LOS D	9.2	111.8	180
3 .Şerit	126	85	126	85	327	0.384	58	51.8	LOS D	4.8	58.6	180
4 .Şerit	122	84.2	122	84.2	347	0.352	53	42.1	LOS D	3.3	39.8	70
Yaklaşım	1229	82.4	1229	82.4		2.492		902.8	LOS F	130.9	1552.2	
Batı: İstasyon												
1 .Şerit	560	81.7	560	81.7	240	2.336	100	1283.8	LOS F	92.8	1104.5	500
2 .Şerit	211	82	211	82	286	0.739	32	62.4	LOS E	9.8	117.2	500
3 .Şerit	240	80.9	240	80.9	324	0.739	32	52	LOS D	8.5	100.2	500
Yaklaşım	1011	81.6	1011	81.6		2.336		736.8	LOS F	92.8	1104.5	
Bütün Araçlar	3905	80.2	3905	80.2		2.492		790.7	LOS F	130.9	1552.2	
U DÖNÜŞÜ												
Sinyaller - EQUISAT (Sabit Zamanlı/SCATS) İzole Çevrim Süresi = 163 saniye (Site Kullanıcısı Tarafından Verilen Çevrim Süresi)												
Şerit Kullanımı ve Performansı												
	Toplam Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat -%)		Gelen Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat -%)		Kapasite(ar aç/ saat)	Hacim/Kapasite	Şerit Kullum oranı(%)	Ortalama Gecikme(s)	Hizmet Düzeyi(LOS)	Ortalama Kuruk Uzunluğu (taşıt)	Ortalama Kuruk Uzunluğu(m)	Şerit Uzunluğu(m)
Güney: Sıtmapınarı												
1 .Şerit	472	88	472	88	290	1.628	100	362.2	LOS F	38.4	471.1	500
2 .Şerit	177	68	177	68	334	0.531	33	53.4	LOS D	7.2	80.2	500
3 .Şerit	177	68	177	68	333	0.531	33	59.9	LOS E	7.2	80	70
4 .Şerit	50	84.2	50	84.2	351	0.142	9	45.7	LOS D	1.6	19.5	60
Yaklaşım	876	79.7	876	79.7		1.628		220.6	LOS F	38.4	471.1	
Doğu: Emeksiz												
1 .Şerit	181	97	181	97	140	1.291	85	231	LOS F	13.1	168.2	500
2 .Şerit	274	97	274	97	180	1.518	100	323.7	LOS F	21.5	275.9	500
3 .Şerit	166	31	166	31	295	0.562	37	64.4	LOS E	7.4	65.4	500
4 .Şerit	169	61.6	169	61.6	300	0.562	37	39.5	LOS D	5.4	58	70
Yaklaşım	789	75.6	789	75.6		1.518		187.2	LOS F	21.5	275.9	
Kuzey: Sanayi												
1 .Şerit	417	81	417	81	264	1.577	100	342.4	LOS F	33.3	395.4	180
2 .Şerit	421	81.7	421	81.7	267	1.577	100	341.3	LOS F	33.7	400.6	180
3 .Şerit	193	85	193	85	211	0.917	58	104.3	LOS F	10.9	132.2	180
4 .Şerit	198	84.5	198	84.5	236	0.84	53	90.2	LOS F	9.5	114.5	70
Yaklaşım	1229	82.4	1229	82.4		1.577		264	LOS F	33.7	400.6	
Batı: İstasyon												
1 .Şerit	560	81.7	560	81.7	909	0.616	100	7.6	LOS A	0	0	500
2 .Şerit	196	82	196	82	133	1.478	100	304.6	LOS F	15.1	180.6	500
3 .Şerit	254	81	254	81	172	1.478	100	267.5	LOS F	17.5	207.4	500
Yaklaşım	1011	81.6	1011	81.6		1.478		130.7	LOS F	17.5	207.4	
Bütün Araçlar	3905	80.2	3905	80.2		1.628		204.2	LOS F	38.4	471.1	
U DÖNÜŞ ve ALT GEÇİDE KATILIM												
Sinyaller - EQUISAT (Sabit Zamanlı/SCATS) İzole Çevrim Süresi = 163 saniye (Site Kullanıcısı Tarafından Verilen Çevrim Süresi)												
Şerit Kullanımı ve Performansı												
	Toplam Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat -%)		Gelen Talep - Ağır Taşı Oranı (araç/saat -%)		Kapasite(ar aç/ saat)	Hacim/Kapasite	Şerit Kullum oranı(%)	Ortalama Gecikme(s)	Hizmet Düzeyi(LOS)	Ortalama Kuruk Uzunluğu (taşıt)	Ortalama Kuruk Uzunluğu(m)	Şerit Uzunluğu(m)
Güney: Sıtmapınarı												
1 .Şerit	472	88	472	88	307	1.534	100	319.3	LOS F	60.7	745.6	500
2 .Şerit	179	68	179	68	362	0.494	32	49.6	LOS D	11.5	127.8	500
3 .Şerit	177	68	177	68	358	0.494	32	55.6	LOS E	11.4	126.6	70
4 .Şerit	48	84.7	48	84.7	366	0.132	9	47.4	LOS D	2.7	32.6	60
Yaklaşım	876	79.7	876	79.7		1.534		195.9	LOS F	60.7	745.6	
Doğu: Emeksiz												
1 .Şerit	181	97	181	97	149	1.215	85	198.8	LOS F	20.7	265.1	500
2 .Şerit	274	97	274	97	192	1.429	100	283.7	LOS F	34	435.3	500
3 .Şerit	167	31	167	31	314	0.534	37	62.3	LOS E	12	106	500
4 .Şerit	167	61.9	167	61.9	313	0.534	37	38.5	LOS D	8.7	92.8	70
Yaklaşım	789	75.6	789	75.6		1.429		165.3	LOS F	34	435.3	
Kuzey: Sanayi												
1 .Şerit	416	81	416	81	277	1.504	100	309.4	LOS F	52.9	627.9	180
2 .Şerit	420	81.7	420	81.7	280	1.504	100	308.2	LOS F	53.5	636.1	180
3 .Şerit	194	85	194	85	222	0.875	58	94.7	LOS F	17	205.5	180
4 .Şerit	199	84.5	199	84.5	248	0.801	53	84.4	LOS F	14.8	178.6	70
Yaklaşım	1229	82.4	1229	82.4		1.504		238.7	LOS F	53.5	636.1	
Batı: İstasyon												
1 .Şerit	560	81.7	560	81.7	909	0.616	100	7.6	LOS A	0	0	500
2 .Şerit	104	82	104	82	86	1.202	100	189.8	LOS F	11.5	137.1	500
3 .Şerit	197	80.7	197	80.7	164	1.202	100	154.2	LOS F	15.4	182.2	500
Yaklaşım	861	81.5	861	81.5		1.202		63.2	LOS E	15.4	182.2	
Bütün Araçlar	3756	80.1	3756	80.1		1.534		173.1	LOS F	60.7	745.6	

4.7. Senaryo Sonuçları ve Simülasyon Bulgularının Değerlendirilmesi

4.7.1. Simülasyon Programlarının Kalibrasyon Değerlerinin Hesaplanması (GEH)

Sanayi Kavşağı'nda yapılan analiz çalışmalarının doğruluğunu gösterebilmek için kalibrasyon hesabının yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda, kalibrasyon işleminin doğruluğu için GEH (Geoffrey E. Havers) formülü (Denklem 4.1) kullanılmıştır. GEH formülü; sahada gözlenen araç sayımları ile simülasyon çıktılarından elde edilen araç verilerini karşılaştırmaktadır (Çizelge 4.14-4.15).

$$GEH = \frac{\sqrt{2(M-C)^2}}{M+C} \quad \text{Denklem (4.1)}$$

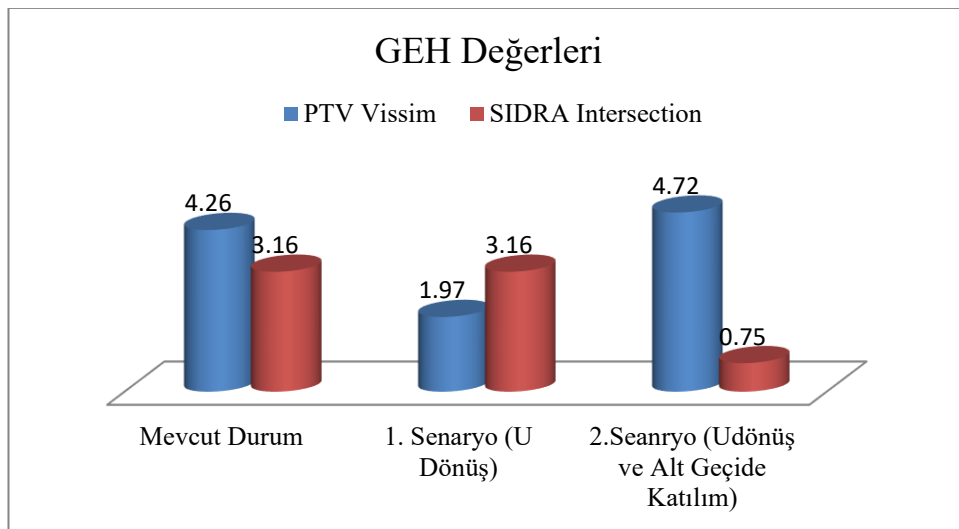
M: Gözlenen değerler

C: Simülasyon değerlerini göstermektedir.

Çizelge 4.14. PTV Vissim ve SIDRA Intersection program çıktılarının kalibrasyon doğrulama değerleri (GEH)

	Gözlenen Değer	Programlar		GEH Değeri		GEH Değeri <5
		PTV Vissim	SIDRA Intersection	PTV Vissim	SIDRA Intersection	
Mevcut Durum	3710	3455	3905	4.26	3.16	Evet
1. Senaryo (U Dönüş)	3710	3591	3905	1.97	3.16	Evet
2. Senaryo (U dönüş ve Alt Geçide Katılım)	3710	3428	3756	4.72	0.75	Evet

Çizelge 4.15. PTV Vissim ve SIDRA Intersection program çıktılarının kalibrasyon doğrulama değerlerinin (GEH) grafiksel gösterimi



4.7.2. Kuyruk Uzunluğu

Trafik verilerinin en önemli parametrelerinden biri kuyruk uzunluğudur. Kuyruk uzunluğu, her zaman adımında ölçülerek ortalama değer hesaplanır. Ayrıca, kuyruk uzunluğu hizmet seviyesini belirleyen temel göstergelerden biridir. PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarından elde edilen kuyruk uzunluğu verileri Çizelge 4.16’da karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Kuyruk uzunluklarında bu kadar fark olması yazılımdaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Diğer bir neden ise programlardaki rota atamasındaki özelliştir. SIDRA Intersection şerit bazlı bir rota ataması imkanı sunarken PTV Vissim yön bazlı atama imkanı sunar. Rota atama yöntemlerindeki farklılıklar ile sürüş davranış modelleri (Çizelge 4.24.)arasındaki değişkenlik bir araya geldiğinde, simülasyon ve analitik sonuçlar arasındaki farkın daha da belirginleştiği gözlemlenmektedir.

PTV Vissim simülasyon sonucu kuyruk uzunluğunda:

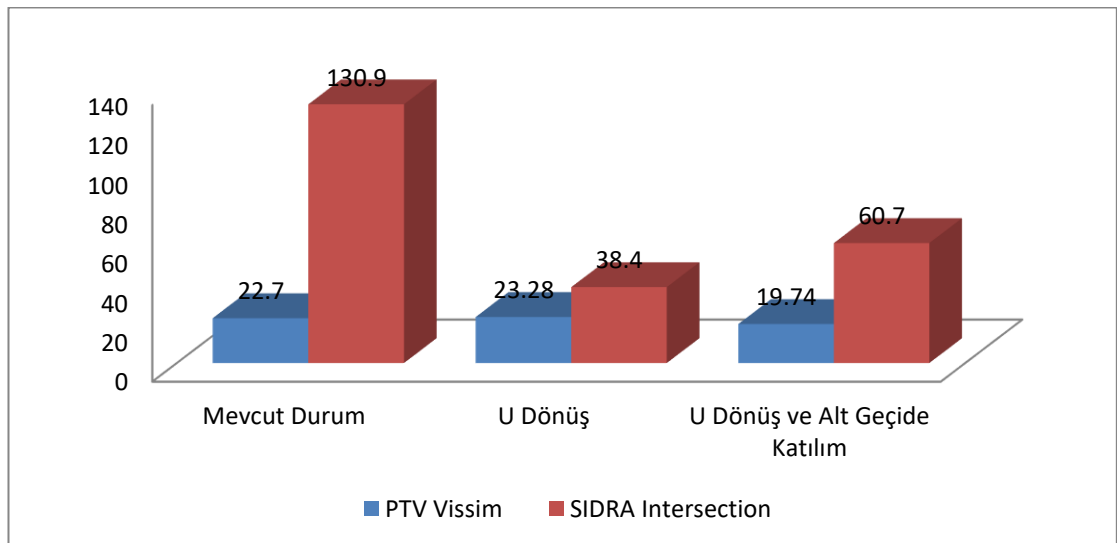
1. Senaryo : % 2.5 oranında artma
2. Senaryo : % 13 oranında azalma olduğu

SIDRA Intersection analitik model sonucu kuyruk uzunluğunda:

1. Senaryo : % 71 oranında azalma
2. Senaryo : % 54 oranında kuyruk uzunluğunda azalma olduğu tespit edilmiştir.

PTV Vissim’e uygulanan her senaryo değişikliğinde kuyruk uzunluğunda artma ve azalma söz konusuysa, SIDRA Intersection’da da aynı durum gözlemlenmiştir. Bu durumun, önerilen ‘U’ dönüşünün mecburi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.16. PTV Vissim ile SIDRA Intersection ulaşım yazılım programlarının ortalama kuyruk uzunluklarının karşılaştırılması



4.7.3. Taşıt Gecikmesi

Taşıtların gecikme değeri, hizmet seviyesini belirleyen önemli göstergelerden biridir. Bir aracın seyahat süresindeki gecikme, gerçek seyahat süresinden ideal seyahat süresi çıkarılarak hesaplanır. Bu sürenin uzunluğu, aracın trafikte ne kadar süre kaldığını gösterir. PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarından elde edilen senaryo verileri Çizelge 4.17 'de karşılaştırılmıştır. Mevcut durum ile iki farklı senaryodan elde edilen sonuçlar değerlendirilerek yorumlanmıştır. PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarından elde edilen farklılık bir önceki başlıkta (4.4.2. Kuyruk Uzunluğu) yapılan açıklamada olduğu gibi yazılım ve rota atamalarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

PTV Vissim simülasyon sonucu taşıt gecikmesi:

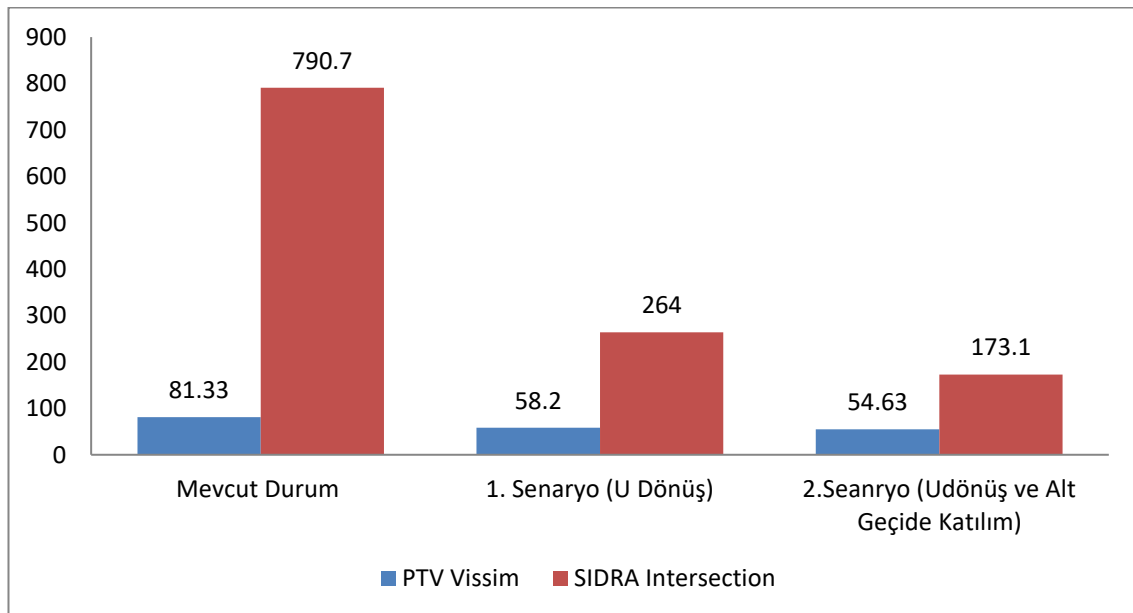
1. Senaryo : % 29 oranında azalma,
2. Senaryo : % 33 oranında azalma olduğu,

SIDRA Intersection analitik model sonucu taşıt gecikmesi:

1. Senaryo : % 67 oranında azalma,
2. Senaryo : % 78 oranında taşıt gecikmesinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Mevcut durum ve uygulanan senaryo önerileri karşılaştırıldığında, önerilen senaryoların taşıt gecikmelerini azaltarak kavşağın daha hızlı boşaldığını ve taşıt seyrinde daha akışkan bir trafik sağladığı yapılan analiz sonuçlarından belirlenmiştir.

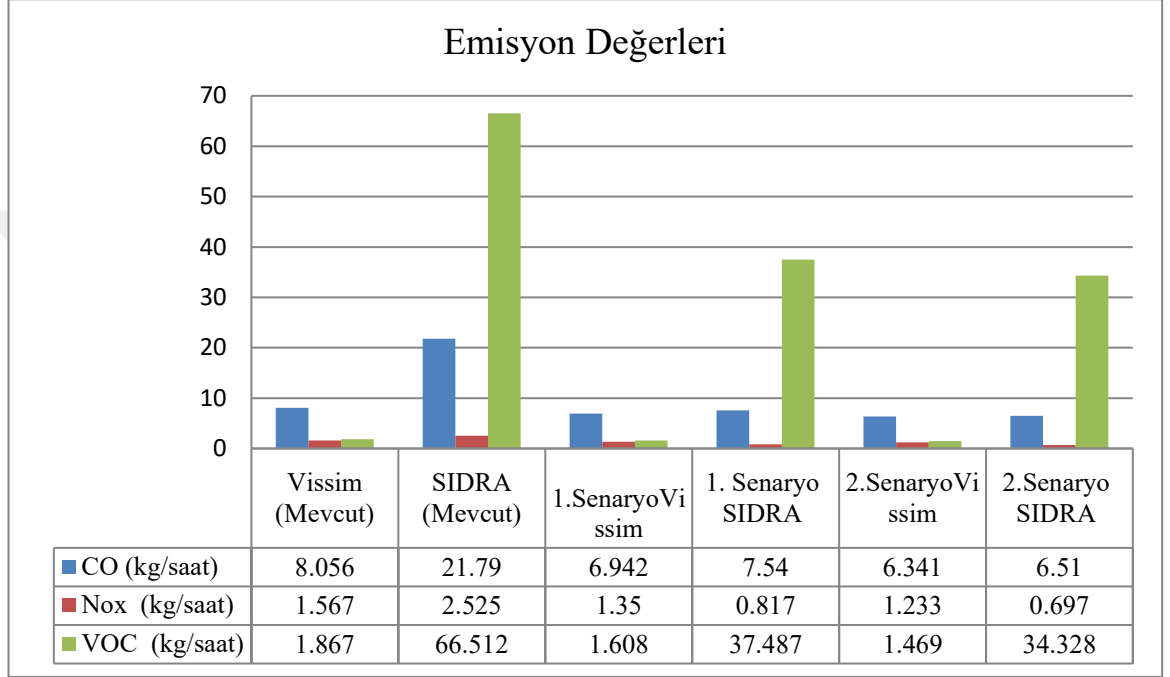
Çizelge 4.17. PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarının taşıt gecikmesinin karşılaştırılması



4.7.4. Emisyon Değerleri

PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarından elde edilen emisyon verileri Çizelge 4.18’de sunulmaktadır. Yapılan senaryo analizlerinden elde edilen sonuçlar, emisyon değerlerinde gözlemlenen azalma, önerilen senaryoların doğruluğunu ve etkinliğini desteklemektedir. Bu değerlerin azalmış olması hem ekonomik hem de çevresel açıdan büyük katkı sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar;

Çizelge 4.18. Emisyon değerleri



PTV Vissim simülasyon sonuçları karbon monoksit (CO) değerlerinde:

1. Senaryo :% 13 oranında azalma
2. Senaryo :% 21 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

SIDRA Intersection analitik model sonuçları karbon monoksit (CO) değerlerinde:

1. Senaryo :% 65 oranında azalma
2. Senaryo :% 70 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

PTV Vissim simülasyon sonuçları azot oksit (NOx) değerlerinde:

1. Senaryo : %13 oranında azalma
2. Senaryo : % 21 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

SIDRA Intersection analitik model sonuçları azot oksit (NOx) değerlerinde:

1. Senaryo : %67 oranında azalma

2. Senaryo : %72 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

PTV Vissim simülasyon sonuçları uçucu organik bileşik (VOx) değerlerinde:

1. Senaryo : %13 oranında azalma
2. Senaryo : %21 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

SIDRA Intersection analitik model sonuçları uçucu organik bileşik (VOx) değerlerinde:

1. Senaryo : %43 oranında azalma
2. Senaryo : %48 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

4.8. PTV Vissim Verileriyle Sanayi Kavşağı İçin Yakıt Maliyetinin Hesaplanması

Sanayi Kavşağı'nı kullanan araçların yaklaşık yakıt maliyetini hesaplamak amacıyla aşağıdaki adımlar izlenmiştir. Bu hesaplama, PTV Vissim simülasyon verileri ile güncel yakıt fiyatları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. SIDRA Intersection analitik modelleme programında ise güncel yakıt fiyatı veri olarak girildiği için simülasyon sonuçlarında yakıt maliyeti (Çizelge 4.19.) doğrudan elde edilmektedir.

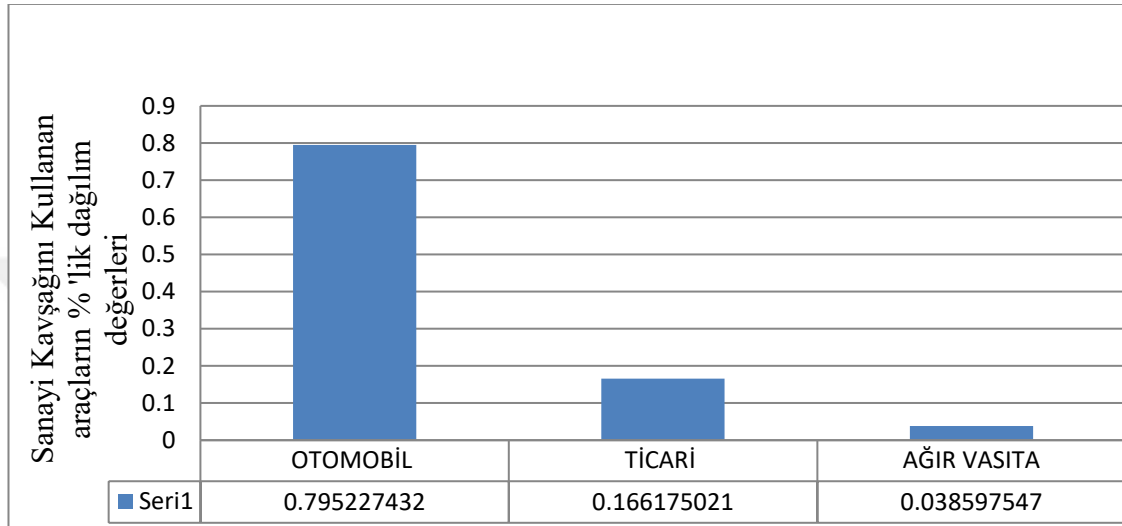
Çizelge 4.19. SIDRA Intersection emisyon verileri ve yakıt maliyeti a) mevcut durum, b) 1.Senaryo, c) 2. Senaryo

Fuel Consumption, Emissions & Cost (Total)							
Move ID	Turn	Fuel Total L/h	CO2 Total kg/h	CO Total kg/h	HC Total kg/h	NOx Total kg/h	Cost Total \$/h
South: Sırtapınan							
1	L2	682.3	1774.9	4.69	0.549	12.793	8520.59
2	T1	141.9	362.2	0.41	0.043	2.600	899.10
3	R2	11.5	29.6	0.03	0.003	0.211	60.05
Approach		835.7	2166.9	5.13	0.594	15.604	9479.74
East: Emekez							
4u	U	211.4	555.1	1.29	0.148	4.109	2229.01
4	L2	371.9	936.4	2.48	0.289	7.247	4271.08
5	T1	67.8	168.8	0.18	0.017	1.008	463.67
6	R2	29.0	73.6	0.08	0.008	0.514	186.68
Approach		680.1	1773.9	4.03	0.462	12.878	7158.43
North: Sanayi							
7	L2	1007.5	2602.5	7.03	0.828	18.441	13315.20
8	T1	150.6	391.7	0.36	0.036	2.854	753.60
9	R2	18.0	46.8	0.04	0.004	0.340	88.73
Approach		1176.1	3041.0	7.44	0.867	21.636	14157.53
West: İstasyon							
10u	U	239.4	619.1	1.58	0.185	4.356	3025.08
10	L2	451.0	1154.7	3.14	0.369	8.267	5592.59
11	T1	146.0	376.5	0.35	0.034	2.692	736.68
12	R2	58.6	151.8	0.13	0.013	1.079	251.59
Approach		895.1	2314.1	5.20	0.601	16.395	9979.93
All Vehicles		3586.9	9296.8	21.79	2.525	66.512	40775.62
a							
Fuel Consumption, Emissions & Cost (Total)							
Move ID	Turn	Fuel Total L/h	CO2 Total kg/h	CO Total kg/h	HC Total kg/h	NOx Total kg/h	Cost Total \$/h
South: Sırtapınan							
1	L2	339.3	863.6	1.59	0.187	6.393	2821.37
2	T1	118.6	297.7	0.28	0.028	2.107	624.35
3	R2	11.2	28.1	0.02	0.002	0.206	58.30
Approach		469.1	1219.4	1.81	0.197	8.706	3502.01
East: Emekez							
4u	U	128.5	332.2	0.48	0.059	2.450	899.59
4	L2	201.6	529.4	0.86	0.095	3.901	1565.38
5	T1	62.7	158.1	0.15	0.014	0.925	405.47
6	R2	25.8	65.6	0.06	0.006	0.459	145.46
Approach		418.7	1085.4	1.53	0.185	7.738	2675.99
North: Sanayi							
7	L2	452.5	1171.2	2.06	0.231	6.590	4098.94
8	T1	184.6	479.6	0.57	0.060	3.537	1143.37
9	R2	20.5	53.2	0.05	0.005	0.393	111.11
Approach		657.6	1704.1	2.68	0.296	10.429	5263.32
West: İstasyon							
10u	U	72.2	187.4	0.14	0.012	1.295	322.57
10	L2	112.6	291.2	0.22	0.019	2.072	495.44
11	T1	50.9	124.2	0.12	0.014	1.751	449.48
12	R2	15.5	39.5	0.03	0.003	0.484	118.17
Approach		469.7	1216.2	1.51	0.159	6.617	3139.90
All Vehicles		2011.1	5214.2	7.54	0.817	37.487	14881.13
Intersection		2011.1	5214.2	7.54	0.817	37.487	14881.13
b							
Fuel Consumption, Emissions & Cost (Total)							
Move ID	Turn	Fuel Total L/h	CO2 Total kg/h	CO Total kg/h	HC Total kg/h	NOx Total kg/h	Cost Total \$/h
South: Sırtapınan							
1	L2	325.5	847.6	1.37	0.152	6.134	2586.39
2	T1	114.8	293.2	0.28	0.027	2.071	606.43
3	R2	11.5	29.4	0.02	0.002	0.207	57.27
Approach		451.6	1170.1	1.68	0.181	8.412	3254.09
East: Emekez							
4u	U	122.3	321.2	0.42	0.045	2.367	792.10
4	L2	193.7	508.5	0.78	0.086	3.744	1436.45
5	T1	62.2	154.9	0.15	0.014	0.917	397.67
6	R2	25.8	65.5	0.06	0.006	0.459	144.15
Approach		403.9	1050.1	1.42	0.151	7.487	2772.37
North: Sanayi							
7	L2	435.4	1127.3	1.91	0.213	6.191	3716.45
8	T1	180.0	467.8	0.54	0.056	3.447	1079.07
9	R2	20.1	52.3	0.05	0.005	0.385	107.42
Approach		635.6	1647.3	2.50	0.274	12.023	4902.94
West: İstasyon							
10u	U	72.2	187.4	0.14	0.012	1.295	321.98
10	L2	112.6	291.2	0.22	0.019	2.072	493.58
11	T1	50.9	124.2	0.12	0.014	1.751	449.48
12	R2	15.5	39.5	0.03	0.003	0.484	118.17
Approach		349.9	906.2	0.92	0.091	6.405	1967.23
All Vehicles		1841.0	4773.7	6.51	0.697	34.328	12896.63
Intersection		1841.0	4773.7	6.51	0.697	34.328	12896.63
c							

4.8.1. Araçların yüzdelik dağılımı

İlk olarak, kavşağı kullanan araçların sayım verilerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak, araçların yüzdelik dağılımı (Çizelge 4.20.) hesaplanmıştır. Bu dağılım, farklı türdeki araçların kavşağı kullanma oranlarını yansıtır (örneğin, otomobil, hafif ticari araç, ağır vasıta vb.).

Çizelge 4.20. Sanayi Kavşağını kullanan araçların yüzdelik dağılım değerleri



4.8.2. Yakıt tüketim verilerinin dönüştürülmesi:

Simülasyon sonuçlarından elde edilen yakıt tüketim verileri, galon cinsinden raporlanmıştır. Bu veriler, Türkiye’de yaygın kullanılan ölçü birimine dönüştürülerek litre cinsine çevrilmiş ve böylece analiz daha anlaşılır hale gelmiştir.

4.8.3. Ortalama yakıt tüketimi

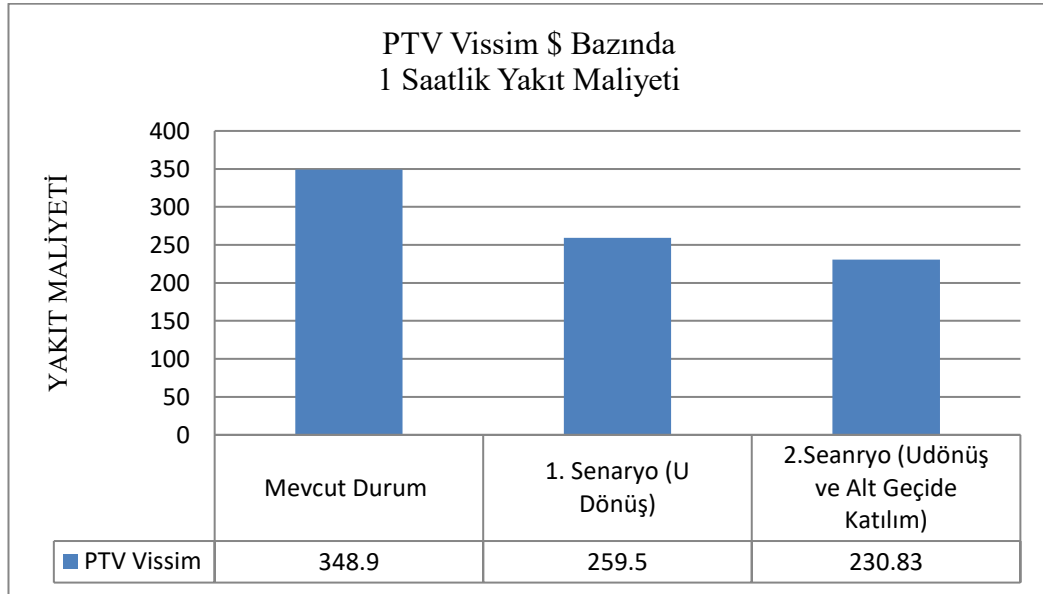
Güncel yakıt fiyatları, Petrol Ofisi verilerine dayalı olarak Çizelge 4.21’te sunulmuştur. Bu fiyatlar, benzin ve motorin gibi farklı yakıt türlerine göre belirlenmiştir. Sanayi Kavşağı’nın meskûn mahal sınırları içinde yer alması nedeniyle, araçların 1 saat boyunca ortalama 50 km/s hızla hareket ettiği varsayılmış ve buna göre 1 saatlik ortalama yakıt tüketimi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.21. Araçların Yakıt Tüketim Fiyatları (2025/Mayıs)

Araç Türü	Yakıt Türü	Tüketim (lt/100 km)	Saatteki Tüketim (lt)	Litre Fiyatı (TL)	1 Saatlik Yakıt Maliyeti TL	1 Saatlik Yakıt Maliyeti \$ (1 ABD Doları = 39 TL)	Kavşakta Bir Taşıtın Ortalama Yakıt Maliyeti(\$)
Otomobil	Benzin	6	3	46,44	139,32	3.57	4.47
Kamyonet	Dizel	10	5	45	225	5.77	
Kamyon	Dizel	30	15	45	675 TL	17.31	

4.8.4. Yakıt Maliyeti Hesaplaması:

Araç türlerinin yüzdelik dağılımları ile yakıt türlerine ait fiyatlar çarpılarak, kavşaktan geçen ortalama bir aracın birim yakıt maliyeti hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, Sanayi Kavşağı'nı kullanan bir aracın yaklaşık yakıt maliyeti 4,47 ABD doları olarak belirlenmiştir. PTV Vissim verilerine dayalı olarak gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarına göre, mevcut durum ve iki farklı senaryoya ait bir saatlik yakıt maliyetleri Çizelge 4.22'da sunulmaktadır.

Çizelge 4.22. Sanayi Kavşağının PTV Vissim verileri ile hazırlanan dolar bazında (\$) saatlik yaklaşık yakıt maliyeti

PTV Vissim programından elde edilen veriler ile SIDRA Intersection programı elde edilen yakıt maliyeti sonuçları karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.23). Karşılaştırma

sonucunda, SIDRA Intersection programı ile elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu fark, kullanılan programlarının yapısal/yazılımsal farklılıklarından kaynaklandığı ve bunlara ilaveten, PTV Vissim'in simülasyon, SIDRA Intersection'un ise analitik modelleme programı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, önerilen senaryolar doğrultusunda yakıt maliyetlerinde azalma olduğu belirlenmiştir.

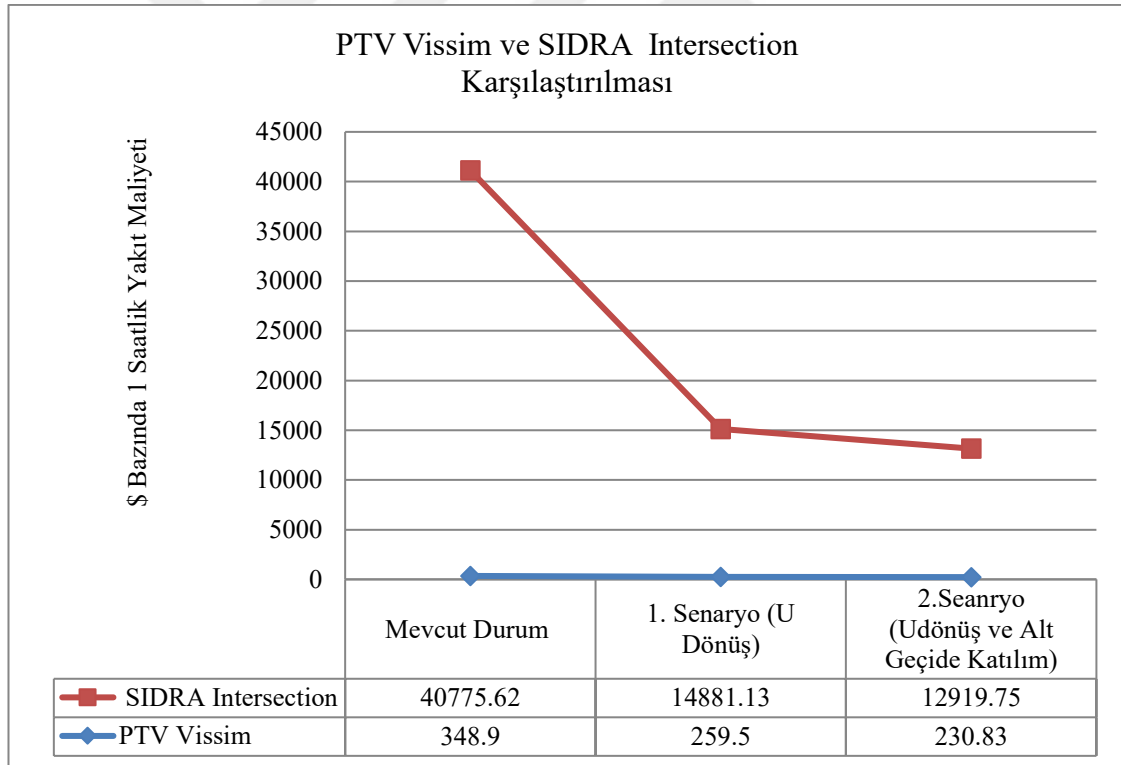
PTV Vissim simülasyon sonucu, yakıt maliyeti değerleri:

1. Senaryo : %25 oranında azalma
2. Senaryo : %33 oranında yakıt maliyetinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

SIDRA Intersection analitik model sonucu, yakıt maliyeti değerleri:

1. Senaryo : %63 oranında azalma
2. Senaryo : %68 oranında yakıt maliyetinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Sanayi Kavşağı'nın, PTV Vissim ve SIDRA Intersection programlarından elde edilen veriler doğrultusunda dolar (\$) bazında saatlik yaklaşık yakıt maliyeti



4.9. Tezde Kullanılan Simülasyon Programlarının Dikkat Çeken Özellikleri

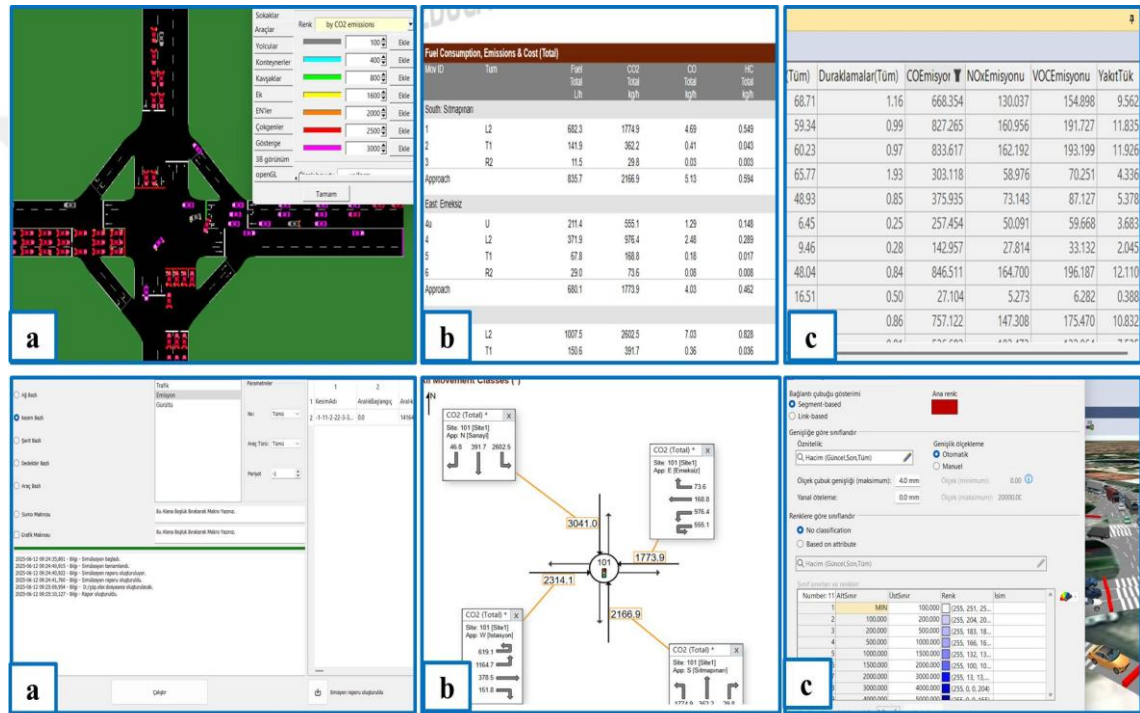
PTV Vissim, SIDRA Intersection ve SUMO programları tez kapsamında kullanılmış ve öneri senaryoları sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tez kapsamında kullanılan bu programların dikkat çeken özelliklerine değinilmeye çalışılmıştır (Çizelge 4.24.). Çizelge hazırlanırken

Çizelge 4.24. PTV Vissim, SIDRA, SUMO programlarını özellikleri

Genel özellikler	PTV Vissim	SIDRA	SUMO
Açık kaynak	X	X	√
Windows Tabanlı	√	√	√
Linux Tabanlı	√	√	√
Detaylı Dokümantasyon	√	√ (Çok Detaylı)	√
Otomatik Ağ Sistemi	X	√	√
Manuel Ağ Sistemi	√	√	√
Araç Modelleme Yeteneği	√	X	√
Sınırsız/Büyük Yol Ağı Modellemesi	√	50 Kavşağa Kadar	√
Grafik Simülasyon 2D	√	√	√
Grafik Simülasyon 3D	√(İleri Seviye)	X	√(Sınırlı)
Raporlama	√	√	√
Toplu Taşıma	√	√	√
Senaryo Yönetimi	√	√	√
Yaya Modellemesi	√	√	√
Araba Takip Modeli	Wiedemann modeli	Analitik model	Krauss modeli

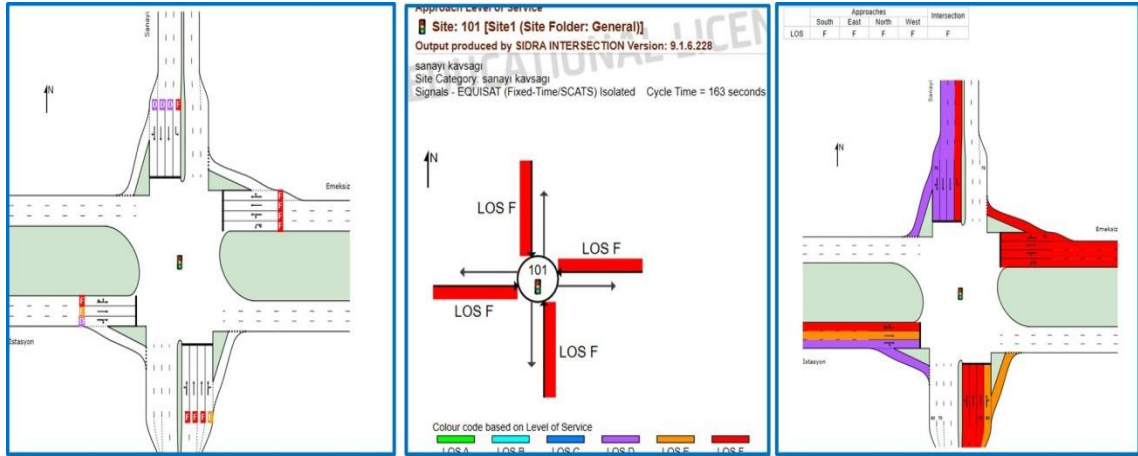
4.9.1. Raporlama

Tezde kullanılan üç farklı ulaşım analiz/yazılım programı, raporlama özellikleri açısından birbirinden farklılık göstermektedir. Emisyon değerlerine ait rapor çıktıları Şekil 4.10'da yer almaktadır. SUMO ve PTV Vissim simülasyon programlarında, kavşaklara ait video görselleri raporlar aracılığıyla elde edilebilmektedir. Bu video görselli, özellikle yerel yönetimlerde yapılan toplantı ve sunumlarda, karar vericilere mevcut durumu daha net aktarabilme imkânı sunmaktadır. Buna karşılık, oldukça ayrıntılı raporlama imkânı sunan SIDRA Intersection analitik modelleme programında bu tür bir 3D video özelliği bulunmamaktadır. Çünkü SIDRA Intersection simülasyon programı değil analitik modelleme programıdır.



Şekil 4.10. Simülasyon programlarının karbon emisyon değerlerinin çıktısı, a) SUMO, b) SIDRA, c) PTV Vissim

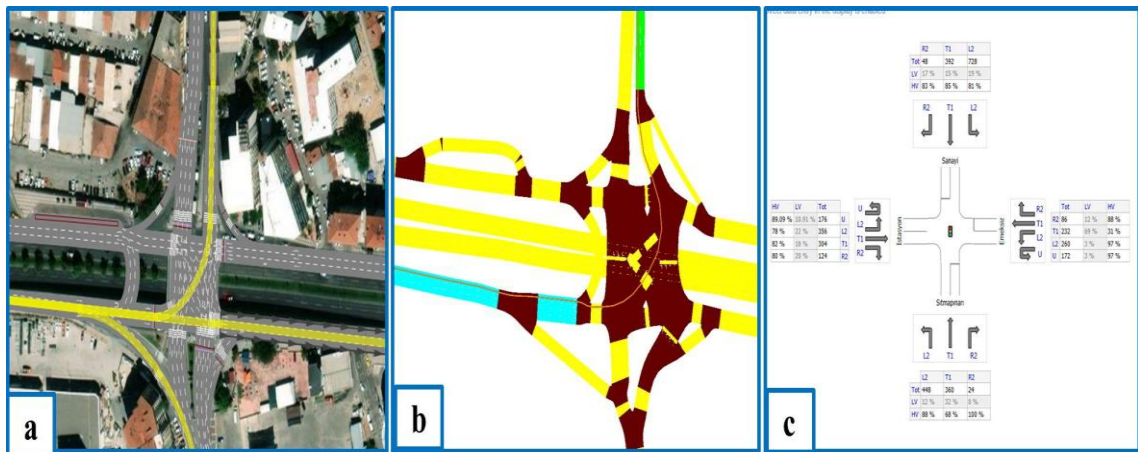
SIDRA Intersection analitik modelleme programı, sunduğu ayrıntılı raporlama olanakları ve bu raporların kullanıcı dostu bir biçimde erişilebilir olması sayesinde kullanıcılar için önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Şekil 4.11'de, SIDRA Intersection programı aracılığıyla aynı kavşak ve aynı senaryo için elde edilen hizmet düzeyi rapor çıktılarının görselleri yer almaktadır. Aynı sonuçların farklı biçimlerde sunulması, yapılan toplantı ve sunumlarda dinleyicilerin dikkat dağınıklığını önlemekte ve elde edilen bulguların ilgililere daha anlaşılır şekilde aktarılmasına katkı sağlamaktadır.



Şekil 4.11. . Hizmet seviyesinin SIDRA Intersection programı ile detaylı gösterim şekilleri (hizmet seviyesini tablolar halinde de sunmaktadır).

4.9.2. Rota Atama

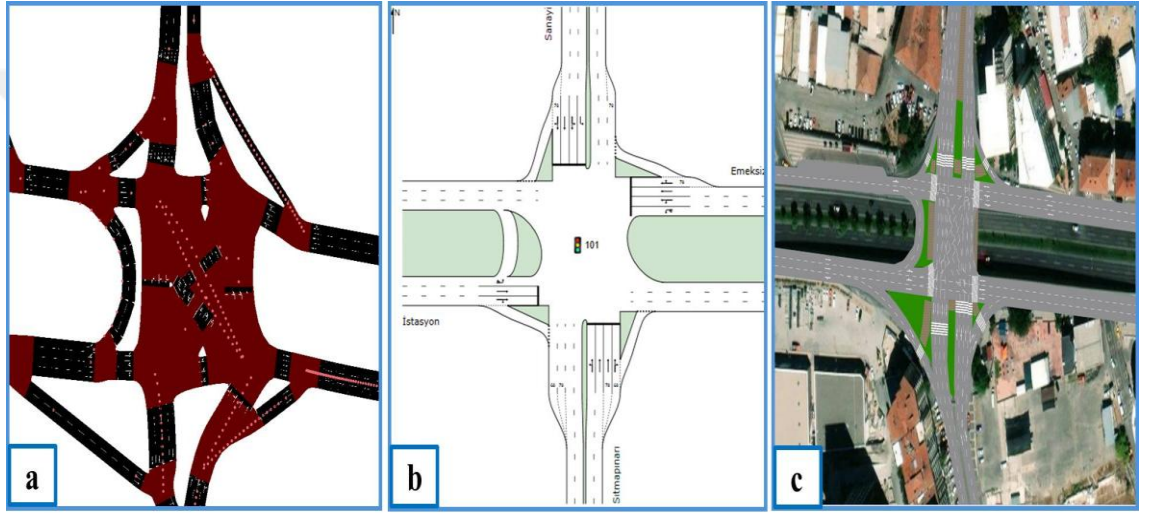
Simülasyon programları arasındaki bir diğer önemli fark, rota atama yöntemleridir. Bu tez çalışmasında kullanılan PTV Vissim (Şekil 4.12.a) ve SUMO (Şekil 4.12.b) programlarında rota ataması yön (movement) bazlı olarak gerçekleştirilirken, SIDRA Intersection programında bu atama şerit (lane) bazlı yapılmaktadır (Şekil 4.12.c). Bu durum, özellikle detaylı şerit kullanımı analizleri ve mikro ölçekte trafik davranışlarının incelenmesi açısından SIDRA Intersection analitik modelleme programını diğer ulaşım yazılım programlarından ayırmaktadır. Yön bazlı atama, sürücü davranışlarını daha ayrıntılı inceleme olanağı sunarken; şerit bazlı atama, matematiksel hesaplamalarda ve analiz süreçlerinde daha fazla kolaylık sağlamaktadır. Bu farklılık, elde edilen kuyruk uzunluğu ve taşıt gecikmesi sonuçlarında daha belirgin şekilde gözlemlenmektedir.



Şekil 4.12. Simülasyon Programlarının rota atama görselleri, a) PTV Vissim, b) SUMO, b)SIDRA Intersection

4.9.3. Tasarım

Tez çalışmasında yapılan Sanayi Kavşağı'na ait tasarımlar, ulaşım yazılım programlarında farklı şekillerde oluşturulmuş olup, bu tasarımlar Şekil 4.13'te sunulmuştur. SUMO programı, kendi içinde yalnızca belirli standart kavşak tasarımlarına izin vermektedir (Şekil 4.13.a). SIDRA Intersection programı ise kullanıcıya çeşitli kavşak türleri arasından seçim yapma (hazır şablon) imkânı sunmakta olup, bu tez kapsamında kullanılan kavşak tasarımı Şekil 4.13.b'de gösterilmektedir. PTV Vissim programında ise gerçek dünya koşullarına daha yakın ve detaylı bir kavşak tasarımı gerçekleştirilebilmiştir (Şekil 4.13.c). Bu farklılıklar, programların esneklik düzeyleri ve modelleme kabiliyetleri açısından önemli karşılaştırma noktaları sunmaktadır. Bu çalışmada en esnek ve modelleme imkanı sunan program PTV Vissim' dir.



Şekil 4.13. Sanayi Kavşağı'nın tasarımı, a)SUMO b)SIDRA Intersection, c)PTV Vissim

4.9.4. Sinyal Zaman Diyagramları

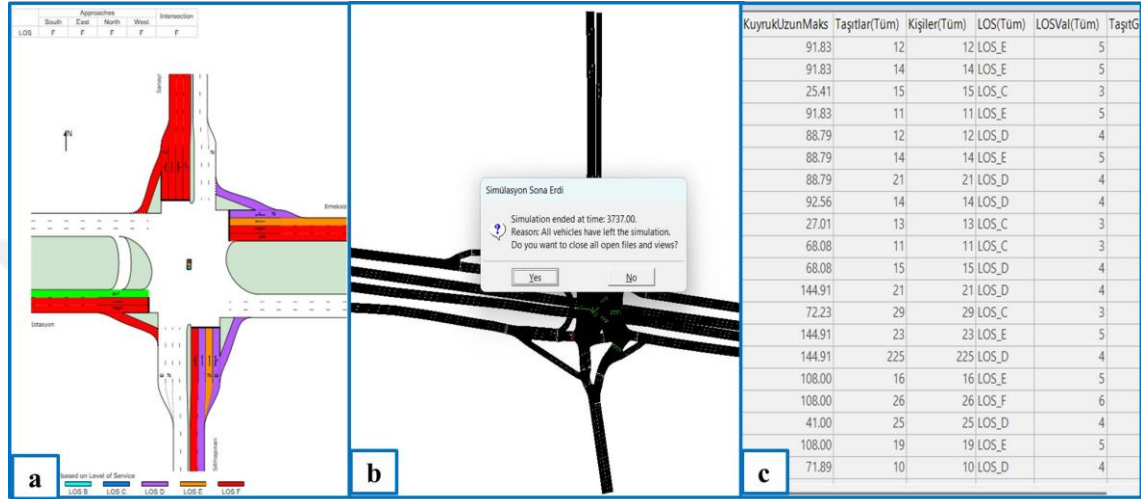
Kullanılan programlardaki önemli farklılıklardan biri de, sinyalizasyon zaman diyagramlarıdır. SUMO programına ait sinyalizasyon zaman diyagramının, tezde kullanılan diğer simülasyon programlarından farklılığı Şekil 4.16'da daha net bir şekilde ortaya koymaktadır. SUMO programında, Şekil 4.16.a'da gösterilen sinyal diyagramı şerit bazlıdır; bu sayede her şerit için ayrı sinyal süresi atanabilmektedir. Buna karşılık, SIDRA Intersection (Şekil 4.16.c) ve PTV Vissim (Şekil 4.16.d) programlarında sinyalizasyon süre atamaları zaman bazlı olarak gerçekleştirilmektedir. SUMO da her bir şerit için sinyal diyagramını hazırlamak oldukça zordur (tezde 73 tane diyagram kullanılmıştır) ama PTV Vissim ve SIDRA Intersection da buna hazırlamak daha kolaydır. SUMO trafik sinyalizasyon düzenlemesi Şekil 4.16.a'da, gösterilmekte olup bu görselde 'r' harfi kırmızı fazı, 'y' sarı fazı ve 'G' yeşil fazı temsil etmektedir. Bununla birlikte, SUMO programının sinyal devre sürelerine ilişkin 3D görselleştirmesi (Şekil 4.16.b), PTV Vissim'in 3D gösterimiyle (Şekil 4.16.f) benzerlik taşımaktadır. Ancak, SIDRA Intersection programında (Şekil 4.16.d) bu tür bir 3D görselleştirme bulunmamakta ama daha farklı bir gösterim sunulmaktadır.



Şekil 4.14. Tezde kullanılan programların zaman diyagramları, a) SUMO sinyal diyagramı, b) SUMO 3D sinyal gösterimi, c) SIDRA Intersection sinyal diyagramı, d) SIDRA Intersection yön bazlı sinyal diyagramı, e) PTV Vissim sinyal diyagramı, f) PTV Vissim'in 3D sinyal gösterimi

4.9.5. Hizmet Düzeyinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında kullanılan programlar arasındaki en önemli farklardan biri, SUMO'nun simülasyon döngü süresidir (Şekil 4.15.b). Diğer programlarda, belirlenen zaman aralığı içerisinde kavşaktan geçen araçların sayısı tamamlanmazsa, bu araçların kavşağa dahil olmadığı kabul edilir ve bu durum program çıktılarında gözlemlenebilir. Ancak SUMO' da, simülasyon döngüsü, tüm araçlar simülasyonu tamamlayana kadar devam etmekte ve bu durum, simülasyon süresinin uzamasına neden olmaktadır.



Şekil 4.15. Hizmet düzeylerinin belirlenmesi, a) SIDRA Intersection, b) SUMO, c) PTV Vissim

Buna ek olarak, SUMO ile yapılan analizlerde hizmet seviyesinin belirlenebilmesi için zaman bazlı değil, araç bazlı bir değerlendirme yaklaşımı benimsenmesi gerektiği düşünülmektedir. Çünkü SUMO programında hizmet düzeyine ilişkin sonuçlar doğrudan program raporları aracılığıyla elde edilememektedir. Ancak, SUMO'nun Türkiye Teknik Ekibi bu konuda geliştirme çalışmaları yapılacağını belirtmiştir. Öte yandan, diğer programlarda hizmet seviyesinin belirlenmesi daha kolaydır. Özellikle SIDRA Intersection analitik modelde, her bir şerit için hizmet seviyesini ayrı ayrı belirleyebilmekte ve bunu görsel çıktılarla sunabilmektedir. Bu durum, SIDRA Intersection programının öne çıkan özelliklerinden biridir. PTV Vissim' in hizmet seviyesi değerleri simülasyon sonuçlarından elde edilebilmektedir.

5. SONUÇLAR

Tez çalışmasında, Kömür Tevzi Yolu ve Sanayi Kavşağı'ndaki sorunların tespiti amacıyla yerinde detaylı incelemeler yapılmıştır. Halihazır ve imar planları incelenerek, trafik güvenliğini artırmaya yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur. Hazırlanan geometrik düzenleme projesi, Karayolları Tasarım El Kitabı dikkate alınarak hazırlanmış, tasarımın uygunluğu ise 'Vehicle Tracking' programı ile test edilmiştir. Ancak tez süresi boyunca proje aplikasyonu sahada gerçekleştirilemediğinden, uygulamaya yönelik bir değerlendirme yapılamamıştır.

Tez kapsamında üç farklı ulaşım yazılım programı kullanılmıştır. Bu programlar; SUMO, SIDRA Intersection ve PTV Vissim' dir. Her bir program aracılığıyla mevcut durumun yanı sıra iki farklı senaryo için Sanayi Kavşağı'na yönelik analizler yapılarak, önerilen senaryo sonuçları değerlendirilmiştir.

- Birinci senaryoda, Sanayi Kavşağı'ndaki tabliyenin genişletilerek 'U' dönüşüne uygun hale getirilmesi değerlendirilmiştir.
- İkinci senaryoda, Malatya Park AVM ve GTM' den çıkan araçların alt geçide yönlendirilmesiyle trafik yükünün azaltılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, İstasyon yönünden gelip Emeksiz Kavşağı'na giden araçların %50 oranında alt geçide yönlendirildiği öneri senaryosu gerçekleştirilmiştir.

SUMO

SUMO simülasyon programı ile Sanayi Kavşağı'na ait mevcut durum ve iki farklı senaryo için simülasyon gerçekleştirilmek istenmiş, ancak kavşak tasarımı yapılamadığı için değerlendirmeye alınamamıştır. Sanayi Kavşağı, betonarme tabliyeli özel bir yapıya sahiptir. Bu özel tasarım, SUMO programı tarafından doğrudan desteklenmemektedir. Çünkü SUMO, yalnızca bünyesinde yer alan standart şablonlar üzerinden kavşak modellemelerine izin vermektedir. Bu nedenle, tez kapsamında yer alan özel kavşak modeli SUMO' da oluşturulamamıştır.

SIDRA Intersection

SIDRA Intersection analitik modelleme programında, kavşağın analiz edilebilmesi için tasarımlar yapılmıştır. Çalışma kapsamında, mevcut durumun yanı sıra iki farklı senaryo ele alınmıştır. Mevcut durumda hizmet seviyesi 'F' olarak belirlenmiştir. Uygulanan iki senaryoda, hizmet seviyesi için bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Buna ilaveten, hizmet seviyesini etkileyen kuyruk uzunluğu ve gecikme süresinde ciddi azalmalar tespit edilmiştir.

PTV Vissim

PTV Vissim programında da diğer ulaşım yazılım programlarında olduğu gibi öneri senaryoları analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında mevcut durumun yanı sıra iki

farklı senaryo incelenmiştir. Mevcut durumda, hizmet seviyesi ‘F’ olarak belirlenmiştir. Birinci senaryoda, Sanayi Kavşağı’nda tabliyenin yetersiz olması nedeniyle sola dönüş cebi eklenmiş ve bu düzenleme simülasyonla analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda, hizmet seviyesinin ‘F’den ‘D’ ye yükseldiği tespit edilmiştir. İkinci senaryoda ise, Malatya Park AVM ve GTM’ den çıkan araçların alt geçide yönlendirilmesi durumu ele alınmıştır. Bu kapsamda, İstasyon yönünden gelen ve Emeksiz yönüne giden araçların %50’sinin alt geçidi kullandığı varsayımıyla yapılan simülasyon sonucunda, hizmet seviyesinin ‘D’den ‘E’ ye yükseldiği belirlenmiştir.

Simülasyon ve analitik model sonuçlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması

PTV Vissim:

- Mevcut Durum: Seviye ‘F’
- 1. Senaryo: Seviye ‘E’
- 2. Senaryo: Seviye ‘D’

SIDRA Intersection:

- Mevcut Durum: Seviye ‘F’
- 1. Senaryo: Seviye ‘F’
- 2. Senaryo: Seviye ‘F’

Hizmet seviyesini etkileyen kritik göstergeler:

- Kuyruk uzunluğu değerinde % 33,88 oranında azalma,
- Taşıt gecikmesinde %51,75 oranında azalma,

Simülasyon ve analitik model sonuçlarına göre senaryo ortalamalarında elde edilen emisyon verileri:

- CO emisyonunda %42,65 oranında azalma,
- NOx emisyonunda %43,25 oranında azalma,
- VOx emisyonunda %31,8 oranında azalma,

Yakıt maliyetine ilişkin bulgular:

- Senaryolar sonucunda ortalama yakıt maliyetinde %47,82 oranında azalma belirlenmiştir.

Emisyon değerlerinde elde edilen düşüş, hizmet seviyesini doğrudan etkileyen taşıt gecikmesi ve kuyruk uzunluğu gibi parametrelerdeki iyileşmelerle paralellik göstermektedir. Bu iyileşmeler, yakıt tüketiminde ve dolayısıyla maliyetlerinde de kayda değer azalmalar yaratmıştır. Özellikle 2. senaryo verilerine göre, alt geçit katılımları sayesinde Sanayi Kavşağı’ndaki trafik yoğunluğu ciddi şekilde azalacak. Ayrıca, İnönü Caddesi üzerinden İstasyon Kavşağı’na yönelmek isteyen araç sayısının düşmesi, hem

İnönü Caddesinde hem de İstasyon Kavşağı'nda da kısmi bir rahatlama sağlayacaktır. Bu sayede her iki kavşak ve cadde üzerinde trafik akışı daha düzenli ve verimli olacaktır.

Simülasyon Programlarının Değerlendirilmesi

SUMO

SUMO simülasyon programında, tez kapsamında ele alınan kavşak tasarımı tam olarak gerçekleştirilememiş olsa da, program teknik özellikler açısından oldukça kapsamlıdır. SUMO'nun açık kaynak kodlu bir yazılım olması, herkesin erişimine açık olmasını sağlamakta ve bu sayede birçok birey, kurum ve kuruluşun programın gelişimine katkı sunmasına imkân tanımaktadır. Tasarım aşamasında, harita altlığının sisteme sabitlenmesini sağlayan bir hizalama veya sabitleme aracının bulunması, kavşak modellemesini tasarımcı açısından kolaylaştırır. Özellikle geniş yol ağı oluşturma yeteneği, toplu taşıma planlamasında yerel yönetimlere önemli avantajlar sunmaktadır. 3D görselleştirme özelliği, detaylı raporlama imkânı ve yerel şoför davranışlarının kalibrasyon sürecinde parametrelerle uyumlu şekilde düzenlenebilmesi, SUMO'nun zamanla daha gelişmiş ve gerçekçi simülasyon sonuçları üretebileceğini göstermektedir.

SIDRA Intersection

Tasarım açısından en kolay program SIDRA Intersection' dır. Bunun temel nedeni, programın kendi bünyesinde çeşitli kavşak türlerine ait çok sayıda hazır şablon bulundurmasıdır. Program, kullanıcıya tek tuşla erişilebilen oldukça detaylı raporlar sunabilme kapasitesine sahiptir. Ancak, bu kadar kapsamlı raporlama yeteneğine sahip bir yazılımda 3D görselleştirme özelliğinin bulunmaması, önemli bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, program bünyesinde çeşitli standart kavşak şablonları sunulmaktadır. Ancak, kullanıcıya özgün kavşak tasarımları oluşturma esnekliği tanınması, daha gerçekçi ve yerel koşullara uygun trafik modellemelerinin yapılmasını mümkün kılar.

PTV Vissim

PTV Vissim programı, tez kapsamında kullanılan diğer ulaşım yazılım programlarıyla karşılaştırıldığında, en gerçekçi trafik modeli oluşturan yazılım olmuştur. Bu programın sürücü davranışlarını gelişen teknoloji ve gözlemler doğrultusunda güncelleyebilme kapasitesi, modelin gerçekçiliğini artırma açısından önemli bir avantajdır. Örneğin, günümüzde sürücülerin kırmızı ışıktaki beklerken mobil cihazlarıyla meşgul olmaları, araçların yeşil ışıktaki harekete geçme süresini geciktirmektedir. Bu tür davranışların simülasyona yüzdelik olarak yansıtılması, bölgesel sürücü alışkanlıklarına göre daha gerçekçi bir model oluşturulmasına katkı sağlar. Aynı şekilde, agresif sürüş davranışları, ani şerit değişimi, yetersiz takip mesafesi gibi dikkate alınarak tasarlanan bir sürüş modeli, simülasyonun mikro ölçeğe daha doğru sonuçlar vermesine katkı sunar.

6. KAYNAKLAR

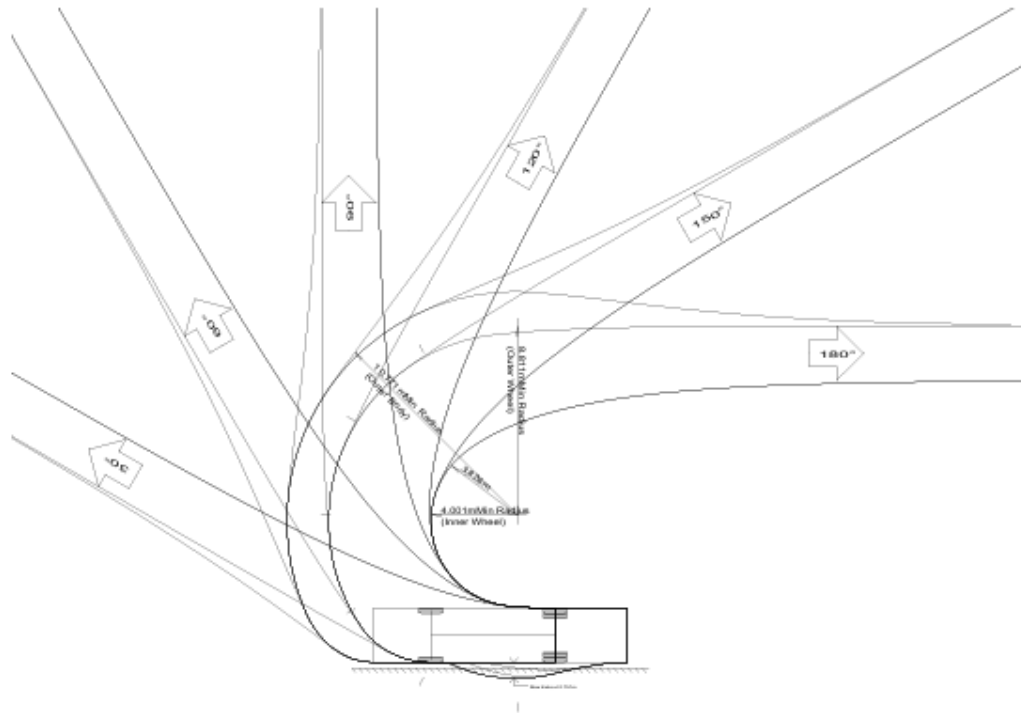
- KGM 2016. Karayolları Tasarımı El Kitabı 297 s.
- KGM Mart 2022. Karayollarında Ağır Taşıt Trafiğinin ve Yük Taşımacılığının Özellikleri ve Eğilimleri 136 s.
- Akçelik, R. (2005, Mayıs). Capacity and Performance Analysis of Roundabout Metering Signals. Paper presented at the TRB National Roundabout Conference, Vail, CO, USA.
- Garber, J.N., Hoel, L.A, Traffic Signal Timing Optimization Analysis and Practice, USA, 2009
- Akmaz, M.M. 2012. Konya'nın Önemli Sinyalize Kavşaklarının Bilgisayar Programı İle İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Karagöz, T. G. 2018. Kent İçi Sinyalize Eşdüzey Kavşaklarda Sinyalizasyon Sisteminin Modellenmesi ile Trafik Akışının İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 80 s.
- Özge, K.V. 2010. Kavşak iyileştirme seçeneklerinin simülasyon tekniğiyle değerlendirilmesi: İstanbul Cendere Yolu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 104 s.
- Duman, Z.N. 2022. Koordine Kavşaklarda Sinyalizasyon Sistemine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 143 s.
- Ahadi, S. 2019. Vissim Yazılımı Kullanarak Mezar-1-Şerif (Afganistan) Örnek Çalışması İçerikli Kavşak Gecikme Analizleri, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 138 s.
- SARI, F.A. 2021. Kavşaklarda Trafik Simülasyon Tekniklerinin Kullanılması ve Simülasyon Programlarının Karşılaştırmalı Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 118s.
- Niloy, M. T. A. 2017. Actuated signal timing optimization for a no-notice evacuation: A simulation study of residents near the phillips 66 oil refinery in wood river, illinois (Order No. 10273620). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global, 137 s.
- Öztürk, E.A., Çubuk, M.K., Hatipoğlu, S., (2008) Ankara İçin Bir Sinyal Zamanlaması Modeli: Beşevler Kavşağı Örneği (Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt.12, sa.1, ss.49-57, 2008 Hakemli Dergi)
- Erdmann, J., Krajewicz, Daniel., SUMO's Road Intersection Model, Institute of Transportation Systems, German Aerospace Center, Berlin, Germany 2014
- Manoj K. Jha Morgan State University, USA Hellon G. Ogallo Maryland State Highway

Administration, USA

- Zeydan, Ö., Polat, M., Bayık, G. D., Tanış, M. 2017. Sidra Intersection Programı ile Kavşak İyileştirmesinin Taşıt Emisyon Miktarlarına Etkisi: Zonguldak Örneği, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım, Antalya, 438-449.
- Ziboon, A. R. T., Qasim, Z. I., Yousif, M. A. 2019. Traffic Performance Evaluation and Analysis of Al-Fallah Intersection in Baghdad City Utilizing Synchro 10 Software. Journal of Engineering and Sustainable Development, 23(06), 25-34.
- Huda M. Al-Murshidy, Hussein A. Ewadh and Raid R. A. Almuhanha (2019), Evaluation Al-Safeena and Sayed Jawda Intersections in Kerbala City , International Conference on Civil and Environmental Engineering Technologies , 584 (2019) 012062
- Kart, Ö., Genç, O. Ç. & Basciftci, F., (2021). Speed Compatible Green Wave Corridor with The Internet of Things. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Special Issue 2021 (ICAENS), 411-416
- Çıldır A., Kahriman M., Tığdemir M., (2022). İdeal Trafik Işık Devre Süresi İçin Kavşak Taşıt Gecikmesi Optimizasyonu, Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind., 6(1): 126-136
- Adeke, P. T., Etika, A., Atoo, A. A. ,(2020) Capacity And Performance Assessment of Wurukum Roundabout in Makurdi Metropolis: A Comparative Study Using Arcady and Sidra Intersection Software (Arid Zone Journal Of Engineering, Technology & Environment)
- Kareem,M.L., Alkaissi,Z.A., (2024) Traffic Condition Comparison Of Signalized Intersections Using SIDRA and Synchronized Software) Depsanat of Road and Transportation Engineering, Faculty of Engineering, Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq
- PTV Group. (2024). PTV Vissim 2025 <https://www.ptvgroup.com> [Son erişim tarihi: 04.04.2025].
- Eclipse SUMO Hakkında : <https://eclipse.dev/sumo/about/> [Son erişim tarihi:05.06.2025].
- Sidra Intersection : <https://www.sidrasolutions.com/>[Son erişim tarihi: 05.06.2025].
- Petrol Ofisi Akaryakıt Fiyatları: <https://www.petrolofisi.com.tr/akaryakit-fiyatlari> [Son erişim tarihi: 20.05.2025].

7. EKLER

Ek 1. Vehicle Tracking Programı Raporu



Autodesk Vehicle Tracking (© 2015 Autodesk, Inc. www.autodesk.com)

Note:

Turn(s) based upon a design speed of 5.00km/h. After transition, center of front axle follows smallest possible circular arc. Curb is located 0.30m from the vehicle. Maximum kick out distance is 0.751m. Starting the vehicle crosses the curb.

Title:
Mercedes Benz Citaro Bus

Scale:
1:250

Date:

Ek 2.1. SUMO Programı Veri Örneği

SUMO KESİM (MEVCUT) BAZLI TRAFİK VERİLERİ																	
	KesimAdı	TaşıtS ayısı	Ortala maHız	Yoğunlu k	İşgaliye	OrtalamaS eyahatSüre	ToplamG ecikme	ToplamDurm aGecikmesi	AralıkBaşla ngiç	AralıkBit iş	Kimlik	Vara n	Kalk an	danŞeritD eğiş	yaŞeritDe ğiş	ŞeritYoğunlu k	Ayrılan
0	-340604682#1	778	20.1	10.87	2.58	4.38	307.28	0	0	3738	123	778	0	0	0	5.44	0
1	1	0	14.34	17.96	2.97	14.09	6427.5	0	0	3738	123	0	963	208	208	5.99	963
2	1-1	176	4.14	12.68	2.95	10.24	1428.52	822	0	3738	123	0	0	12	12	6.34	176
3	1-2	357	6.84	16.55	1.87	1.04	276.72	0	0	3738	123	0	0	2	2	5.52	357
4	1-3	1231	23.14	14.53	2.36	9.35	1843.88	0	0	3738	123	1222	0	0	0	4.84	0
5	1-4	125	4.97	7.19	1.71	12.14	1247.7	803	0	3738	123	0	0	0	0	3.6	125
6	11	838	13.16	19.65	2.08	1.98	1025.78	0	0	3738	123	0	0	93	93	4.91	838
7	11.40	662	0.34	284.37	44.4	32.61	8312.2	7236.95	0	3738	123	0	0	18	18	94.79	526
8	113	478	1.72	153.9	12.3	3.05	1558.32	859	0	3738	123	0	0	7	7	51.3	442
9	114	1207	13.87	38.47	3.71	0.51	485.72	0	0	3738	123	0	0	3	3	12.82	1184
10	1265989664#2	778	15.68	27.9	2.2	0.29	134.31	0	0	3738	123	0	0	0	0	9.3	777
11	2	0	9.38	32.08	5.32	23.08	14894.78	6746	0	3738	123	0	1169	1377	1377	10.69	1169
12	2-1	48	1.47	9.49	2.25	13.75	542.79	384	0	3738	123	0	0	0	0	4.74	48
13	2-3	729	4.62	62	5.72	0.36	775.52	1	0	3738	123	0	0	1	1	20.67	728
14	2-4	653	15.67	14.01	1.39	1.23	285.31	0	0	3738	123	0	0	9	9	3.5	651
15	276872377	0							0	3738	123	0	0	0	0		0
16	3	0	11.5	17.39	2.76	17.17	8216.77	2231	0	3738	123	0	754	376	376	5.8	754
17	3-1	681	14.45	20.16	2.09	0.58	297.01	0	0	3738	123	0	0	0	0	6.72	681
18	3-2	87	3.26	7.48	3.58	16.61	1265.65	865	0	3738	123	0	0	0	0	7.48	87
19	3-4	352	4.43	29.63	2.86	0.72	334.58	46	0	3738	123	0	0	5	5	9.88	347
20	31	667	0.35	325.56	50.39	30.9	9266.47	8051.39	0	3738	123	0	0	8	8	108.52	542
21	340604517#1	361	4.03	66.17	3.79	0.63	436.34	92	0	3738	123	0	0	2	2	22.06	360
22	340604517#2	474	4.31	533.33	3.56	0.33	447.26	54	0	3738	123	0	0	26	26	133.33	472
23	340604518#2	406	2.73	533.33	4.76	1.64	627.53	202	0	3738	123	0	0	0	0	133.33	370
24	340604682#1	0	9.72	22.87	5.63	9.29	4218.16	0	0	3738	123	0	832	8	8	11.43	832
25	377966194#1.360	0							0	3738	123	0	0	0	0		0
26	4	832	13.61	24.6	2.94	0.76	344.03	152	0	3738	123	0	0	4	4	8.2	832
27	4-1	402	4.66	32.7	3.07	0.35	402.16	10	0	3738	123	0	0	0	0	10.9	401
28	4-3	24	1.03	8.05	1.93	19.63	480.24	387	0	3738	123	0	0	1	1	4.02	24
29	41	808	1.79	533.33	4.09	0.85	572.14	189.15	0	3738	123	0	0	0	0	133.33	532
30	5465+	1121	0.35	472.42	55.93	31.15	11748.04	10522.62	0	3738	123	0	0	28	28	118.11	505
31	570637255	717	16.84	13.63	1.89	1.49	302.27	0	0	3738	123	0	0	6	6	4.54	711
32	59719247#1	804	20.65	10.64	2.6	9.95	548.02	0	0	3738	123	796	0	0	0	5.32	0
33	728052290#1	905	16.68	17.95	2.41	1.28	558.56	0	0	3738	123	0	0	0	0	5.98	905
34	728052290#1.31	905	22.06	11.8	1.83	3.03	586.84	0	0	3738	123	0	0	0	0	3.93	905
35	728052290#1.71	905	26.41	9.51	1.52	4.55	183.62	0	0	3738	123	905	0	1	1	3.17	0
36	E5	0							0	3738	123	0	0	0	0		0
37	E6	0							0	3738	123	0	0	0	0		0
38	E7	0							0	3738	123	0	0	0	0		0

Ek 2.2. SUMO Programı Veri Örneği

SUMO KESİM (U DÖNÜŞ) BAZLI TRAFİK VERİLERİ																	
	KesimAdı	TaşıtS ayısı	Ortala maHız	Yoğunlu k	İşgaliye	OrtalamaS eyahatSüre si	ToplamG ecikme	ToplamDurm aGecikmesi	ArahlkBaşla ngıç	ArahlkBit iş	Kimlik	Vara n	Kalk an	danŞeritD eğiş	yaŞeritDe ğiş	ŞeritYoğunl uk	Ayrılan
0	-340604682#1	261	20.96	3.5	0.83	4.19	48.66	0	0	3735	123	261	0	0	0	1.75	0
1	1	0	14.35	6.66	1.1	14.08	2382.45	0	0	3735	123	0	357	0	0	2.22	357
2	1-1	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
3	1-2	332	8.72	13.55	1.49	0.81	181.92	0	0	3735	123	0	0	1	1	4.52	332
4	1-3	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
5	1-4	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
6	11	357	14.7	7.5	0.8	1.81	375.75	0	0	3735	123	0	0	41	41	1.88	357
7	11.40	357	0.39	203.72	32.83	31.76	5927.58	5497	0	3735	123	0	0	1	1	67.91	321
8	113	25	11.9	1.38	0.09	0.22	3.16	0	0	3735	123	0	0	0	0	0.46	25
9	114	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
10	1265989664#2	261	19.49	7.58	0.6	0.23	13.92	0	0	3735	123	0	0	0	0	2.53	261
11	2	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
12	2-1	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
13	2-3	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
14	2-4	261	17.01	5.19	0.51	1.13	82.1	0	0	3735	123	0	0	15	15	1.3	261
15	21	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
16	276872377	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
17	3	0	14.07	4.96	0.82	15.41	1962.98	0	0	3735	123	0	261	164	164	1.65	261
18	3-1	448	17.54	10.98	1.14	0.48	124.76	0	0	3735	123	0	0	0	0	3.66	448
19	3-2	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
20	3-4	179	8.49	9.13	0.78	0.37	75.92	1	0	3735	123	0	0	2	2	3.04	178
21	31	261	0.28	205.08	32.94	43.6	5842.89	5249	0	3735	123	0	0	1	6	68.36	209
22	340604517#1	82	6.58	9.83	0.5	0.24	43.53	3	0	3735	123	0	0	0	0	3.28	82
23	340604517#2	82	10.67	52.92	0.26	0.02	23.72	3	0	3735	123	0	0	0	0	13.23	82
24	340604518#2	385	4.4	533.33	2.85	0.51	351.96	78.54	0	3735	123	0	0	0	0	133.33	382
25	340604682#1	0	9.74	22.18	5.46	9.27	4076.77	0	0	3735	123	0	808	4	4	11.09	808
26	377966194#1.360	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
27	4	808	14.73	22.08	2.59	0.69	268.51	108	0	3735	123	0	0	0	0	7.36	808
28	4-1	448	9.82	17.92	1.52	0.33	143.48	0	0	3735	123	0	0	0	0	5.97	448
29	4-3	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
30	41	808	7.53	223.71	1.07	0.04	98.83	0	0	3735	123	0	0	0	0	55.93	500
31	570637255	717	17.22	13.38	1.86	1.45	269.88	2	0	3735	123	0	0	24	24	4.46	715
32	59719247#1	717	20.89	9.39	2.29	9.83	375.06	0	0	3735	123	717	0	0	0	4.69	0
33	728052290#1	448	21.39	6.94	0.93	0.99	125.07	0	0	3735	123	0	0	0	0	2.31	448
34	728052290#1.31	448	25.23	5.11	0.79	2.64	115.52	0	0	3735	123	0	0	0	0	1.7	448
35	728052290#1.71	448	26.88	4.62	0.74	4.47	66.15	0	0	3735	123	448	0	0	0	1.54	0
36	E5	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
37	E6	0							0	3735	123	0	0	0	0		0
38	E7	0							0	3735	123	0	0	0	0		0

Ek 3.1.PTV Vissim Programı Veri Örneği

SANAYİ KAVŞAĞI PTV VISSİM SİMÜLASYON SONUÇLARI (MEVCUT, 1. SENARYO, 2.SENARYO)																	
	\$VISION																
	\$MOVEMENT EVALUATION :SIMRUN	TIMEIN T	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX	VEHS (ALL)	PERS (ALL)	LOS(ALL)	LOSVAL (ALL)	VEHDEL AY(ALL)	PERSDEL AY(ALL)	STOPDELA Y(ALL)	STOPS (ALL)	EMISSIO NSCO	EMISSIO NSNOX	EMISSIO NSVOC	FUELCON SUMPTIO N
MEVCUT	1	0-3600	1-3@18.8-2@201.6	0.03	27.9	138	138	LOS_C	3	34.11	34.11	24.59	0.59	206.968	40.269	47.967	2.961
	1	0-3600	1-3@18.8-4@217.8	32.16	113.97	230	195	LOS_E	5	62.25	59.51	50.28	0.87	484.119	94.192	112.199	6.926
	1	0-3600	1-3@18.8-7@42.7	32.16	113.97	232	232	LOS_E	5	58.72	58.72	50.53	0.84	430.281	83.717	99.722	6.156
	1	0-3600	1-3@18.8-9@61.9	9.34	117.74	80	80	LOS_D	4	46.18	46.18	30.16	1.11	136.184	26.496	31.562	1.948
	1	0-3600	1-5@136.9-2@201.6	33.24	115.91	284	284	LOS_D	4	54.45	54.45	46.15	0.82	608.361	118.365	140.993	8.703
	1	0-3600	1-5@136.9-4@217.8	0	5.35	190	190	LOS_D	4	40.69	40.69	29.83	0.7	363.581	70.74	84.263	5.201
	1	0-3600	1-5@136.9-7@42.7	2.53	29.06	117	117	LOS_B	2	19.28	19.28	14.89	0.46	142.509	27.727	33.028	2.039
	1	0-3600	1-5@136.9-9@61.9	33.24	115.91	346	346	LOS_D	4	54.66	54.66	45.34	0.82	696.494	135.512	161.419	9.964
	1	0-3600	1-6@2.9-2@201.6	0.29	15.53	31	31	LOS_C	3	24.35	24.35	17.17	0.81	38.373	7.466	8.893	0.549
	1	0-3600	1-6@2.9-4@217.8	46.06	111.36	434	434	LOS_E	5	59.86	59.86	51.68	0.76	814.846	158.54	188.849	11.657
	1	0-3600	1-6@2.9-9@61.9	46.06	111.36	368	368	LOS_E	5	55.22	55.22	47.39	0.72	575.821	112.034	133.452	8.238
	1	0-3600	1-11@29.5-2@201.6	120.6	146.37	656	656	LOS_F	6	155.13	155.13	135.62	1.64	2401.729	467.289	556.624	34.359
	1	0-3600	1-11@29.5-4@217.8	5.42	136.55	34	34	LOS_F	6	105.65	105.65	91.08	1.38	94.78	18.441	21.966	1.356
1. Senaryo (U Dönüş)	1	0-3600	1-11@29.5-7@42.7	120.6	146.37	315	315	LOS_F	6	152.01	152.01	133.55	1.6	1068.538	207.899	247.644	15.287
	1	0-3600	1	22.7	146.37	3455	3420	LOS_F	6	81.33	81.37	69.42	1.02	8056.121	1567.43	1867.084	115.252
	\$VISION																
	\$MOVEMENT EVALUATION :SIMRUN	TIMEIN T	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX	VEHS (ALL)	PERS (ALL)	LOS(ALL)	LOSVAL (ALL)	VEHDEL AY(ALL)	PERSDEL AY(ALL)	STOPDELA Y(ALL)	STOPS (ALL)	EMISSIO NSCO	EMISSIO NSNOX	EMISSIO NSVOC	FUELCON SUMPTIO N
1. Senaryo (U Dönüş)	1	0-3600	1-3@17.4-2@203.0	61.75	150.68	268	268	LOS_F	6	82.96	82.96	68.78	1.11	663.266	129.048	153.718	9.489
	1	0-3600	1-3@17.4-4@198.1	61.75	150.68	355	355	LOS_E	5	67.88	67.88	55.55	0.99	803.177	156.269	186.144	11.49
	1	0-3600	1-3@17.4-7@41.5	61.75	150.68	394	394	LOS_E	5	70.59	70.59	58.34	1.01	831.618	161.803	192.735	11.897
	1	0-3600	1-3@17.4-9@41.6	62.57	155.75	113	113	LOS_F	6	96.89	96.89	78.32	1.88	317.383	61.751	73.556	4.541
	1	0-3600	1-5@138.4-2@203.0	28.74	114.86	172	172	LOS_E	5	56.6	56.6	48.85	0.84	375.243	73.009	86.966	5.368
	1	0-3600	1-5@138.4-4@198.1	0	0	220	220	LOS_A	1	9.62	9.62	6.37	0.25	257.633	50.126	59.709	3.686
	1	0-3600	1-5@138.4-7@41.5	1.79	7.93	139	139	LOS_B	2	12.6	12.6	9.66	0.3	144.693	28.152	33.534	2.07
	1	0-3600	1-5@138.4-9@41.6	28.74	114.86	412	412	LOS_E	5	57.45	57.45	48.16	0.85	847.459	164.885	196.407	12.124
	1	0-3600	1-6@2.0-2@203.0	0.69	15.06	26	26	LOS_C	3	21.42	21.42	16.75	0.54	27.607	5.371	6.398	0.395
	1	0-3600	1-6@2.0-4@198.1	41.77	110.32	393	393	LOS_E	5	60.96	60.96	50.95	0.84	753.433	146.591	174.615	10.779
	1	0-3600	1-6@2.0-9@41.6	41.77	110.32	328	328	LOS_E	5	55.18	55.18	46.35	0.8	520.734	101.316	120.685	7.45
	1	0-3600	1-17@30.1-2@203.0	34.82	99.64	501	501	LOS_E	5	58.87	58.87	49.34	0.83	957.728	186.339	221.963	13.701
	1	0-3600	1-17@30.1-4@198.1	0.64	12.43	25	25	LOS_C	3	24.33	24.33	17.04	0.56	30.805	5.994	7.139	0.441
	1	0-3600	1-17@30.1-7@41.5	34.82	99.64	245	245	LOS_E	5	56.86	56.86	47.5	0.83	413.632	80.478	95.863	5.917
	1	0-3600	1	23.28	155.75	3591	3591	LOS_E	5	58.2	58.2	48.29	0.86	6942.402	1350.74	1608.969	99.319

Ek 3.2.PTV Vissim Programı Veri Örneği

	\$VISION																
	SMOEMENT EVALUATION :SIMRUN	TIMEIN T	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX	VEHS (ALL)	PERS (ALL)	LOS(ALL)	LOS VAL (ALL)	VEHDEL AY(ALL)	PERS DEL AY(ALL)	\$ TOPDELA Y(ALL)	\$ TOPS (ALL)	EMISSION NSCO	EMISSION NSNOX	EMISSION NSVOC	FUELCON SUMPTION
2. Senaryo (U Dönüş ve Alt Geçide Katılım)	1	0-3600	1-3@19.1-2@201.2	52.92	125.12	138	138	LOS_F	6	97.12	97.12	81.08	1.2	373.517	72.673	86.566	5.344
	1	0-3600	1-3@19.1-4@218.1	52.92	125.12	230	195	LOS_E	5	68.04	62.64	55.39	0.9	506.321	98.512	117.345	7.244
	1	0-3600	1-3@19.1-7@40.9	52.92	125.12	231	231	LOS_E	5	61.16	61.16	53.24	0.85	438.326	85.282	101.586	6.271
	1	0-3600	1-3@19.1-9@61.7	19.52	121.38	79	79	LOS_C	3	31.04	31.04	18.66	0.78	106.02	20.628	24.571	1.517
	1	0-3600	1-5@136.6-2@201.2	27.51	110.77	150	150	LOS_E	5	56.75	56.75	49.15	0.83	326.496	63.524	75.669	4.671
	1	0-3600	1-5@136.6-4@218.1	0.01	12.34	184	184	LOS_C	3	23.53	23.53	17.58	0.5	285.231	55.495	66.105	4.081
	1	0-3600	1-5@136.6-7@40.9	3.41	39.64	120	120	LOS_C	3	21.66	21.66	16.86	0.5	151.328	29.443	35.072	2.165
	1	0-3600	1-5@136.6-9@61.7	27.51	110.77	358	358	LOS_E	5	57.24	57.24	47.58	0.82	733.691	142.75	170.04	10.496
	1	0-3600	1-6@2.7-2@201.2	0.4	13.31	31	31	LOS_B	2	13.29	13.29	8.51	0.48	28.666	5.577	6.644	0.41
	1	0-3600	1-6@2.7-4@218.1	44.24	104.2	434	434	LOS_E	5	64.37	64.37	53.17	0.88	865.449	168.385	200.576	12.381
	1	0-3600	1-6@2.7-9@61.7	44.24	104.2	369	369	LOS_E	5	58.45	58.45	49.07	0.85	615.432	119.741	142.632	8.804
	1	0-3600	1-17@29.6-2@201.2	43.94	142.53	720	720	LOS_D	4	51.64	51.64	42.01	0.81	1294.401	251.843	299.99	18.518
	1	0-3600	1-17@29.6-4@218.1	5.44	102.73	42	42	LOS_D	4	35.34	35.34	25.48	0.86	64.587	12.566	14.969	0.924
	1	0-3600	1-17@29.6-7@40.9	43.94	142.53	352	352	LOS_D	4	50.16	50.16	41.54	0.79	553.986	107.786	128.392	7.925
	1	0-3600	1	19.74	142.53	3438	3403	LOS_D	4	54.63	54.18	45.01	0.82	6341.915	1233.91	1469.8	90.728

Ek 4.1. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği

DEGREE OF SATURATION

Ratio of Arrival Flow to Capacity, v/c ratio per movement

Site: 101 [Site1 (Site Folder: General)]

Output produced by SIDRA INTERSECTION Version: 9.1.6.228

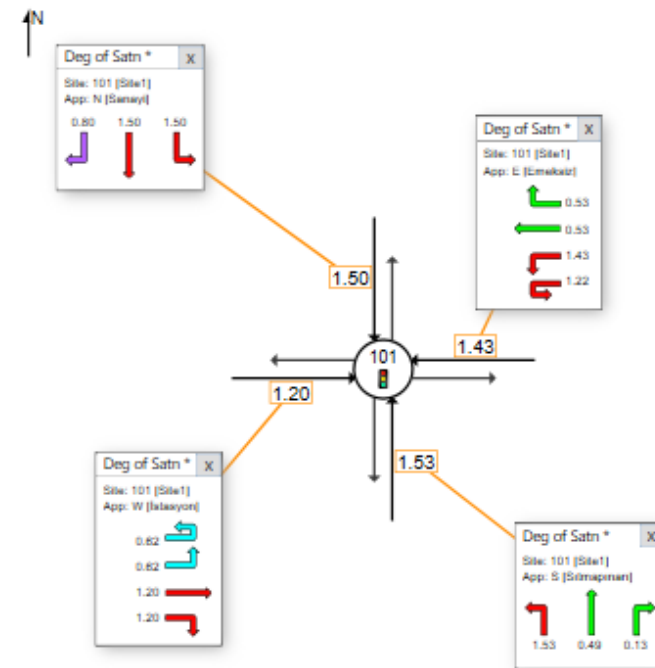
sanayi kavşagi

Site Category: sanayi kavşagı
Sinyale: FOL/ISAT/Fixed-Traffic

Signals - EQUISAT (Fixed-Time/SCATS) Isolated Cycle Time = 163 seconds (Site User-Given Cycle Time)

Use the button below to open or close all popup boxes. Click value labels to open selected ones.
Click and drag popup boxes to move to preferred positions.

All Movement Classes (*)



Colour code based on Degree of Saturation

 [< 0.6]
 [$0.6 - 0.7$]
 [$0.7 - 0.8$]
 [$0.8 - 0.9$]
 [$0.9 - 1.0$]
 [> 1.0]
 NA

NA: The movement only runs in short lanes and these are not included in determining Queue Storage Ratio, or the movement has zero volume for the selected Movement Class.

SIDRA INTELLIGENCE 9.1 | Copyright © 2020-2024 Akcelik and Associates Pty Ltd | www.solidworks.com
Organization: AKDENİZ UNIVERSITY CIVIL ENGINEERING | Licence: EDUCATIONAL NETWORK / 1PC | Processed: 7 Haziran 2025 Cumartesi 22:40:45
Project: C:\Users\aysegiz\OneDrive\Akcelik\sidra\sidra.dwg ve altı çizgili ve altı köşeli.sxd

Ek 4.2. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği

DEGREE OF SATURATION

Ratio of Arrival Flow to Capacity, v/c ratio per lane

Site: 101 [Site1 (Site Folder: General)]

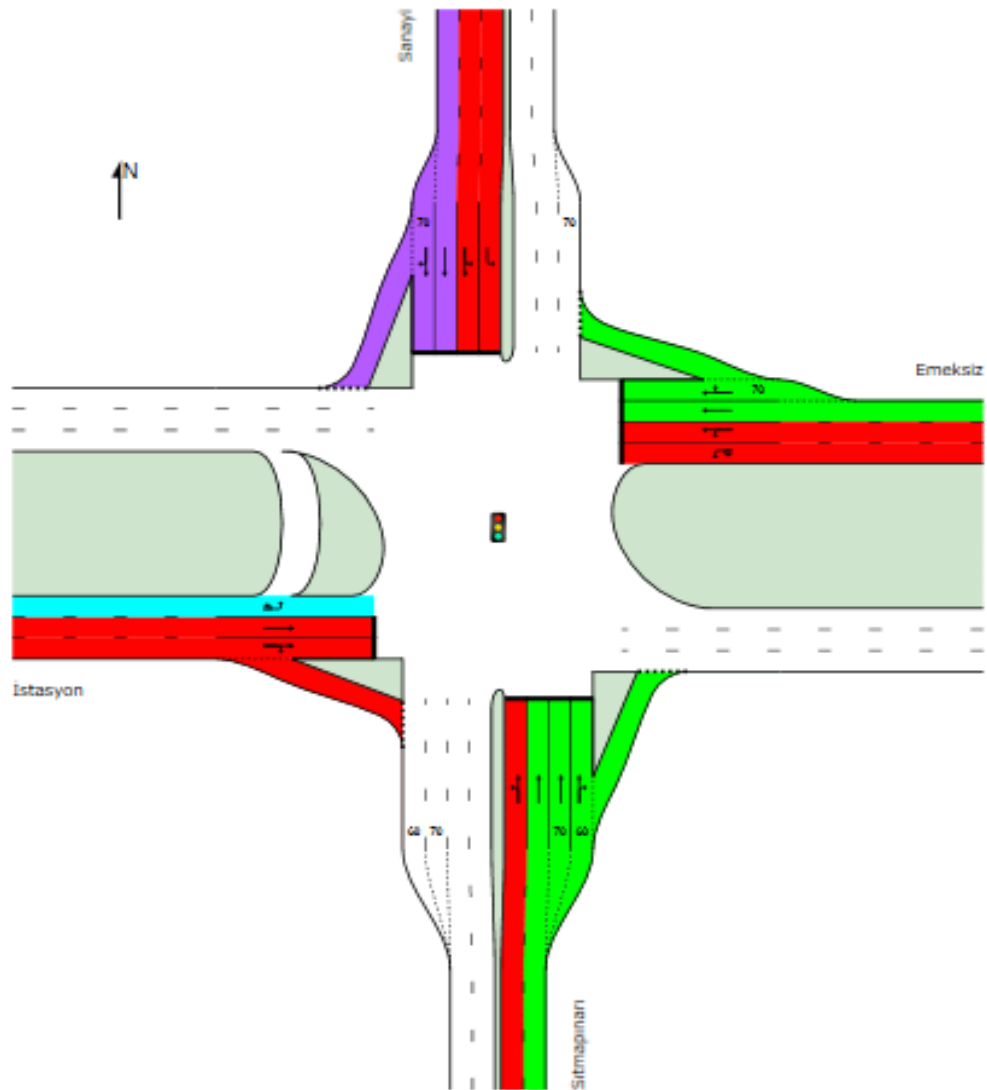
Output produced by SIDRA INTERSECTION Version: 9.1.6.228

sanayi kavşagi

Site Category: sanayi kavşagi

Signals - EQUISAT (Fixed-Time/SCATS) Isolated Cycle Time = 163 seconds (Site User-Given Cycle Time)

	Approaches				Intersection
	South	East	North	West	
Degree of Saturation	1.53	1.43	1.50	1.20	1.53



Colour code based on Degree of Saturation

[< 0.6] [0.6 - 0.7] [0.7 - 0.8] [0.8 - 0.9] [0.9 - 1.0] [> 1.0]

SIDRA INTERSECTION 5.1 | Copyright © 2000-2024 Akcelik and Associates Pty Ltd | sidrasolutions.com

Ek 4.3. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği

CO2 (TOTAL)

Total carbon dioxide emission (kg/h) per vehicle movement

Site: 101 [Site1 (Site Folder: General)]

Output produced by SIDRA INTERSECTION Version: 9.1.6.228

sanayi kavşagi

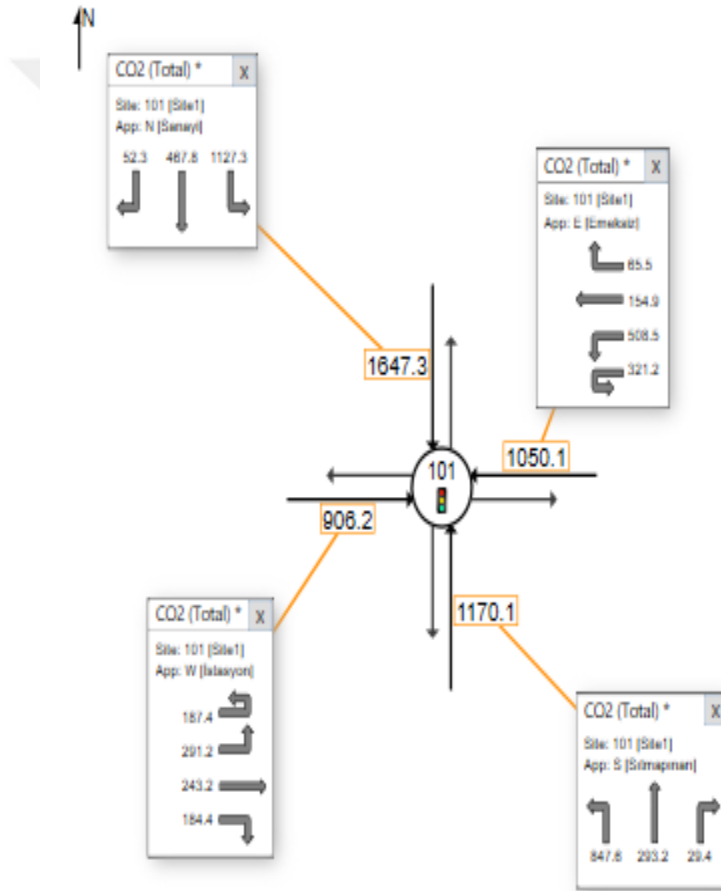
Site Category: sanayi kavşagi

Signals - EQUISAT (Fixed-Time/SCATS) Isolated Cycle Time = 163 seconds (Site User-Given Cycle Time)

Use the button below to open or close all popup boxes. Click value labels to open selected ones.
Click and drag popup boxes to move to preferred positions.

Close All Popups

All Movement Classes (*)



NA: The movement only runs in short lanes and these are not included in determining Queue Storage Ratio, or the movement has zero volume for the selected Movement Class.

SIDRA INTERSECTION 9.1 | Copyright © 2000-2024 Akcelik and Associates Pty Ltd | www.sidra.com
Organization: AKDENİZ UNIVERSITY CIVIL ENGINEERING | License: EDUCATIONAL NETWORK / 1PC | Processed: 7 Haziran 2025 Cumartesi 22:40:45
Project: C:\Users\ayyag\OneDrive\Masaüstü\sidra\2025\ayyag\ayyag.apr

Ek 4.4. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği

QUEUE DISTANCE (PERCENTILE)

Largest 95% Back of Queue Distance for any lane used by the vehicle movement (metres)

Site: 101 [Site1 (Site Folder: General)]

Output produced by SIDRA INTERSECTION Version: 5.1.6.228

sanayi kavşağı

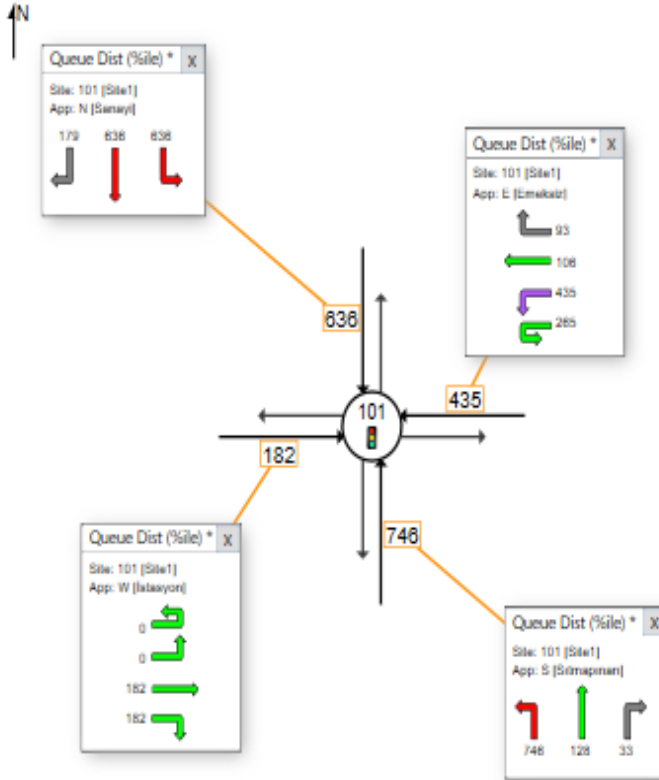
Site Category: sanayi kavşağı

Signals: EQUISAT (Fixed-Time/SCATS) Isolated Cycle Time = 163 seconds (Site User-Given Cycle Time)

Use the button below to open or close all popup boxes. Click value labels to open selected ones.
Click and drag popup boxes to move to preferred positions.

Close All Popups

All Movement Classes (*)



Colour code based on Queue Storage Ratio

< 0.6 0.6 - 0.7 0.7 - 0.8 0.8 - 0.9 0.9 - 1.0 > 1.0 NA

NA: The movement only runs in short lanes and these are not included in determining Queue Storage Ratio, or the movement has zero volume for the selected Movement Class.
Queue Model: SIDRA queue estimation methods are used for Back of Queue and Queue at Start of Green.

SIDRA INTERSECTION 5.1 | Copyright © 2000-2024 Akcelik and Associates Pty Ltd | sidra.solutions.com

Organization: AKDENİZ UNIVERSITY CIVIL ENGINEERING | License: EDUCATIONAL NETWORK / 1PC | Processed: 7 Haziran 2025 Cumartesi 22:40:45
Project: C:\Users\ayyag\OneDrive\Maskeleli\akdeniz\akdeniz ve all geyik ve all katim.spr

Ek 4.5. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği

FUEL CONSUMPTION, EMISSIONS & COST

Site: 101 [Site1 (Site Folder: General)]

Output produced by SIDRA INTERSECTION Version: 9.1.6.228

sanayi kavşagi

Site Category: sanayi kavşagi

Signals - EQUISAT (Fixed-Time/SCATS) Isolated Cycle Time = 163 seconds (Site User-Given Cycle Time)

This Site is not connected to the Network.

Fuel Consumption, Emissions & Cost (Total)							
Mov ID	Turn	Fuel Total L/h	CO2 Total kg/h	CO Total kg/h	HC Total kg/h	NOX Total kg/h	Cost Total \$/h
South: Sıtmapınan							
1	L2	325.5	847.6	1.37	0.152	6.134	2588.39
2	T1	114.8	293.2	0.28	0.027	2.071	608.43
3	R2	11.3	29.4	0.02	0.002	0.207	57.27
Approach		451.6	1170.1	1.68	0.181	8.412	3254.09
East: Emeksiz							
4u	U	122.3	321.2	0.42	0.045	2.367	792.10
4	L2	193.7	508.5	0.78	0.086	3.744	1438.45
5	T1	62.2	154.9	0.15	0.014	0.917	397.67
6	R2	25.8	65.5	0.06	0.006	0.459	144.15
Approach		403.9	1050.1	1.42	0.151	7.487	2772.37
North: Sanayi							
7	L2	435.4	1127.3	1.91	0.213	8.191	3716.45
8	T1	180.0	467.8	0.54	0.056	3.447	1079.07
9	R2	20.1	52.3	0.05	0.005	0.385	107.42
Approach		635.6	1647.3	2.50	0.274	12.023	4902.94
West: İstasyon							
10u	U	72.2	187.4	0.14	0.012	1.295	321.98
10	L2	112.6	291.2	0.22	0.019	2.072	493.58
11	T1	93.9	243.2	0.32	0.034	1.731	649.48
12	R2	71.3	184.4	0.24	0.026	1.308	502.20
Approach		349.9	906.2	0.92	0.091	6.405	1967.23
All Vehicles		1841.0	4773.7	6.51	0.697	34.328	12896.63
Intersection		1841.0	4773.7	6.51	0.697	34.328	12896.63

Ek 4.6. SIDRA Intersection Programı Veri Örneği

Fuel Consumption, Emissions & Cost (Rate)							
Mov ID	Turn	Fuel Efficiency L/100km	CO2 Rate g/km	CO Rate g/km	HC Rate g/km	NOX Rate g/km	Cost Rate \$/km
South: Sıtmapınarı							
1	L2	65.9	1715.9	2.78	0.307	12.418	5.24
2	T1	41.5	1059.3	1.00	0.098	7.482	2.20
3	R2	43.3	1128.0	0.95	0.092	7.966	2.20
Approach		56.7	1468.6	2.10	0.227	10.558	4.08
East: Emeksiz							
4u	U	63.7	1673.9	2.21	0.235	12.337	4.13
4	L2	67.6	1773.9	2.73	0.299	13.061	5.02
5	T1	24.7	614.2	0.60	0.056	3.637	1.58
6	R2	40.0	1016.6	0.92	0.088	7.118	2.24
Approach		50.8	1320.6	1.78	0.190	9.416	3.49
North: Sanayi							
7	L2	77.9	2016.4	3.41	0.381	14.651	6.65
8	T1	59.9	1555.8	1.79	0.187	11.465	3.59
9	R2	55.0	1428.8	1.41	0.141	10.521	2.94
Approach		70.9	1837.9	2.79	0.306	13.414	5.47
West: İstasyon							
10u	U	37.1	963.6	0.71	0.063	6.658	1.66
10	L2	41.2	1064.6	0.79	0.069	7.577	1.80
11	T1	53.4	1383.6	1.82	0.195	9.846	3.70
12	R2	53.2	1376.0	1.81	0.194	9.759	3.75
Approach		45.0	1165.1	1.18	0.118	8.236	2.53
All Vehicles		56.4	1461.6	1.99	0.214	10.511	3.95
Intersection		56.4	1461.6	1.99	0.214	10.511	3.95

SIDRA INTERSECTION 9.1 | Copyright © 2000-2024 Akcelik and Associates Pty Ltd | sidrasolutions.com

Organisation: AKDENİZ UNIVERSITY CIVIL ENGINEERING | Licence: EDUCATIONAL NETWORK / 1PC | Processed: 4 Temmuz 2025 Cuma 13:07:02

Project: C:\Users\layseg\OneDrive\Masaüstü\sidra\ dönüş ve alt geçitli ve alt katılım sip9

ÖZGEÇMİŞ

Ayşe GÜNEŞ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2023-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Yalova Üniversitesi
2013-2018	Mühendislik Fakültesi, Ulaştırma Mühendisliği Bölümü, Yalova

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Mühendis	Malatya Büyükşehir Belediyesi
2023-Devam Ediyor	Ulaşım Dairesi Başkanlığı Planlama Şube Müdürlüğü
Mühendis	ALTAŞ Altyapı Uluslararası Mühendislik Müşavirlik A.Ş.
2021-2023	