



**VAGON BAKIM VERİLERİNİN ARIZA
TİPİ, VAGON TİPİ VE BAKIM ATÖLYESİNE
BAĞLI İSTATİSTİKSEL ANALİZİ**

Yüksek Lisans Tezi

Elif Desticioğlu

Eskişehir 2023

**VAGON BAKIM VERİLERİNİN ARIZA TİPİ, VAGON TİPİ VE BAKIM
ATÖLYESİNE BAĞLI İSTATİSTİKSEL ANALİZİ**

Elif DESTİCİOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet FİDAN

(İkinci Danışman: Doç. Dr. Ömür AKBAYIR)

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mayıs 2023

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Elif DESTİCİOĞLU'nun VAGON BAKIM VERİLERİNİN ARIZA TİPİ, VAGON TİPİ VE BAKIM ATÖLYESİNE BAĞLI İSTATİSTİKSEL ANALİZİ başlıklı çalışması 22/05/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet FİDAN

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Nazım İMAL

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Fatih BOZKURT

Prof. Dr. Murat TANIŞLI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

22/05/2023

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Elif DESTİCİOğLU, VAGON BAKIM VERİLERİNİN ARIZA TİPİ, VAGON TİPİ VE BAKIM ATÖLYESİNE BAğLI İSTATİSTİKSEL ANALİZİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet FİDAN

ÖZET

VAGON BAKIM VERİLERİNİN ARIZA TİPİ, VAGON TİPİ VE BAKIM ATÖLYESİNE BAĞLI İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Elif DESTİCİOĞLU

Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mayıs 2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet FİDAN

(İkinci Danışman: Doç. Dr. Ömür AKBAYIR)

Günümüzde demiryolu ile yük taşımacılığı, küresel demiryolu taşımacılığı faaliyetinin yaklaşık dörtte birini oluşturmaktadır. Yolcu ve yüklerin demiryolu taşımacılığına kaymasını sağlamak için raylı sistemlerden elde edilecek gelirleri arttırmaya ve maliyetleri azaltmaya yönelik politikalar geliştirilmelidir. Demiryolu maliyetlerinin en önemli kalemlerinden biri bakım maliyetleridir.

Bakım maliyetlerinde iyileştirmelerin yapılması verimli ve etkili bakım aktivitelerinin belirlenmesi ile sağlanmaktadır.

Çalışmada 2019 ve 2022 yılları arasında bakım tarihleri, bakım süreleri, vagon tipleri ve arıza tanımlarının olduğu bilgilerin bulunduğu veriler kullanılarak birçok yönden analizler yapılmıştır. Yapılan veri analizlerindeki ana nokta demiryolu sektöründe bulunan sınırlı istihdam nedeniyle verimli ve etkili bir bakım politikası ve planı için önemli noktaların öne çıkartılmasıdır. Verilerin istatistiksel analizi ile ilk olarak tamire en çok vagon tutan atölyeler ve tamire tutulma nedenleri belirlenmiştir. Bu tamire tutulma nedenleri yani arıza nedenleri incelenmiştir. Bu arıza nedenlerinin vagon detayları incelenmiştir. Sonrasında en çok hangi vagonların tamire gönderildiği analiz edilmiştir. Her vagon tipi için arızalar incelenerek detayları incelenmiştir. Son olarak tamire tutan ilk beş bakım lokasyonu vagon tipi ve tamire tutma nedenlerine göre analiz edilmiştir. Çalışmada genelden özele giderek bakım faaliyetleri için analizler çıkartılıp, sonuç kısmında tavsiyeler verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Demiryolu Araçları, Yük Vagonları, Bakım Planlaması, İstatistiksel Analiz.

ABSTRACT

STATISTICAL ANALYSIS OF WAGON MAINTENANCE DATA BASED ON FAILURE TYPE, WAGON TYPE AND MAINTENANCE WORKSHOP

Elif DESTİCİOĞLU

Department of Rail System Engineering

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, May 2023

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet FİDAN

(Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömür AKBAYIR)

Freight rail activity has grown steadily over the past two decades. Freight transport by rail today constitutes for about a quarter of the global rail transport activity. Policies should be developed to increase the revenues to be obtained from rail systems and to reduce costs in order to ensure that passengers and freight activities front to rail transportation. One of the most important items of railway costs is maintenance costs.

Improvements in maintenance costs are achieved by determining efficient and effective maintenance activities.

In the study, analyzes were made in many ways using the data containing the maintenance dates, maintenance periods, wagon types and fault definitions between 2019 and 2022. The main point in the data analysis is to highlight the important points for an efficient and effective maintenance policy and plan due to the limited employment in the railway sector. With the statistical analysis of the data, firstly, the workshops that took the most wagons for repair and the reasons for being repaired were determined. The reasons for this repair, that is, the causes of failure, were examined. The wagon details of the causes of these failures were examined. Afterwards, it was analyzed which wagons were sent for repair the most. For each wagon type, the faults were examined and their details were examined. Finally, the top five maintenance locations were analyzed according to wagon type and causes for repairing. In the study, analyzes were made for maintenance activities by going from general to specific, and recommendations were given in the conclusion part.

Keywords: Railway Vehicle, Freight Vehicle, Maintenance Planning, Statistical analysis.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanlarım Doç. Dr. Ömür AKBAYIR ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet FİDAN' a, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Ersin DESTİCİOĞLU ve oğlum Doruk DESTİCİOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Elif DESTİCİOĞLU



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Elif DESTİCİOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı	1
1.2. Literatür Araştırması	2
2. YÜK VAGON TİPLERİ	10
3. GCU HATA KATALOĞU.....	13
4. İŞ YERİ LİSTESİ.....	16
5. BAKIM KAVRAMLARI	17
5.1. Bakım	17
5.2. Güvenilirlik ve Bakım Kolaylığı	17
5.3. Bakım Türleri.....	18
5.3.1. Önleyici bakım.....	18
5.3.2. Düzeltici bakım	18
5.4. Bakım Aktiviteleri.....	19
5.5. Bakım Verilerinin Yorumlanması.....	20

6. METOT.....	21
7. BULGULAR.....	22
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKÇA.....	41
ÖZGEÇMİŞ	



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Yük vagon tipleri	10
Tablo 2.2. Yük vagon tiplerinin kullanım zellikleri.....	10
Tablo 3.1. Vagonlara ilişkin genel kullanım sözleşmesinde bileşen kodları ve hatanın tanımlandığı alt maddeler.....	14
Tablo 4.1. Tamire tutan iş yerleri.....	16



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yük vagon tiplerinin görselleri.....	12
Şekil 5.1. EN 13306:2001 standardına göre bakım türleri (EN 13306:2001)	18
Şekil 7.1. Vagon sayılarına göre en çok bakım yapılan 20 atölye.....	22
Şekil 7.2. Vagon sayısına göre arıza nedenleri sıralaması	23
Şekil 7.3. Sabo kuvveti ölçmek için sensörler [11-12] (PRODAT, 2023).	24
Şekil 7.4. Vagonların tip bazında adeti.....	25
Şekil 7.5. Tip bazında tamire tutulan vagon adeti	26
Şekil 7.6. Fals (665 0 331/2708) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi.....	27
Şekil 7.7. Ks (330 1 001/2650) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi.....	28
Şekil 7.8. Sgss (456 8 923/9772) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi.....	29
Şekil 7.9. Falns (644/664 1 001/531) vagonun arıza neden adetlerine göre bakım gönderilmesi.....	29
Şekil 7.10. Es (552 0 002/1902) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi.....	30
Şekil 7.11. Rilnss (354 6 001/476) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi.....	31
Şekil 7.12. Hbbillnss (246 1 001/999) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi	31
Şekil 7.13. Ks (330 2 652/3252) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi.....	32
Şekil 7.14. Rgns (TSI) (381 6 001/500) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi	33
Şekil 7.15. Falns (664 1 532/891) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi.....	34
Şekil 7.16. Kayseri, Demirdağ, Eskişehir, Çatalağzı ve Malatya’ nın en çok tamire tuttukları vagon tipleri.....	35
Şekil 7.17. Kayseri de Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri.....	36

Şekil 7.18. Demirdağ da Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri.....	36
Şekil 7.19. Eskişehir de Ks (330 1 001/2650) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri.....	37
Şekil 7.20. Çatalağzı’ ında Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri	37
Şekil 7.21. Malatya da Rgns (TSI) (381 6 001/500), Ks (330 1 001/2650) ve Rilnss (354 6 001/476) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri	37



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

GCU	: General Contract Of Use For Wagons / Vagonların Tek Tip Kullanım Sözleşmesi
UIC	: International Union of Railway / Ulusal Demiryolları Birliği



1. GİRİŞ

Günümüzde kullanıcı isteklerinin farklılaşması üzerine firmalar diğer şirketler arasında rekabetçi bir yaklaşım sergilemektedirler. Piyasalardaki bu yarış ortamında firmalar gelirlerini arttırmak için maliyet yönetimi üzerine yönelmektedirler. Bu iyileştirme kalemlerinden biri de bakım maliyetleridir. Planlı üretim ve çalışma koşulları ile firmalardaki ekipman ve makineler en etkili şekilde kullanılabilir (Kaya, 2003). Demiryolu araçlarının bekleme zamanlarını azaltmak, belirli aralıklarla eskime kontrolü, arıza sebeplerini saptamak ve çözüm üretmek ve araçların daha çok kullanılmasını sağlamak, planlı bakım aktiviteleri ile mümkündür.

Sistemlerin kullanıma ve yaşa bağlı olarak yıpranmaya maruz kalması ile ulaşımda sistemlerin ve parçaların güvenilirliği büyük önem kazanmaya başlamıştır. Bu sebeple bakıma verilen önem artarak bakım maliyetlerini düşüren ve sistem güvenilirliğini arttıran en iyi bakım stratejisini kullanma konusunda yapılan çalışmalar artmıştır. Dünya genelinde rekabetin artması ile üretim hatlarının kapasite kullanım oranlarının artması hattaki makineleri daha çok yıpranmasına sebep olmaktadır. Hattaki makinelerde makine veya ekipman arızaları sebebiyle meydana gelebilecek plansız duruşların dünya ekonomilerine yarattığı maliyet oldukça fazladır (Bal, 2013). Buda dünya genelindeki işletmeleri tesisleri en verimli şekilde çalışmaya zorlamaktadır. İşletmelerin üretim planlarından sapmamaları, stok tutmak zorunda kalmamaları gibi nedenler ile verimli bir şekilde hattın bakım faaliyetlerini gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

1.1. Tezin Amacı

Yük vagonları işleten firmalar için araçların bakım verilerinin analizi önemli bir konudur. Bu çalışmada 2019 ve 2022 yılları arasında bakım tarihleri, bakım süreleri, vagon tipleri ve arıza tanımlarının olduğu bilgilerin bulunduğu verilerden farklı yönlerden değerlendirmeler yapılmıştır. Burada amaç demiryolu sektöründe bulunan iş gücünün yeterli olmaması nedeniyle etkili bir bakım planı için öne çıkan konuların belirlenmesidir. Genelden özele gidilerek arıza tipleri, bakıma giden vagonlar ve bakım atölyeleri incelenmiştir.

1.2. Literatür Araştırması

Raylı sistemlerinden, ulaşım sektörleri arasında yeni bir rekabet gücü getirmesi beklenildiği üzere çeşitli dönüşümlerle karşı karşıyadır ve demiryolu operasyonlarının etkin yönetiminin bu dönüşümde önemli bir rol oynaması gerekmektedir. Demiryolu operasyonları genellikle dört ana prosese ayrılır:

- Ağ ve hat planlaması
- Zaman çizelgeleme,
- Demiryolu araçlarının dolaşım planlaması
- Demiryolu araçlarını çalıştırmak için ekip planlaması

Demiryolu araçları planlama problemi, bakım planlama problemi ve denetim çizelgeleme probleminden ayrılmamalıdır. Bakımın hem güvenlik hem de kullanılabilirlik üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle, özenli bir bakım planı gerekmektedir ve normal servis operasyonları için talep edilmediğinde trenler sıklıkla bakıma girer. Trenin kullanıma uygun olması ile bakım işlemleri arasındaki bu planlama genellikle dikkate alınmaz (Luis Mira, 2020).

Bakım yönetimi üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar genel olarak bakım politikaları üzerine ve bakım maliyetlerini azaltmak adınadır.

Bakım faaliyetleri üzerine yapılan bir çalışmada planlı bakımlar, tren işletmelerindeki mevcudiyeti ve geçmiş bakım verileri ile tamsayılı doğrusal programlama ile bakım operasyon süresindeki belirsizliğin etkisini değerlendirmek için bir güvenilirlik analizi yapılmıştır. Şirketin zaman çizelgesini ve o dönem için talep edilen bakım faaliyetlerinin listesini dikkate alınmıştır. Tarife planlayıcıları, işletme ve bakım maliyetlerini en aza indirmek ve tren birimlerinin kullanılabilirliğini en üst düzeye çıkarılmak istenmiştir. Çalışmada test edilen durumlar için, bakım süreleriyle ilgili belirsizliğin amaç fonksiyonu için en uygun değeri önemli ölçüde etkilemediği dolayısıyla en uygun programı etkilemediği gösterilmiştir. Aynı zamanda en kötü senaryo için uygulanabilir bir senaryoya ulaşılamamıştır. En kötü durumda, yüksek bakım süreleri normal operasyonları etkileyecek ve gecikmelere neden olacaktır.

Çok bileşenli sistemler söz konusu olduğunda bakım stratejisini optimize ederek bakım maliyetlerini etkin bir şekilde azaltmak ve ekipman kullanımını iyileştirmek mümkündür. Demiryolu yük vagonunun önemli bir parçası olan tekerlek aracın çalışma kalitesini ve güvenliğini doğrudan etkiler. Birçok yük treni merkezi bakım aktiviteleri ile sabit bir grup olarak ele alınır. Demiryolu yük vagonları grubu için, bakıma yönelik ana

yaklaşım, periyodik merkezi bakım ve geçici bakımı içermektedir. Parçaların çoğu, sabit bakım prosedürleri sırasında onarılır, ancak bazı parçalar daha hızlı bozulur ve kullanım sınırını aşarsa, planlı bakımdan önce geçici bakım gerekir. Bu tür bir bakım için makul bir merkezi bakım döngüsü belirlemek zordur. Çok uzun bakım döngüsü, çok sayıda parçanın geçici bakım gerektirmesine yol açacak ve bu da nakliye organizasyonunu etkileyecek ve bakım maliyetini artıracaktır. Bakım döngüsü çok kısaysa, parçalar kullanım ömürlerinin sınırına ulaşmayacak ve fazla bakım yapılmasına neden olacaktır. Bu nedenle, parça bakımları için uygun bir plan yapmak büyük önem taşımaktadır. Bakım stratejisini optimize etmek için, öncelikle parçaların bozulma süreci incelenmeli ve parçaların kalan kullanım ömrü için model oluşturulabilir. Bu bilgilere göre bakım planı yapılabilir. Kalan kullanım ömrü tahmininin sonuçlarına dayalı olarak, literatürde tekerlek kullanımını iyileştirmek ve bakım maliyetlerini azaltmak için bakım stratejisi geliştirmek üzerine çalışmalar yapılmıştır (Hongmei Shi, 2020).

Parçaların önleyici bakımı, duruş süresi bakımı sırasında gerçekleştirilir, bu da duruş süresini ve toplam bakım maliyetini azaltabilir. Bir demiryolu yük vagonunda, kullanım sınırının ötesinde herhangi bir tekerlek bozulması, demiryolu araçlarının çalışma güvenliğini ciddi şekilde etkileyecektir. Ekonomik olarak birden fazla bakım faaliyetini birleştirmenin, ayrı ayrı bileşenler üzerinde ayrı ayrı bakım yapmaktan daha düşük maliyete sahip olduğu görülmüştür.

Demiryolu yük treninin bakım stratejisinde sadece maliyeti değil, aynı zamanda taşıma gerekliliklerini ve bakım kabiliyetini de dikkate alınmalıdır.

Bakım ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde sistemlerin tek üniteli ve çok üniteli olarak iki grupta düşünüldüğü görülmüştür (Bal, 2013).

Tek üniteli sistemlerde kullanılan bakım politikası parçaların ömrüne göre uygulanan faaliyetlerdir. Periyodik bakım ile belirli zaman aralıklarında parçaların grup ya da tek olarak değişimleri yapılmaktadır.

Çok üniteli sistemlerde bu sistemler birbirinden bağımsız ise her bir alt sistem için farklı bakım faaliyetleri uygulanmaktadır. Bu tür bakım faaliyetleri fırsatçı bakım olarak tanımlanır ve bu konuda yapılan çalışmalar artmaktadır.

Bakım aktivitelerinin planlanması ve maliyetlerin azaltılması üzerine Kütahya ve Eskişehir de yapılan çalışmada, bakım maliyet yönetiminin ürün maliyet üzerindeki etkisi araştırılmıştır (H. C. Öteyaka, 2018). Bakım yönetim prosesi incelenerek maliyetleri

pozitif yönde etkileyecek unsurlar incelenmiştir. Bu çalışmada öncelikli iyileştirmeler yedek parça yönetimi ve uygun bakım aktiviteleri üzerinedir.

Demiryolu hattının mevcutta kullanılan bakım planındaki problemlere bakıldığında çeşitli araştırmaların olduğu görülmüştür. Bazılarında hatlardaki planlı bakım aktivitelerini etkileyen ana etkiler göz önünde bulundurularak veriler analiz edilmiştir. Planlanan ve gerçekleşen veriler karşılaştırarak analiz edilmiştir. Planlanan bakım aktivitelerinin her zaman gerçekleşen aktivite ile eşleşmediği görülmüştür. Teknolojik altyapı, bakım atölyelerine varış süreleri, planlanan ve gerçekleşen işçilik maliyetleri arasında %26 lık fark bulunduğu görülmüştür. Arada bulunan bu farkı düşürmek için bazı iyileştirmeler düşünülmelidir. Bir bakım aktivitesini tamamlamak için istihdam giderleri, vagon sayısı, bakım yerlerinin kapasiteleri gibi etmenler de düşünülerek bakım aktiviteleri için plan oluşturulmalıdır (D. A. Kovenkin, 2022).

Demiryolları altyapısını iyi ve sürekli kullanılır kılmak adına planlı bakım faaliyetleri gerçekleştirilmelidir. Bu durumun sürdürülebilir olması bakım aktivitelerini yapan çalışanlara gerekli ve yeterli imkanları oluşturan bakım planı ve politikası ile olmaktadır. Araç parkında bulunan yolcu ve yük trenleri için sorunları ve demiryolu operatörleri için iş yükü göz önünde bulundurularak hem vagon hem de bakım operatörleri için planlar düşünülmüştür. Bu çalışmada karma tam sayılı programlama modeli kullanılmıştır. Bakım planı oluşturulurken tren operatörleri engelleri, düz hatlar, havai kablolama gibi etmenler dahil edilmiştir. Önerilen bakım planı modelinin bakım aktivitelerini çoğunlukla geceye bıraktığı ve hem bakım şirketlerinin istihdamını hem de vagon çalışanlarının problemlerini düşürdüğü bulunmuştur (F. Nijland, 2021).

Yük vagonları ile ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda, demiryolu yük vagonunun çeşitli bileşenlerinin bakımı, demiryolu karar vericileri için son derece önemli bir sorun olmaya devam ettiğini görmekteyiz. Yük vagonları, raylı ulaşım sisteminin önemli bir parçasıdır. Yük vagonlarının bakımına yönelik politikalar, vagon kullanılabilirliği, işletme maliyeti, navlun oranı ve güvenliği etkiler. Bakım uygulamalarında en çok kullanılan politikalar, arıza olduğunda parça değiştirme veya periyodik olarak değiştirmedir. Arıza olduğunda parça değiştirmeyle ilgili sorunların, daha yüksek işletme maliyeti, arıza maliyeti oluşması ve güvenlik ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Periyodik parça değişimi ile ilgili, bileşenlerin değiştirileceği doğru ömür sınırına karar vermek zordur. Farklı arabalardaki aynı parçaların, farklı kullanım modellerinden dolayı farklı fiziksel ömürleri olabilir. Değişim sınırı önceden belirlenmiş

bir bileşende, bileşenin ömrünün bitmeden planlı bakım da değiştirilme riski bulunmaktadır. Burada oluşan gereksiz bakım daha yüksek yaşam döngüsü maliyetleri oluşturacaktır. Değiştirme periyodu bileşenin ömrünü geçecek seviyedeysse birçok bileşen değiştirilmeden önce bozulacaktır. Bu durumda da oluşan maliyetler arıza durumunda değişime benzer olacaktır.

Burada yapılan çalışmada, sistem bakımından en yüksek faydayı elde etmek için yük vagonu bileşenleri için duruma dayalı bakım politikası önerilmiştir. Duruma dayalı bakımın yalnızca bileşen veya sistem belirli bir koşula ulaştığında, genellikle hizmet dışı arızanın habercisi olduğuna inanılan bir durumda üstlenildiği stratejidir. Duruma dayalı bakımda uzun ömre sahip bir bileşenin işletme maliyetinde büyük bir artışa veya kullanım sırasında önemli bir riske sebep olacak kadar bozulmadan önce değiştirilmesine izin verilir.

Belirli bir bakım politikasının tüm sonuçlarını sistem düzeyinde yakalamak için, yaşam döngüsü maliyeti kullanılır. Bunun hesaplanması şu şekildedir; kullanım ömrü maliyeti, ilk maliyet, işletme maliyetleri, inceleme maliyeti, değiştirme maliyeti ve arıza maliyetinin toplamının bileşenin ömrüne bölümüdür. İşletme maliyetleri farklı bakım politikalarının zaman içinde farklı koşullara yol açacağı ve etkileri olacağı için hesaplama eklenmiştir.

Bu incelediğimiz araştırma, ulaşım sistemleri ve araç bakımı konusundaki bilgi durumuna üç katkı sağlamaktadır.

İlk katkısı, demiryolu yük vagonu bakımında kullanılan bakım politikalarını sistematik olarak değerlendirmesidir. Bakım politikalarıyla ilgili avantaj ve dezavantajları analiz edilerek yapılmıştır. İkinci katkı, demiryolu yük vagonu bileşenlerine duruma dayalı bakım uygulama çerçevesinin geliştirilmesidir. Düşük yaşam döngüsü maliyeti elde edilebileceğini göstermektedir. Üçüncü katkı, premium vagonun ve standart vagonun ne zaman kullanılacağı konusunun, yük vagonunun ekonomik modeli kullanılarak ele alınmıştır.

Başka bir çalışmada yük vagonlarının operasyonları esnasında teknik durumları araştırılmıştır. Burada amaç, yük vagonunun bakım sürecindeki teknik durumlarını tanımlamak, bir yük vagonunun kullanım ömrü boyunca çalışır durumda olma olasılığının etkenlerini belirlemek ve araç filosunun teknik elverişlilik oranı ifadesini açıklayabilmektir. Yük vagonunun teknik durumunun değişim süreci diferansiyel denklemler kullanılarak açıklanmıştır. Bir yük vagonunun teknik durumunun istikrarsız

bir şekilde değişmesinde, uygun yaşam dđngüsü aşamasının olasılığı sũreye bağlıdır. Giriş ve çıkış akışlarının yoğunluğu, bir yũk vagonunun yaşam dđngũsũnũn uygun aşamasında olma olasılığı dikkate alınarak birbiriyle ilişkilidir. Uygun yaşam dđngũsũnde olma olasılığı, önceki teknik durumuna göre belirlenir (Shaposhnyk, 2018).

Demiryolu taşımacılığının temel görevi, zorunlu koşulu gũvenli demiryolu işletmeciliği olan kesintisiz taşıma sũrecini sağlamaktır. Demiryolunun görevlerinin başarılı bir şekilde uygulanması, demiryolu araçlarının teknik seviyesinin iyileştirilmesi, modern, yũksek verimli zũmlerin, malzemelerin ve teknolojilerin getirilmesini gerektirir. Kullanılan teknolojilerin geliştirilmesi ile bakım politikaları da geliştirilmeli ve bakım üzerine yeni çalışmalar yapılmalıdır.

Moskova demiryolu sahasında yapılan bir çalışmada planlanan onarımda yũk vagonu taşımacılığının tahmini modeli kavramı ele alınmıştır. On yıllık dönem için gerçekleştirilen yũk vagonlarının seferlerine ait verilerin istatistiksel olarak işlenmesi ve analizi kullanılmıştır.

Bakım politikalarının geliştirilmesi ve kestirimci bakımların ilerlemesi çeşitli uygulama alanlarında artarken operasyonel uygulama tahmin edilen bakım mũdahalelerinin daha esnek ve uyarlanabilir bir izelgelemesini gerektirir. Geleneksel nleyici bakım aktivitelerinin aksine kestirimci bakım operasyonu etkileyen kısa vadeli program değişikliklerini gerektirebilir. Demiryolu vagonlarının kestirimci bakımın operasyonel uygulamasını zorlaştıran faktörler zaman izelgesi uyumu, araç çizelgeleme ve rotalama açısından bulunan özel gereksinimlerdir. Çalışma ikili ayrıştırma ve mekanizma tasarım yaklaşımı kullanarak hiyerarşik dağıtılmış bir öğrenme algoritması ile bakımların programlanması üzerine yapılmıştır. Sistem hakkında bilgi sahibi vagonlarda arıza sũrelerinden önce bakımın gerçekleştirilmesi için teşvik sinyali kullanılmıştır. Teşvik sinyali vagonlar arasında kullanılarak tahmine dayalı bakım planlaması için optimal zũm bilgisinin elde etmeyi sağlamaktadır. Kullanılan algorithmada, merkezi problem, her trenin rota seçiminin ayrı ayrı elde edildiği yaklaşımı kullanılarak alt problemlere ayrıştırılır. Bozulma maliyetinin ve sistem durumunun her vagonun özel bilgisi olduğunu varsayılmıştır. Bu nedenle trenler, vagonların bakım programını alamamaktadır. Dolayısıyla, her vagonun bakımına ayrı ayrı karar verdiği bir mekanizma tasarım yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen mekanizma, algoritmanın yakınsama noktasında vagonların bakım kararının optimal değerine yakınsamasını garanti eder (Pegah Rokhforoz, 2021).

Yapılan bir çalışmada, bir bakım hizmeti sağlayıcısının, demiryolu taşıtlarının ilk sahaya çıkarılması sırasında maliyet etkinliğini en iyi şekilde kullanmak için alınan kararlar ve etkinliği incelenmektedir. Başarılı kuruluşlar, teknolojiyi rekabet stratejileriyle uyumlu hale getirenlerdir. Firmalar bakım hizmetlerini sahip oldukları teknolojiye uyacak şekilde yapılandırmalıdır. Demiryolu araçlarının ilk sahaya çıkarılması sırasında hangi stratejik kararların alındığı, sermaye varlıklarının yaşam döngüsü boyunca bakım performansı üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu incelenmiştir. Çalışma sonucunda iki karar kategorisi olduğu görülmüştür. İlki, vagonların sahaya çıkarılması sırasında verilen kilit kararlar ve ikinci karar kategorisi olarak bakım hizmetlerinin maliyet etkinliğinin artırılması için alınan kararlar çıkarımı yapılmıştır. İlk kategoriye odaklanılmıştır. Çalışma güncel uygulamaları içerdiği, bakımla ilgili karar verme sürecine ilişkin içgörü sağladığı ve bakım hizmeti veren tüm kuruluşlar için bir zorluk olan yeni ekipmanların sahaya sürülmesini içerdiği için önemlidir. Bu durumda bulunan kararlar uzun ömürlü ve benzer karmaşıklığa sahip diğer bakım ekipmanı türlerine genellemek, gelecekteki araştırmalar için önemlidir (Parada Puig, 2013).

Demiryolu ve demiryolu taşıtı operasyonlarını optimize etmek, maliyetleri azaltmak ve hizmet güvenilirliğini artırmak, bakım ve güvenlik gereksinimlerine uyulurken mevcut ve gelecekteki müşteri talebine uyarlanması gereken hedeflerdir. Burada demiryolu araç servis operasyonlarında tanımlı süreler içinde bakım görevlerini çizelgeleyen tamsayı doğrusal programlama metodu kullanılmıştır. Bu metotta en uygun değerdeki bakım süreleriyle ilişki belirsizliğinin etkisi ve bakım çizelgesinin fizibilitesini değerlendiren güvenilirlik analizi yapılır (Luis Mira, 2020).

Demiryolu araçlarında yapılan bakımlarla ilgili diğer bir araştırma da verimli bir bakım planı gerçekleştirilmesidir. Bakım maliyetlerinde, firma politikaları, bütçe engelleri, müşteri istekleri ve kısa ve orta vadeli taşıma planları etki etmektedir. Verimli bir bakım planı oluşturmak için yük vagonlarının kritiklik seviyeleri AHP-COPRAS programları kullanılarak, yıllık bakım planı oluşturulmuştur. Bu çalışma ile taşıma faaliyetlerini en az düzeyde etkileyecek bir bakım planı ortaya çıkmıştır. (Özdemir, 2020).

Diğer bir çalışmada RAMS verileri kullanılarak demiryolu araçlarında bakım ve arıza maliyetlerinde iyileştirmelerin neler olabileceği incelenmiştir. RAMS kelimesinin açılımı şu şekildedir, güvenilirlik (R), kullanılabilirlik (A), sürdürülebilirlik (M) ve emniyet (S) kelimelerinden gelmektedir. Demiryolu araçlarında oluşan arızaların verileri

kullanılarak RAMS yöntemleriyle çalışma yapılmıştır. Bu analiz sonuçları detaylı değerlendirilerek problemlerin asıl sebepleri incelenmiş, bakım maliyetlerini düşürmek için verilerin ne şekilde kullanılması gerektiği anlatılmıştır (T. Kadioğlu, 2020).

Literatürde bir diğer çalışma Paris-Est Üniversitesi' nde 2015' te yapılmıştır. Bu araştırma da vagon arıza verilerinde nadir olan arıza olaylarının tahmini için zamansal seri verileri değerlendirilmiştir. Trenlere araçların yer ve zamanlarının anlık veri aktarılmasını gerçekleştiren dijital sensörler eklenmiştir. Proaktif bakım aktiviteleri için az görülen eğim ve çekiş arızalarını tahmin etmeye yarayacak kuralları belirlemek amaçlanmıştır. Farklı farklı metodolojiler araştırılmıştır. Zamansal seri verilerinin veri madenciliği ile değerlendirilmesi üzerine çalışma yapılmıştır. (Sammouri, 2015).

Literatürde genellikle bakım planı oluşturma ve bakım maliyetleri azaltma üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu konuların akabinde raylı sistem araçları için bakım atölyeleri belirlenmesinde yapılan araştırmalar bulunmaktadır. Raylı sistem araçlarının tercih edilmesinin öne geçmesi ile bakım yapılan yerlerdeki yoğunluk ve vagon park alanlarında da sorunlar yaşanmaya başlanmıştır. Gece vardiyalarında bakım atölyelerinde oluşan yoğunluk sorunlarının giderilmesi için bakımların gündüz yapılması üzerine fikir oluşturulmuş fakat çalışan sayısı ve bakım yeri seçiminde zorlanılmıştır. Bakım atölyesi belirlenmesi için karma tam sayılı programlama modeli kullanılmıştır. Bu modelle ile Hollanda Demiryollarında atöyelere araç gidiş-gelişleri için gündüz çalışmasında bakım aktivitelerinin büyük bir kısmının gerçekleştirilebileceğine ulaşılmıştır. Çalışma da süre bakım planlaması için önemli bir girdi olmuştur. Analizler sonucunda bakım atölye seçimi farklı uzunluklardaki bakım hatları ve farklı girdiler için tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Günlük yapılan bakımlar göz önünde tutularak en çok iş yükü bulunan bakım iş yeri belirlenmiştir. Tüm raylı sistem araç departmanları dahil olan planlama için 20 bakım atölyesi açılırsa, aktivitelerin en az %30,1'lik ortalama gündüz payı olabileceği hesaplanmıştır. Bu araştırmada bazı kısıtlamalar tanımlanmıştır. Veri analizi planlanan bakım planları üzerinden yapılmıştır. Burada olası kesintiler hesaba katılmamıştır. Raylı sistem vagonlarının değişimi bakım esnasında çoğunlukla değişir ve sonucunda oluşturulan standart bakım planı ve standart bakım atölye belirlenmesi çoğunlukla en uygun olan olmayabilir. Bakım süreleri ve aralıkları pratikte farklılıklar gösterebilir. Raylı sistem araç çeşitleri gibi yeni kriterler göz önünde bulundurularak formülasyon geliştirilebilir (J. Zomer, 2021).

Literatürde yapılan çalışmalara baktığımızda yaşam döngüsü ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Endüstriyel ve teknik amaçlı bir ürün olarak demiryolu vagonları, kullanım amacına göre kullanılan filoya kabul edilir ve belirlenen hazır olma derecesinde tutulur. Vagonun verimliliği ve hizmet verebilirliği planlı bakım ve onarımlar ile sağlanır. Yük vagonları yükleme/boşaltma, mal taşıma operasyonlarında kullanılır. Teknik kullanım üç aşamadan oluşur. İlk aşama, vagonun arızasının tespiti ya da vagonun yükleme için elverişsiz hale gelmesiyle başlar. İkinci aşamada vagonların bakım atölyesine yönlendirilmesidir. Vagonların tamirinin mümkün olmaması durumunda geçici veya uzun depolamaya alınırlar. Üçüncü aşamada vagonların tamiri yapılır ve araç kullanım için geri gönderilir. Yük vagonlarının bakımı demiryolu taşıtları ile hizmet veren şirketlerin önemli bir maliyet kalemidir. Mevcut rekabet ortamında maliyet optimizasyonu önemli bir konudur. Bakım maliyeti nakliye tarifesi ve teknik kullanım aşamasında harcanan süre ile belirlenir. Yük vagonlarının bakım politikaları, vagonların verimliliklerini ve hizmet verebilirliklerini geri kazanma çalışmalarının optimizasyonu olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, araçların bakım istasyonlarına en uygun şekilde dağıtılması önemlidir. Nakliye hizmetleri piyasasının gelişmesiyle birlikte, planlanan bakımlarda yük vagonlarının verimli bir şekilde taşınması gerekmektedir. Yapılan çalışmada daha önceki vagonların dağıtım ve bakım istatistikleri kullanılarak bakım planları için model oluşturulması hedeflenmiştir. Bakım planı modeli, tamirhanelere zamanında fon temini, aynı zamanda araba taşıma maliyetini optimize etmek için kullanılabilir (Mikhail Yu. Kulikov, 2018).

Teknoloji çağının en önemli konusu, büyük verilerin analiz edilmesi ve bu analiz sonuçlarının hedefler doğrultusunda kullanılabilir hale gelmesidir. (Kaya, 2003). Bilgisayarların bulunduğu her yerde anlık veriler oluşmaktadır. Sürekli iyileştirme için verilerin biriktirilmesi ve düzenlenmesi için yapılan çalışmalar veri analizi olarak adlandırılır. Veriler analiz sonucunda anlam kazanmaktadır. Bir konuyla ilgili sorun çözme için kullanılabilir duruma gelmektedir. İstatistiksel analizler ile data lar bilgiye dönüştürülerek istenilen konu üzerine kullanılabilecek şekle getirilmektedir.

Demiryolu sektöründe bakımla ilgili yapılan çalışmaların demiryolu üstyapısı ve altyapısı ile ilgili olduğu görülmektedir. Demiryolu vagonları üzerine öncelikle yük vagonlarına özel yapılan çalışmalar çoğunlukta değildir. Bu araştırmada Türkiye’de ilk kez yük vagonlarıyla ilgili tutulan bakım verilerinin analizi yapılmıştır. Bakım maliyetlerini düşürebilecek değerlendirmeler belirlenmiştir.

2. YÜK VAGON TİPLERİ

Demiryolu taşımacılığının temel parçalarında biri de vagonlardır. Yük ve yolcu taşımak için tasarlanan vagonlar birbirine bağlanarak bir lokomotif sayesinde çekilen en basit anlatımıyla demiryolu araçlarıdır. Taşımacılık için tercih edilen vagonlar özelliklerine göre birçok çeşitliliğe sahiptir. Yük vagonları sayesinde gıda malzemelerinden, yapı malzemelerine kadar sayısız yüzlerce ürün taşınabilir. Bu durumda yük vagonlarının önemini arttırmaktadır. Aşağıdaki tabloda yük vagon tipleri verilmiştir.

Tablo 2.1. *Yük vagon tipleri*

Yük Vagonları	Yük Vagon Tipi
Kapalı Vagonlar	Gbs, Gabs, Hbbillnss, Habis, Habiss, Uadgs, Tadns, Talns
Açık Vagonlar	Els, Eanoss, Fas, Fals, Falns, Fad, Fabls
Platform Vagonlar	Ks, Kbs, Rilnss, Rgns, Sgs, Sgss, Ss, Sggmrs
Ağır Vagonlar	Uaaikk, Uaaik, Uaai
Sarnıç Vagonlar	Zae, Zans, Zas, Zaes

Yük vagonlarında taşınabilecek yük çeşitliliği fazla olduğu için yük vagonları da farklı özelliklerde birçok tipte bulunmaktadır. Tablo 2. Yük vagon tiplerinin genel olarak kullanım özellikleri verilmiştir (TCDD, 2019).

Tablo 2.2. *Yük vagon tiplerinin kullanım özellikleri*

Vagon Tipi	Vagon Açıklaması	Kullanım Özellikleri
G	Kapalı Vagon	Ev eşyası, gıda maddesi, canlı hayvan taşımacılığı
H	Yan Duvarlı Kapalı Vagon	Paletli eşya taşımacılığı
E	Yüksek Kenarlı Vagon	Kömür, maden cevheri, demir, kum taşımacılığı
K-R	Platform Vagon	Taşıt, iş tarım makineleri taşımacılığı
Rilns	Çok Amaçlı Vagon	Taşıt, paletli araç taşımacılığı
S	Platform Vagon	Konteyner, tank, ağır iş makineleri taşımacılığı
F	Yüksek Kenarlı Vagon	Kömür, maden cevheri taşımacılığı
Ug	Özel Tip Vagon	Dökme hububat taşımacılığı
Z	Sarnıçlı Vagon	Akaryakıt, sıvı taşımacılığı
Uaa	Ağır Yük Vagonu	Ağır ve havaleli yüklerin taşımacılığı
Ta	Dökme Yük Vagonu	Dökme cevher taşımacılığı

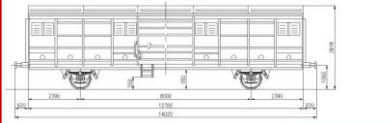
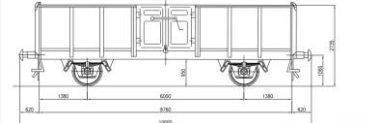
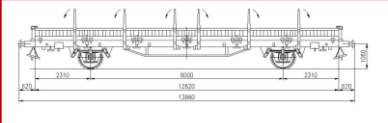
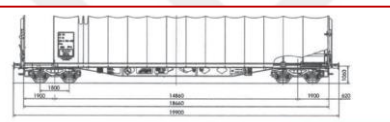
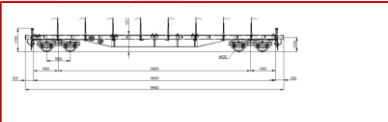
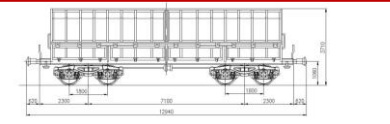
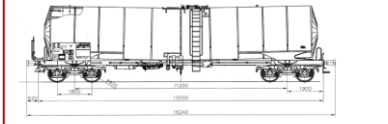
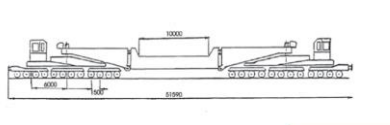
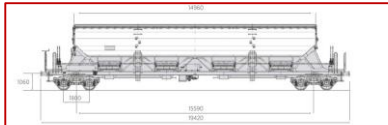
Kapalı vagonlar, çok amaçlı ve özel, tane ve dökme yükler gibi çeşitli yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Taşıma kapasitesi 68-71 ton (4 akslı), 120-132 ton (8 akslı) olanlar bulunmaktadır. Yükleme ve boşaltma yan taraflardan yapılmaktadır.

Yüksek kenarlı yük vagonları hurda, demir, kömür, cevher gibi dağınık yüklerin taşınması için uygun bir vagon tipidir.

Platform vagonlar konteynır, makine, araç ve kereste, boru gibi uzun ürünlerin taşınmasında kullanılmaktadır. Çok amaçlı platform vagonlar farklı tip ürünlerin taşınmasında kullanılmaktadır. Yükleme ve boşaltma özel ekipmanlarla yapılmaktadır.

Sarnıç vagonlar gıda ve gıda dışı sıvı kargo, sıvılaştırılmış gazlar ve toz halinde bulunan ürünlerin taşınmasında kullanılmaktadır. Petrol ürünleri, sıvılaştırılmış gazlar ve diğer kimyasal olarak aktif sıvıların olduğu gibi su, süt ve şurup taşımalarında kullanılan sarnıç vagonlar bulunmaktadır. Sarnıç vagonların kapasiteleri genellikle 60, 120 ve 125 ton olabilmektedir.

Aşağıda Şekil 2.1.' de yük vagonlarının görselleri verilmiştir.

G Kapalı Vagon  G Tipli Kapalı Vagon G Type Covered Wagon 	H Kayar Yan Duvarlı Kapalı Vagon  H (Habit) Tipli Kayar Yan Duvarlı Kapalı Vagon H (Habit) Type Covered Wagon with Sliding Side Wall 
E Yüksek Kenarlı Vagon  E Tipli Yüksek Kenarlı Açık Vagon E Type High-Sided Open Wagon 	K-R Platform Vagon  K Tipli Platform Tipli Vagon K Type Platform Wagon 
Rilns Çok Amaçlı Vagon  Rilns Tipli Çok Amaçlı Vagon Rilns Type Multi-Function Wagon 	S Platform Vagon  S Tipli Platform Vagon S Type Platform Wagon 
F Yüksek Kenarlı Vagon  F (Flat-Ford) Tipli Yüksek Kenarlı Vagon F (Flat-Ford) Type High-Sided Wagon 	Z Sarnıç Vagon  Z Tipli Sarnıç Vagon Z Type Tank Wagon 
Uaa Ağır Yük Vagonu  Uaa (Load) Tipli Ağır Yük Vagonu Uaa (Load) Type Heavy-Haul Wagon 	Ta Dökme Yük Vagonu  T Tipli Dökme Yük Vagonu T Type Dump Freight Wagon 

Şekil 2.1. *Yük vagon tiplerinin görselleri*

3. GCU HATA KATALOĞU

GCU (GENERAL CONTRACT OF USE FOR WAGONS) uluslararası demiryolu trafiğinde demiryolu araçlarının kullanımına ilişkin sözleşmedir. Kontrat vagon sahiplerinin ve işletmecilerin karşılıklı haklarını ve sorumluluklarını belirtmektedir. Genel olarak aşağıdaki bölümlerden ve eklerden oluşmaktadır.

- Ana sözleşme
- Sözleşme tarafı vagon sahibi ve demiryolu işletmecileri
- Tanımlar
- Boş vagon taşıma dokümanları
- Vagon hasar raporu
- Vagon/boji hasarlarının tazmini
- Kullanım kaybının tazmini
- Yedek parça
- Vagonların işletmeciler arasında devrinde uyulacak teknik şartlar
- Vagonlarda düzeltici/önleyici bakım
- Vagon üzerinde yer alan işaretler
- Vagon hasar kataloğu
- İşletmeci tarafından yerinde yapılacak tamirler

Vagonlara ilişkin genel kullanım sözleşmesinde bu çalışma da özellikle incelediğimiz kısım hata kataloğudur. Bu çalışma da analizler yapılırken arıza kodları genel kullanım sözleşmesindeki alt maddeler ile eşleştirilerek arıza tanımları bulunmuştur. Aşağıdaki tabloda vagonlara ilişkin genel kullanım sözleşmesinde bileşen kodları ve hatanın tanımlandığı alt maddeler verilmiştir. Bu maddelerinde arıza detayları bir alt madde olarak kullanım sözleşmesi içerisinde yer almaktadır (GCU, 2022).

Tablo 3.1. *Vagonlara ilişkin genel kullanım sözleşmesinde bileşen kodları ve hatanın tanımlandığı alt maddeler*

Bileşen	Kod	Alt Maddeler
Hareketli Aksam	1	1.1 Bandajlı Tekerlek
		1.2 Monoblok Tekerlek
		1.3 Bandaj veya Monoblok Tekerleğin Bandaj Kısımı
		1.4 Tekerlek Bodeni
		1.5 Tekerlek Gövdesi
		1.6 Dingil
		1.7 Tekerlek Takımı
		1.8 Dingil Kutusu
Süspansiyon	2	2.1 Yaprak Susta
		2.2 Parabolik Sustaya İlişkin İlave Kriterler
		2.3 Helezon Susta
		2.4 Süspansiyon ile Dingil Kutusu Arasındaki Bağlantı
		2.5 Y25 Bojilerin Süspansiyon Sistemi
Fren	3	3.1 Mekanik Donanım
		3.2 Fren Bloğu
		3.3 Pnömatik Kısım
		3.4 Kıvılcım Tutucu Sacı
		3.5 El Freni
Vagon ve Boji Şasisi Vagon Şasisi	4	4.1 Vagon Şasisi
		4.2 Dingil Çatalı
		4.3 Dingil Çatalı Bağlantı Pernosu
		4.4 Aşınma Plakası
		4.5 Dingil Vagonlarda Süspansiyon Sportu
		4.6 Boji ve Şasi Arasındaki Bağlantı
		4.7 Boji Şasisi
		4.8 Yan Yastık Taşıyıcı ve Susta
		4.9 Sönümleyici Sistemdeki Sürtünme Yüzeyleri

Tablo 3.2. (Devam) *Vagonlara ilişkin genel kullanım sözleşmesinde bileşen kodları ve hatanın tanımlandığı alt maddeler*

Bileşen	Kod	Alt Maddeler
Tampon ve Cer Tertibatı	5	5.1 Tamponlar
		5.2 Tampon Plakası
		5.3 Tampon Kovanı
		5.4 Tampon Muhafazası
		5.5 Tampon Yay ve Sönümleme Elemanları
		5.6 Vidalı Koşum Takımı
		5.7 Cer Kancası
		5.8 Cer Tertibatı Parçaları
		5.9 Uzun Stroklu Damper
Vagon Gövdesi	6	6.1 Genel Vagon Gövdesi
		6.2 Kapalı Vagonlar
		6.3 Açık Vagonlar
		6.4 Platform Vagonlar
		6.5 Sarnıç Vagonlar
		6.6 Özel Tertibatlı Vagonlar
		6.7 Yük Ünite Tertibatı
Yükler ve Yük Üniteleri	7	7.1 Yük (Genel)
		7.2 Yüğü Emniyete Alma Ekipmanları
		7.3 Yüğü Emniyete Alma Metotları
		7.4 Özel Taşıma Tipleri
		7.5 Yük Üniteleri İçin Özel Bileşenler
		7.6 İlu Sarnıcı
		7.7 Yük Ünitelerinin Yüklmesi
		7.8 İşaretleme ve Kodlama
Çeşitli Hatalar ve İşletim	8	8.1 Hatalar ve İşletim
		8.2 Mücbir Sebepler

4. İŞ YERİ LİSTESİ

Bu çalışmada verileri analiz edilirken iş yerleri baz alınarak istatistiksel analizler oluşturulmuştur. Vagonların tamire tutulduğu iş yerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.1. *Tamire tutan iş yerleri*

Tamire Tutan İş Yerleri	Tamire Tutan İş Yerleri
Kayseri	Konya
Demirdağ	Kapıkule
Eskişehir	Ankara
Çatalağzı	Bandırma
Malatya	Uşak
Afyon	Zonguldak
İskenderun	Çankırı
Halkalı	Tatvan
Alsancak	Denizli
Mersin	Kapıköy
Balıkesir	Elazığ
Sivas	Diyarbakır
Soma	Bilecik
Yakacık	Gaziantep
Arifiye	Kütahya
Van	Derince
Ülkü	Erzincan
Tavşanlı	Gebze/Haydarpaşa

5. BAKIM KAVRAMLARI

Bakım bir makine veya tesisin işlevlerini yerine getirebilmesi için belirli aralıklarla yapılan çalışmaların tümüdür. Bu kısımda bakım, bakım türleri ve bakım aktiviteleri üzerinde durulacaktır.

5.1. Bakım

Demiryolu yük vagonların da yapılan araştırmalarda, bakım söz konusu olduğunda öne çıkan konular kabul edilebilir bir koşul ve maliyeti etkin bir şekilde kullanmaktır. Demiryolu yük vagonlarının durumu demiryollarının sağladığı hizmetin kalitesini ve aynı zamanda genel işletme maliyetini de etkiler. Burada yük vagonlarına kabul edilebilir koşuldan kastedilen sistemin düşük işletme maliyeti ile güvenli ve güvenilir bir hizmet sağladığı durumdur. Buda yük vagonlarının bakım politikasının hizmet açısından bir vagonun performansını ve işletme maliyetinin etkisinin hesaba katılması gerektiğini göstermektedir. Demiryollarında yük vagonlarını sık sık yeni vagonlarla değiştirerek iyi durumda tutabilirler. Ancak bu, bileşenlerin daha az kullanılmasına ve yük vagonları için daha fazla arıza süresine neden olacaktır. Demiryolların da genel olarak maliyeti fazla olan bileşenlerin bir veya birkaçında daha uzun ömür ve daha düşük maliyet sağlayan bakım stratejileri tercih edilmekte ve bu konularda çalışmalar yapılmaktadır (Ma, 1997).

5.2. Güvenilirlik ve Bakım Kolaylığı

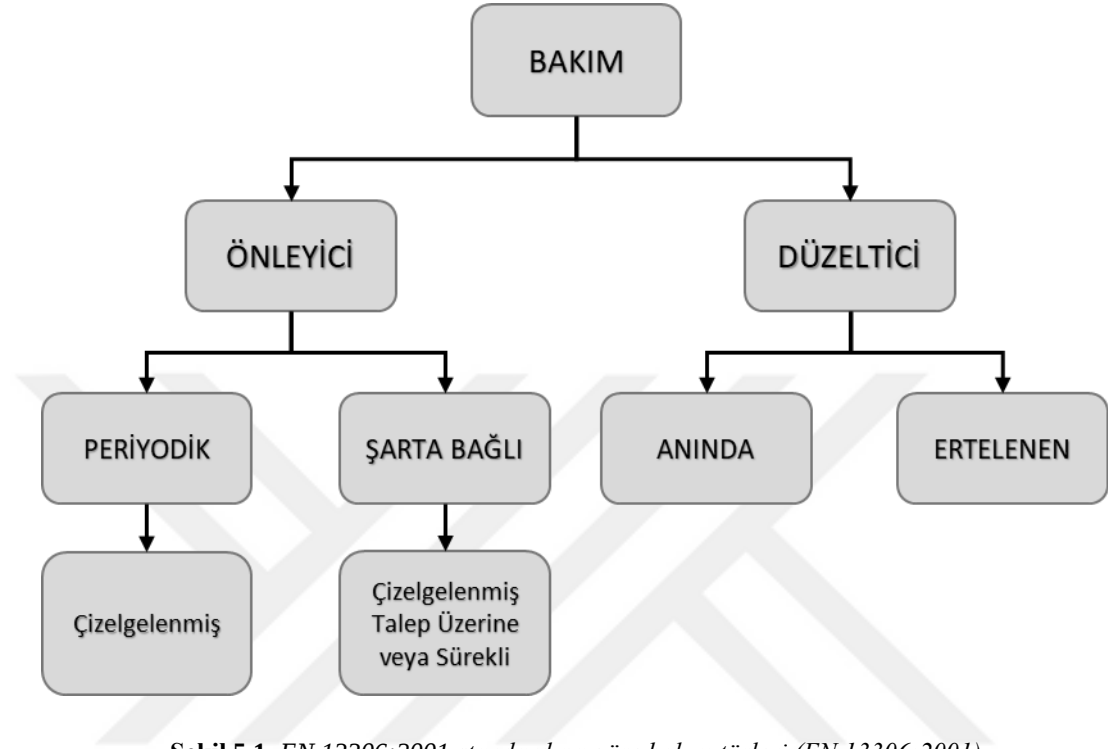
Güvenilirlik (Reliability), bir parçanın ya da bir sistemin, belirli faaliyet koşulları altında, işlevini, belirli bir zaman aralığında yerine getirme olasılığı olarak tanımlanır. Güvenilirliği operasyonel anlamda düşünmek için hatalar ve zaman aralığı iyi tanımlanmalıdır.

Bakım kolaylığı (Maintainability), bakım faaliyetleri belirlenmiş prosedürlere uygun şekilde gerçekleştirildiğinde, arızalanmış parça ya da sistemin, belirli bir zaman aralığında, yenilenmesi ya da tamir edilmesi olasılığı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle bakım kolaylığı parçanın ya da sistemin verilen zaman içerisinde onarılmasıdır.

Bakım planları ve prosedürleri belirlenirken bu kavramlar ve bu kavramları etkileyen parametreler göz önünde bulundurulmaktadır.

5.3. Bakım Türleri

Bakım terminolojisinde bakım türleri genel olarak düzeltici ve önleyici olarak ikiye ayrılır.



Şekil 5.1. EN 13306:2001 standardına göre bakım türleri (EN 13306:2001)

5.3.1. Önleyici bakım

Ekipman arızası beklenmeksizin, önceden belirlenen bakım faaliyetleri önleyici bakım olarak tanımlanır. Buradaki temel amaç ekipmanların fonksiyonlarını yitirmesini önlemek ve arıza olasılığını düşürmektir. Önleyici bakım periyodik ve şarta bağlı olarak ikiye ayrılır.

Periyodik bakım; önceden belirlenmiş zaman aralıklarına göre gerçekleştirilen bakım türüdür. Bu türde önceden parça durumu takip edilmemektedir.

Şarta bağlı önleyici bakım; belirli kriterlere ve parametrelere göre belirlenen, çizelgelenmiş, talep üzerine veya sürekli yapılan önleyici bakımdır. Kestirimci bakımda bu türün bir parçasıdır. Kestirimci bakım; toplanan verilerin analizine göre yapılan tahminler ile gerçekleştirilen önleyici bakım türüdür.

5.3.2. Düzeltici bakım

Düzeltici bakım ekipman arıza yaptıktan sonra ekipmanı eski haline getirmek için yapılan onarım faaliyetleridir. Arıza tanımlandıktan sonra yapılır.

Anında düzeltici bakım; arıza tanımı yapıldıktan hemen sonra gerçekleştirilen bakım faaliyetleridir.

Ertelenmiş düzeltici bakım; arıza tanımı yapıldıktan sonra belirli bir süre ertelenen bakım faaliyetleridir.

5.4. Bakım Aktiviteleri

Yapılan bakım aktiviteleri aşağıdaki gibidir.

Muayene; Parçanın uygunluğunun ölçme, test etme, kalibrasyon gibi ölçütler ile belirlenmesidir.

Gözlemlleme: Ekipmanın durumunu otomatik veya manuel olarak gözlemllemek için gerçekleştirilen faaliyetlerdir.

Gözlemlleme sürekli, belirli zaman aralıklarında veya belirli operasyonlardan sonra olabilir. Gözlemlleme genellikle çalışır durumda yapılmaktadır.

Rutin bakım: özel bir yetki ya da uzmanlık gerektirmeyen düzenli olarak yapılan temizleme, bağlantı noktalarını sıkma, sıvı seviyesini kontrol etme, yağlama bakım faaliyetleridir.

Revizyon: Bir tesis veya donanımın periyodik olarak ve kapsamlı bir şekilde muayenesini, bakımını ve onarımını içeren çalışmalardır. Revizyon sırasında makine/tesis, önemli bir süre (1 hafta, 1 ay gibi) bakıma tabi tutulur.

Yeniden yapma: Ekipmanların bileşenlerine sökülerek gerekli parçaların değiştirilmesi ya da tamir edilmesi işlemidir. Yeniden yapmanın revizyondan farkı aşağıda açıklandığı gibi iyileştirme ve modifikasyon içermesidir.

- İyileştirme: Ekipmanın gerekli fonksiyonlarını değiştirmeden güvenilirliğini iyileştirmek için yapılan tüm teknik ve yönetsel faaliyetlerdir.
- Modifikasyon: Ekipmanın gerekli fonksiyonlarını değiştirmek için yapılan tüm teknik ve yönetsel faaliyetlerdir.
- Tamir: Hata veren ekipmanın istenen fonksiyonlarını tekrar gerçekleştirmesi için yapılan fiziksel faaliyetlerdir.
- Hata teşhisi: Hatanın tanımlanması ve sebebinin ortaya konması için gerçekleştirilen faaliyetlerdir.
- Hatanın düzeltilmesi: Ekipmanın istenen fonksiyonlarını tekrar yapabilir hale gelmesi için hata teşhisinden sonra gerçekleştirilen faaliyetlerdir.

- Fonksiyon kontrolü: Bakım faaliyetleri gerçekleştirildikten sonra ekipmanın uygun şekilde çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için gerçekleştirilen faaliyetlerdir.

5.5. Bakım Verilerinin Yorumlanması

Demiryollarında bakım ile ilgili yapılan çalışmalarda bakım kriterlerinde üç önemli konunun kritik olduğu görülmüştür. Birinci kritik konu, denetimin doğruluğudur. Bakım faaliyetinde bileşenlerin gerçek durumunu belirlemek için bazı aksiyonların tanımlanmış olmasını gerekmektedir. Bunu belirlemek için genellikle muayene yapılır. Muayenenin doğruluğu, bakım faaliyetinin sonucunu etkilemektedir.

İkinci kritik konu, bakım sıklığıdır. Her bakım faaliyetinin bir maliyeti vardır. Bu maliyet, işçilik maliyetini içerir. Üretimin inceleme için kesilmesi gerekiyorsa, bazen hizmet dışı kalma süresi için de bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Bakım sıklığı kısa ise, toplam bakım sayısı fazla olacaktır. Bakım maliyeti de yüksek olacaktır. Diğer taraftan, bakım sıklığı arızayı yakalayacak kadar kısa değilse, bileşen ya da bileşenler arızalanır ve bileşen arızasıyla ilgili maliyetler oluşacaktır.

Üçüncü kritik konu ise koşul sınırıdır. Koşul sınırı, bileşenin ömrünü ve sistemin işletme maliyetini etkilemektedir. Buradaki koşul aşınmayı ifade eder, iyi bileşenler düşük aşınmaya sahiptir ve kötü bileşenler yüksek aşınmaya sahiptir. Koşul sınırı çok düşük ayarlanırsa bileşenlerin ömrü daha kısa olacaktır. Diğer taraftan, koşul limiti çok yüksek ayarlanırsa, bileşenin durumu sistemin olması gerektiği gibi çalışmayacak kadar kötüleştiği için işletme maliyeti çok yüksek olacaktır.

Genel olarak, bir bileşen incelendiğinde, bakımı yapılan bileşenin gerçek durumu, çeşitli nedenlerle yüzde 100 doğrulukla elde edilemeyebilir. Bu nedenle, bakımın doğruluğunu ölçmek için bazı göstergelere ihtiyaç vardır. Bu göstergelerden biri bileşenlerin inceleme koşullarının gerçek koşullar ile eşleştiğine dair bulunan orandır. Bu oran bize yardımcı olacaktır ancak tüm bakım faaliyetlerinin etkinliği için tek başına yeterli değildir.

Bakım faaliyetleri için hem maliyetler açısından hem de bakım faaliyetlerinin etkinliği açısından yeterli prosedürler oluşturulmalıdır. Prosedürlerde olabildiğince verimli inceleme politikaları oluşturulmalıdır. Bir bakım faaliyetinin etkinliğini birçok değişken etkiler. Bakım sıklığı en önemli değişkenlerden biridir. Bu inceleme ya da gözden geçirme diyebileceğimiz faaliyetler özellikle problemin nasıl yapılandırıldığına odaklanmaktadır. Bu sayede arızayı gidermek için farklı uygulamalar planlanabilmektedir.

6. METOT

Vagonların Tek Tip Kullanım Sözleşmesi (GCU) EK 9’da vagonların arıza sebepleri tablo olarak bulunmaktadır. Tabloda arıza nedenleri komponent bazında 8 grup olarak oluşturulmuştur. Sözleşme de bulunan tablolarda bu 8 grup alt gruplara da ayrılmaktadır. Raylı sistem araçlarında belirlenen yaklaşık 1000 adet arıza nedeni bulunmaktadır.

Bakım kayıtları alınırken TCDD Taşımacılık AŞ Vagon Teknisyenleri tarafından GCU Ek 9’da bulunan tamire tutma kodları kullanılmaktadır. Yaklaşık 1000 adet arıza nedeninden Türkiye’de bu kodlardan yaklaşık 100 tanesi kullanılmıştır.

Raylı sistemlerde bakım maliyetlerini düşürmek için yapılacak çalışmalarda öncelikle mevcutta bulunan bakım verilerini toplamak gerekmektedir. Bakım verileri araştırılırken; “Arıza Tarihi”, “Arızalanan Vagon Numarası”, “Bakım Atölyesi” ve “Arıza Nedeni” verilerini değerlendirmek gerekmektedir. Bu çalışma da istatistiksel analiz sırasında, 2019 ve 2022 yılları arasında 74000 civarında arıza kaydı değerlendirilmiştir. Söz konusu data TCDD Taşımacılık AŞ’ nin SAP tabanlı Kurumsal Kaynak Yönetimi (KKY) sisteminden temin edilmiştir. Veri, pivot tablolar aracılığıyla analiz edilmiş, özetlenmiş ve raporlanmıştır.

Çalışma yapılırken aşağıdaki konular göz önünde bulundurulmuştur:

Tüm bakım atölyelerinin verileri eksiksiz ve doğru girildiği düşünülmüştür.

Tamir yapılacak arızaların kök neden ve iyileştirmelerin değerlendirilmesi, sadece vagon tiplerine göre yapılmıştır. Hız, taşınan yük miktarı, yol şartları, dinamik etkiler gibi kök nedenler ve bu kök nedenlere yönelik iyileştirmeler göz önünde bulundurulmamıştır.

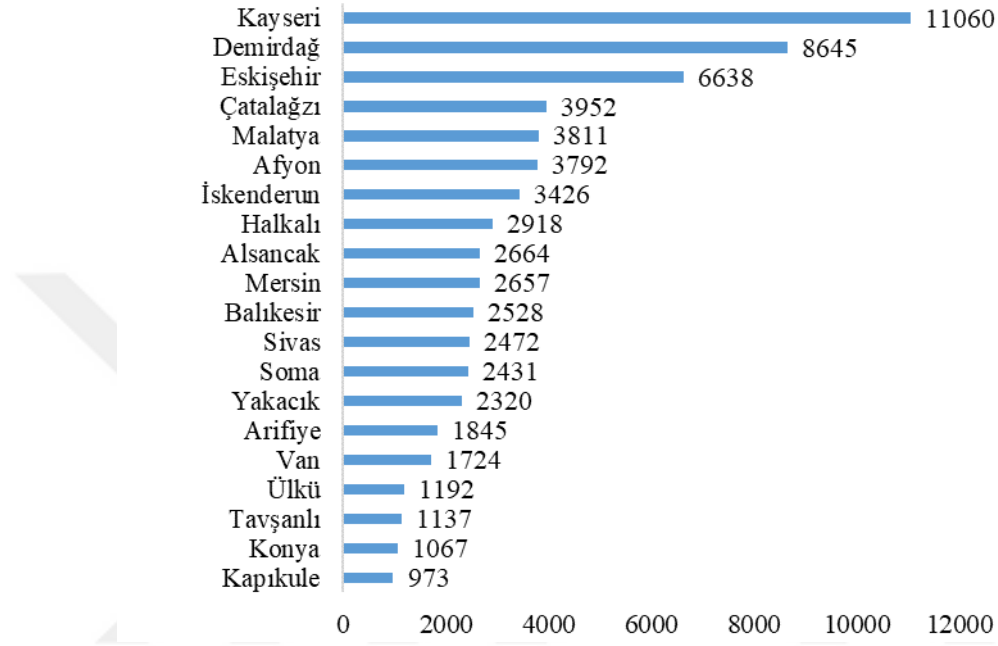
Analizler yapılırken aşağıdaki hususlar değerlendirmeye katılmamıştır;

- Demiryollarının eğim açıları
- Trenlerin fren sistemleri
- Trenin ne kadar aktif çalıştığı,
- Vagonun kaç yıldır kullanıldığı

TCDD Taşımacılık AŞ ‘nin verileri analiz edilmiştir, TÜRASAŞ Bölge Müdürlüklerinden herhangi bir veri kullanılmamıştır.

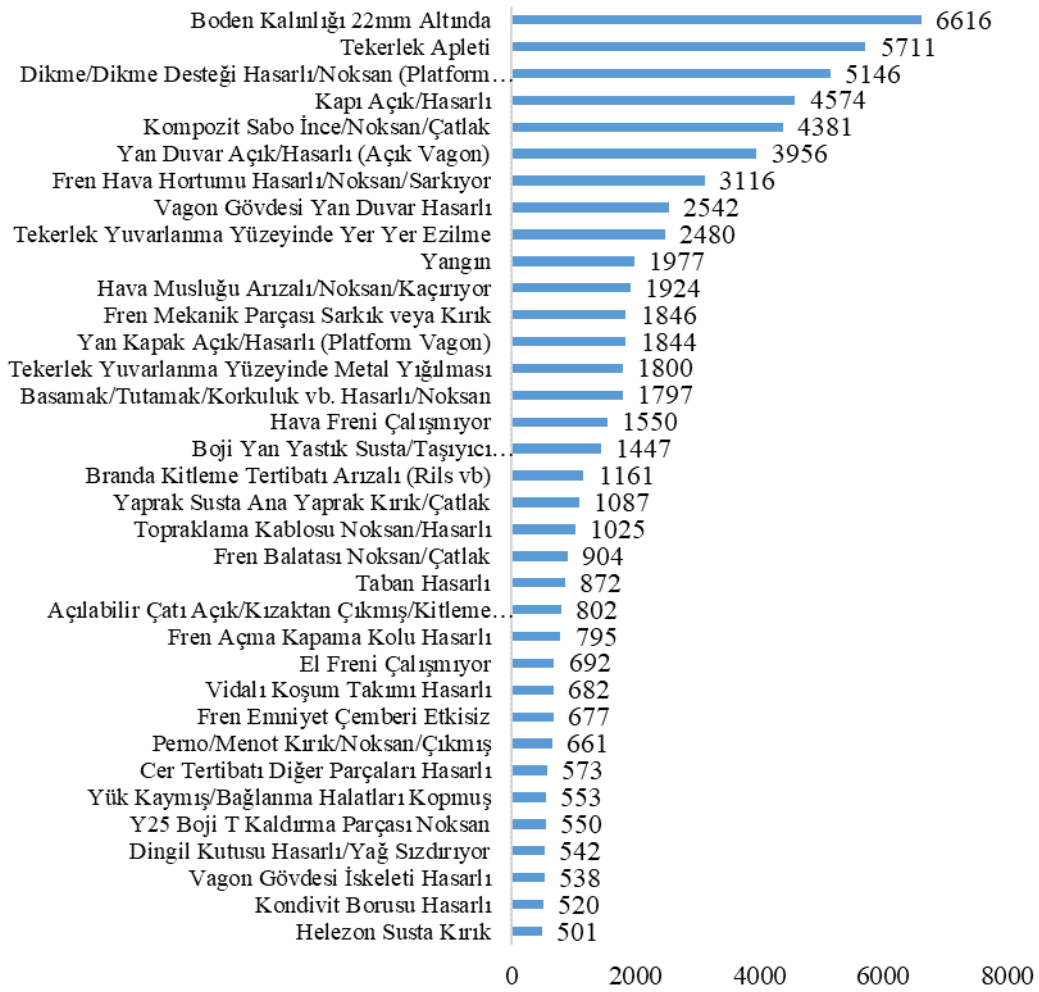
7. BULGULAR

Yük vagonları kullanım esnasında demiryolu güzergahları üzerinde farklı bölgelerden geçerken Vagon Teknisyenleri tarafından göz ile kontrol edilmekte, gerekirse ölçüm alınmakta ve bakımı yapılmaktadır. 2019-2022 yıllarında 150 ve üstü vagon bakımını yapan 36 işyeri bulunmaktadır.



Şekil 7.1. Vagon sayılarına göre en çok bakım yapılan 20 atölye

En çok bakım yapan atölyelerden ilk 20 yer Şekil 7.1.'de verilmiştir. 2019-2022 yıllarında Kayseri, Demirdağ, Eskişehir, Çatalağzı ve Malatya sırasıyla 11060, 8645, 6638, 3952 ve 3811 adet vagonun çeşitli sebeplerden dolayı bakımı yapılmıştır. İlk 5 tamire tutulan yerden sonra sırasıyla Afyon, İskenderun, Halkalı, Alsancak ve Mersin gelmektedir.

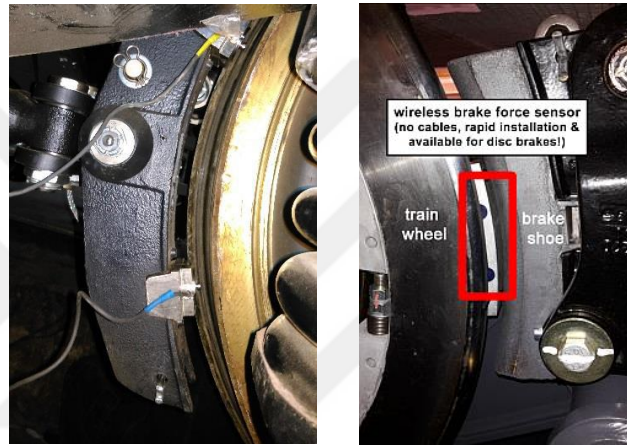


Şekil 7.2. Vagon sayısına göre arıza nedenleri sıralaması

Bakımı yapılan vagon âdetine göre arıza nedenleri Şekil 7.2.’de verilmiştir. Şekil 7.2.’de görüleceği üzere 2019-2022 yıllarında “Boden Kalınlığı 22mm Altında” gerekçesi ile 6616 adet vagonun bakımı yapılmıştır. “Tekerlek Apleti” sebebiyle bakımı yapılan vagon sayısı 5711’ tir. Bu iki arızadan dolayı bakımı yapılan vagonların tekerlekleri torna edildikten sonra demiryolları hattına verilebilmektedir. En çok Çatalağzı, Kayseri ve Afyon’da “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Tekerlek Apleti” nedenleri ile vagonlar bakıma gönderilmiştir. Çatalağzı, Kayseri ve Afyon’da genel olarak tekerlekleri torna yapmaya yönelik kapasitenin arttırılması ve geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. “Tekerlek Apleti” sebebi en çok Çatalağzı’ndan vagonlar bakıma gönderilmiştir. Apletinin işletmecilik hatası mı yoksa vagonda bulunan teknik bir aksaklıktan mı kaynaklandığı tespit edilmelidir.

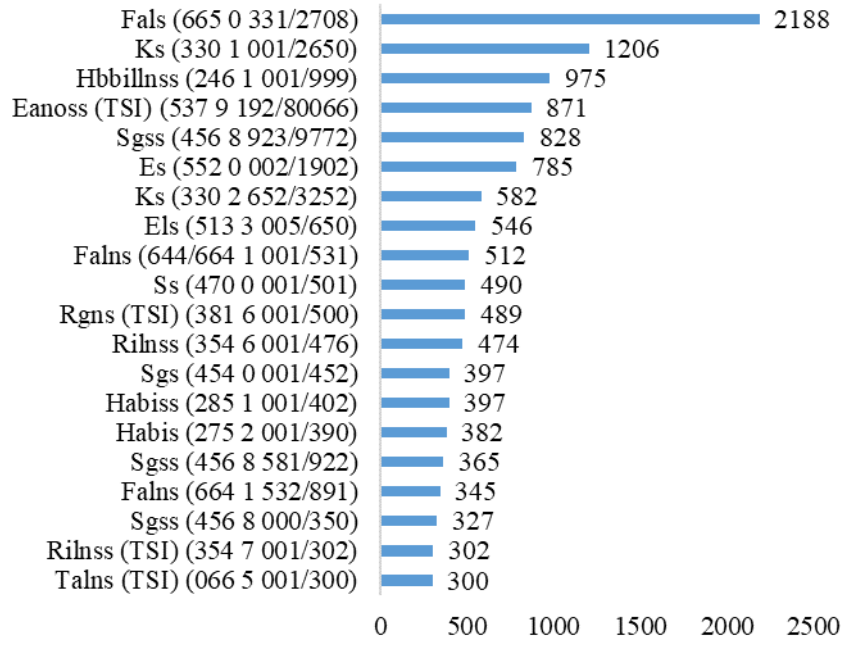
“Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)” gerekçesi ile tamire tutulan vagon sayısı 5146, “Kapı Açık/ Hasarlı” gerekçesi ile tamire tutulan vagon sayısı

4574 ve “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” gerekçesi ile tamire tutulan vagon sayısı 4381 adettir. Platform vagonlarında dikme ve dikme desteklerinin hasarlı ya da noksan olması sebebiyle tamire tutulduğu görülmektedir. “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Tekerlek Apleti” gerekçelerinden sonra vagonların genel olarak vagonun gövdesi/sandığı ile ilgili “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)” ve “Kapı Açık/ Hasarlı” gibi fiziksel hasarlardır. Vagonlara cevher yükleme veya boşaltma esnasında genellikle gövdesinin hasar gördüğü görülmektedir. Cevher vagonlara üstten iş makinası kepçesiyle yüklendiği için vagon gövdesi/sandığı zarar görmektedir.



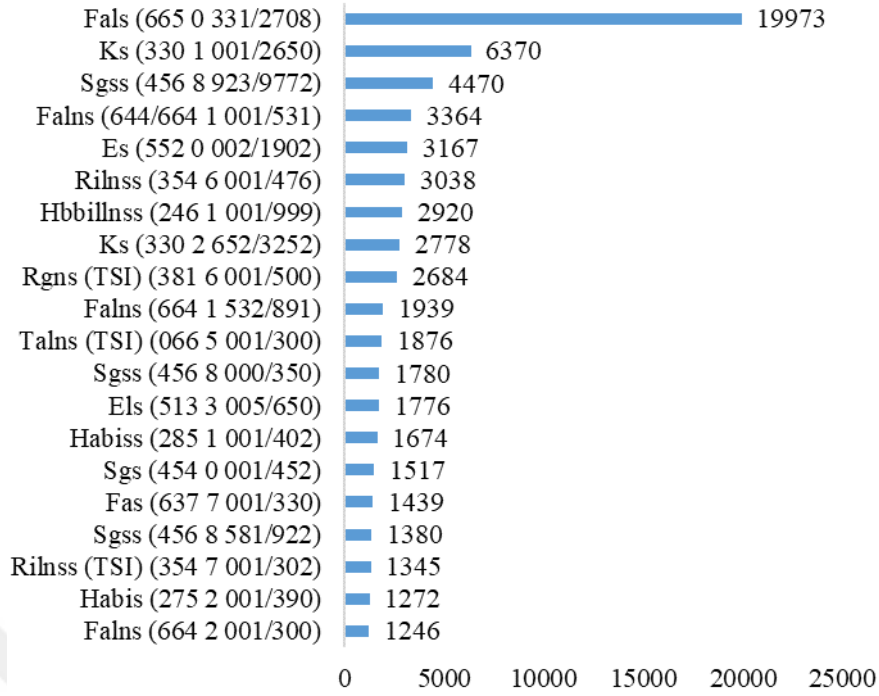
Şekil 7.3. Sabo kuvveti ölçmek için sensörler [11-12] (PRODAT, 2023).

Şekil 7.2.’de tamire tutulan vagon adetlerine bakıldığında 5. Sırada “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” gerekçesi gelmektedir. Frenlerde sabo, tekerlek aderans yüzeyine sürtünmeyle frenleme etkisi oluşturur. Burada sabolara gelen fren kuvvetini ölçmeye yarayan test ekipmanının kullanılması gerekmektedir. Fren yüzdesi ve hesapları tolerans dışı olan vagonları Şekil 7.3.’de görülen test sensörü ile saptamak mümkündür. UIC 543-1 Ek B’de bulunan “Kontrol Listesi” kullanılarak dijital fren test ekipmanı ile yapılabilecek kontroller geliştirilmelidir.



Şekil 7.4. Vagonların tip bazında adeti

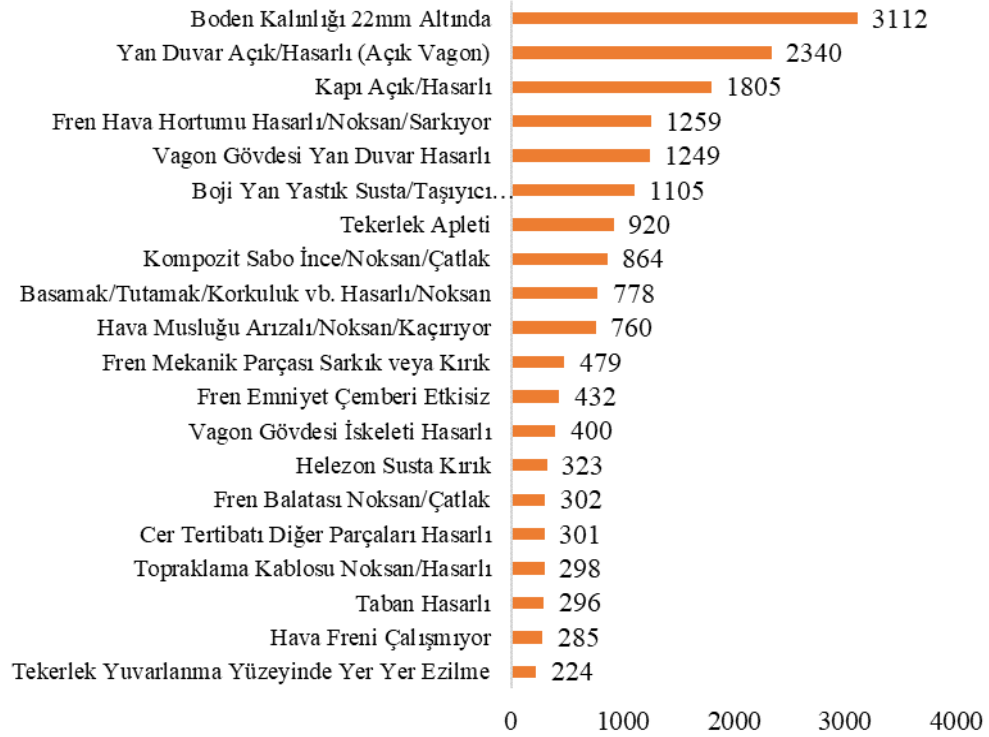
TCDD Taşımacılık AŞ'e ait olan demiryolu araç parkında 16475 adet yaklaşık 50 farklı tipte ticari yük vagonu bulunmaktadır. Şekil 7.4.'de araç parkında bulunan yük vagonlarının tiplerine göre adetleri verilmiştir. Şekil 7.4.'de görüleceği üzere araçlardan 2188 adeti Fals (665 0 331/2708) tipinde yük vagonudur. Sonrasında sırasıyla Ks (330 1 001/2650) tip vagon 1206 adet, Hbbillnss (246 1 001/999) tip vagon 975 adet, Eanoss (TSI) (537 9 192/80066) tip vagon 871 adet ve Sgss (456 8 923/9772) tip vagon 828 adet vardır.



Şekil 7.5. Tip bazında tamire tutulan vagon adeti

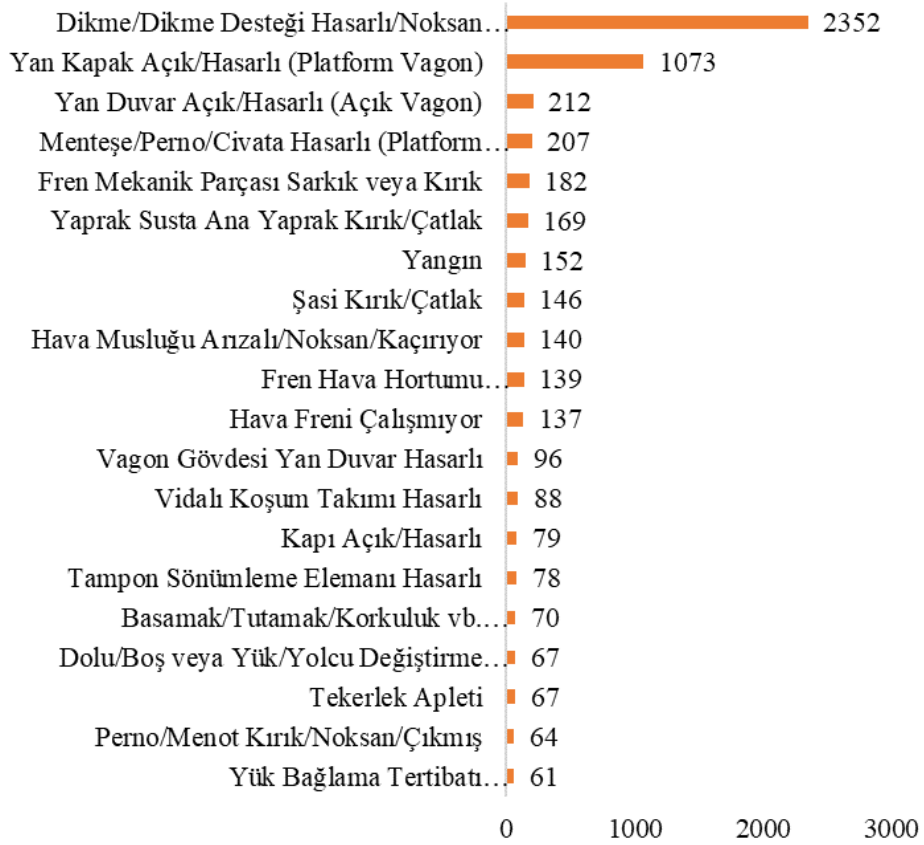
Şekil 7.5.'de ise tip bazında bakım yapılan vagon adetleri bulunmaktadır. TCDD araç parkında en çok mevcut olan Fals vagonlar, aynı anda en çok bakıma gönderilen yük vagonudur. Fals (665 0 331/2708) tip vagon 19973 adet tamire tutulmuştur. Sırasıyla Ks (330 1 001/2650) tip vagon 6370 adet, Sgss (456 8 923/9772) tip vagon 4470 adet, Falns (644/664 1 001/531) tip vagon 3364 adet ve Es (552 0 002/1902) tip vagon 3167 adet tamire tutulmuştur.

Tip bazında bakıma gönderilen vagon sayısı tip adetine bölündüğünde, Fals (665 0 331/2708), Fas, Falns (644/664 1 001/531), Rilnss (354 6 001/476) ve Talns (TSI) (066 5 001/300) tiplerinin sırasıyla 9,1, 7,7, 6,6, 6,4 ve 6,3 değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Sonrasında bulunan Fas (637 7 001/330) tipi, Şekil 7.5.'de ilk 10 sıralamasında görülmemektedir. Buradan Fas vagonların adeti az olmasına karşın, tamire çok gönderildiği görülmektedir. Fas (637 7 001/330) tipinin çok kullanıldığı ya da ekonomik ömrünün sonuna yaklaştığı anlaşılabilmektedir.



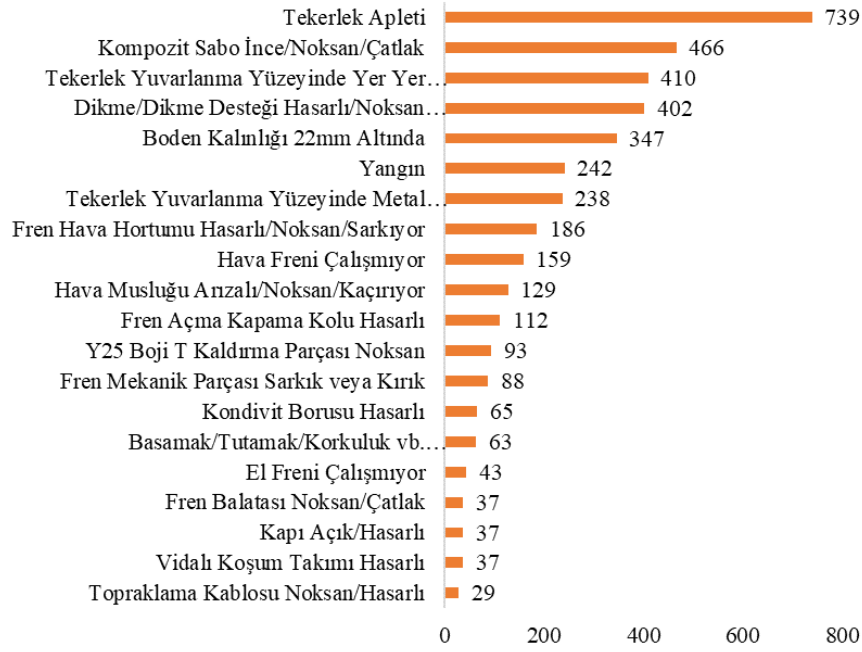
Şekil 7.6. Fals (665 0 331/2708) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

Şekil 7.6.'da Fals (665 0 331/2708) vagonların hangi arıza nedenleri ile bakım gönderildiği verilmiştir. Fals (665 0 331/2708) vagonlar en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” olduğu nedeniyle bakım yapıldığı için vagonların çok kullanıldığı anlaşılmaktadır. Fals (665 0 331/2708) tipinde; “Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)”, “Kapı Açık/Hasarlı, Vagon Gövdesi Yan Duvar Hasarlı” sebepleri çok sayıda vagona bakım yapılmıştır. Bu arıza sebepleri genel olarak vagonun gövdesi ile ilgili deformasyonlardır. Bu tip araçlara yükün konulması sırasında aracın gövdesi çoğunlukla hasar görmektedir. Fals araçların gövdesinin yapısına baktığımızda zayıf ve yan duvar açıklıkları fazladır. Bundan sonra üretimi yapılacak vagonların daha kalın profil veya Hardox gibi daha mukavemetli yapı çeliği kullanılabilir ya da yan duvar açıklıkları düşürülebilir. 1259 adet ile öne çıkan diğer arıza nedeni “Fren Hava Hortumu Hasarlı/Noksan/Sarkıyor” dir. Burada işi biten hava hortumlarının yerine konulmadığı anlaşılmaktadır.



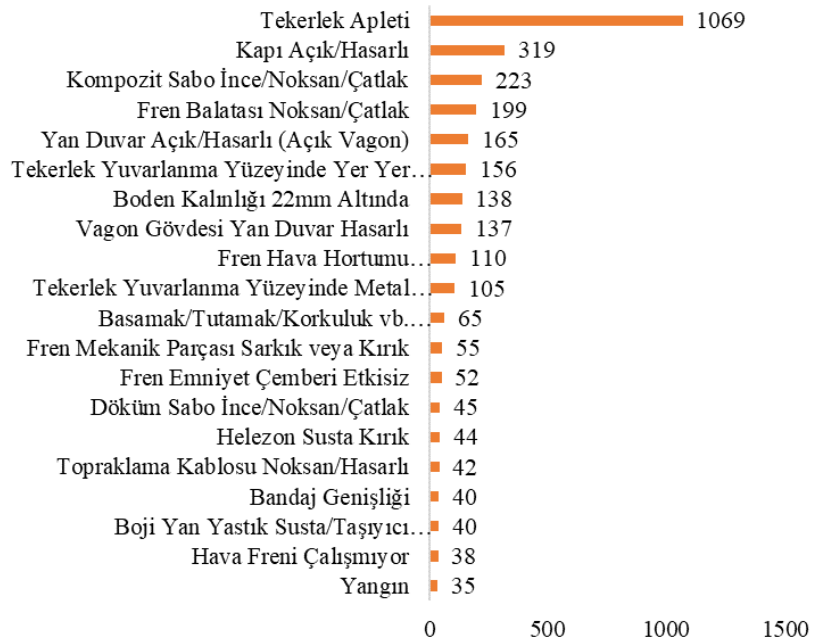
Şekil 7.7. Ks (330 1 001/2650) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

Şekil 7.7.'de Ks vagonlarında arıza nedenleri ve vagon sayıları görülmektedir. Ks araçlar genel olarak bakım gönderilen araçlara bakıldığında Fals tipinden sonra gelmektedir. Araçlarda; “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)” ve “Yan Kapak Açık/Hasarlı (Platform Vagon)” sebebiyle vagonlar en çok bakım gönderilmiştir. Bu arıza nedenlerine baktığımızda aracın gövdesi ile ilgili olduğu görülmektedir. Bu hasarların kullanım sırasında olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.



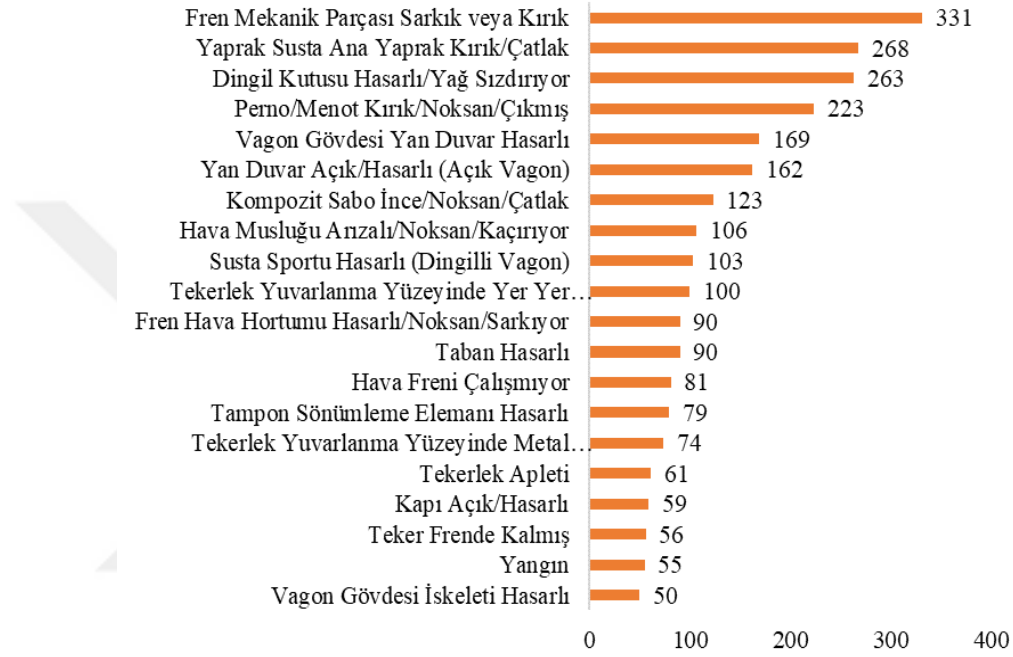
Şekil 7.8. Sgss (456 8 923/9772) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

Şekil 7.8.'de Sgss araçlarının bakım verilerinin analizi verilmiştir. Bu tipteki vagonlarda arızalara bakıldığında çoğunlukla tekerlekle ilgili olan ezilme ve apleti hatalarının olduğu görülmektedir. Sonuç olarak epidemik fren arızası olabileceği düşünülmektedir.



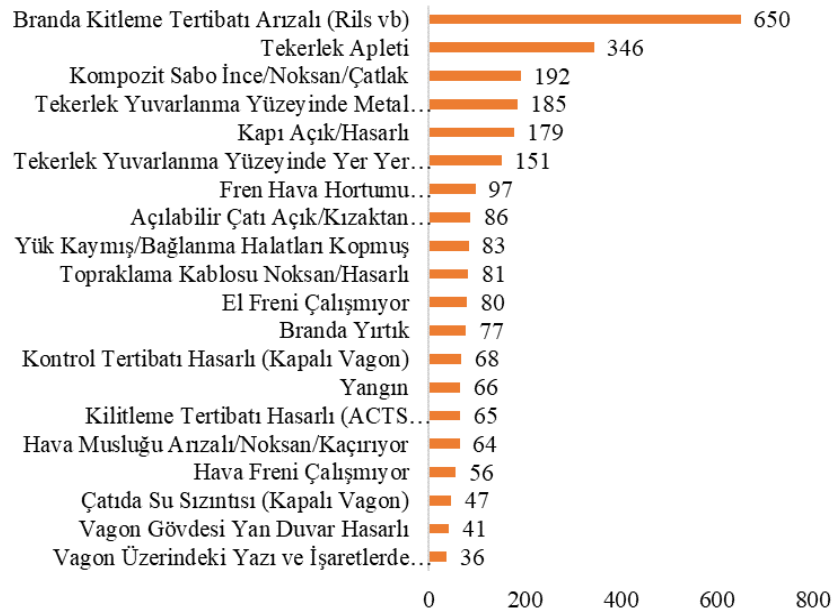
Şekil 7.9. Falns (644/664 1 001/531) vagonun arıza neden adetlerine göre bakım gönderilmesi

Şekil 7.9.’da Falns tipinde araçların bakım verileri incelenmiştir ve hangi arızalaral bakıma gönderildiği çıkartılmıştır. Bu araçlar en çok “Tekerlek Apleti” sebebiyle bakıma alınmıştır. Apleti sebebiyle bakıma gönderildiği için epidemik fren arızası olabileceği düşünülmektedir. Verilerin bulunduğu süre zarfı içerisinde bu tipte diğer vagonlar da incelenmiştir, tekerlek apleti hatası yaygındır. Sonuç olarak araçların fren yüzdelerinin hatalı olduğu çıkarılmaktadır ve bu değerlerin kontrol edilmesi gerekmektedir.



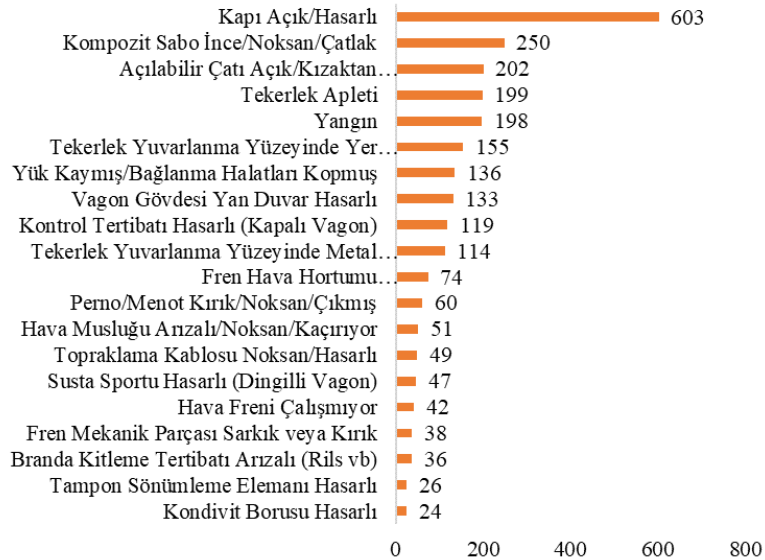
Şekil 7.10. Es (552 0 002/1902) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

Şekil 7.10.’da Es tipinde araçların hangi nedenlerle bakıma gönderildiği sunulmuştur. Bu araçların malzeme yorulmasına dayanan “Fren Mekanik Parçası Sarkık veya Kırık”, “Yaprak Susta Ana Yaprak Kırık/Çatlak”, “Dingil Kutusu Hasarlı/Yağ Sızdırıyor” ve “Perno/Menot Kırık/Noksan/Çıkmış” gibi sebeplerle bakıma gönderildiği çıkarılmıştır. Bu tip araçların çalışma ömrünün azaldığı görülmektedir ve ıskartaya ayrılması gerekmektedir.



Şekil 7.11. Rlnss (354 6 001/476) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

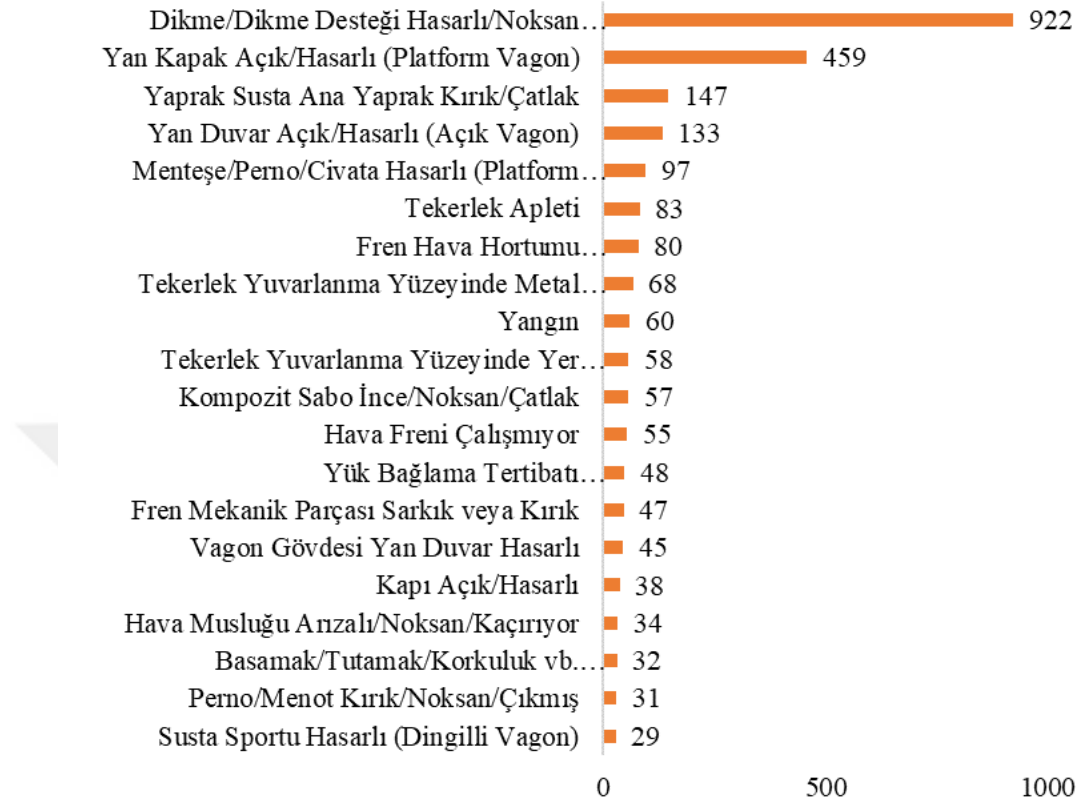
Şekil 7.11.'de Rlnss araçlarına göre analiz yapılmıştır. Bu tip vagonlarda çoğunlukla brandayla ilgili bakıma gönderilen araçlar olduğu görülmüştür. Branda kitleme mekanizmalarının zarar gördüğü çıkarılabilmektedir.



Şekil 7.12. Hbbillnss (246 1 001/999) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

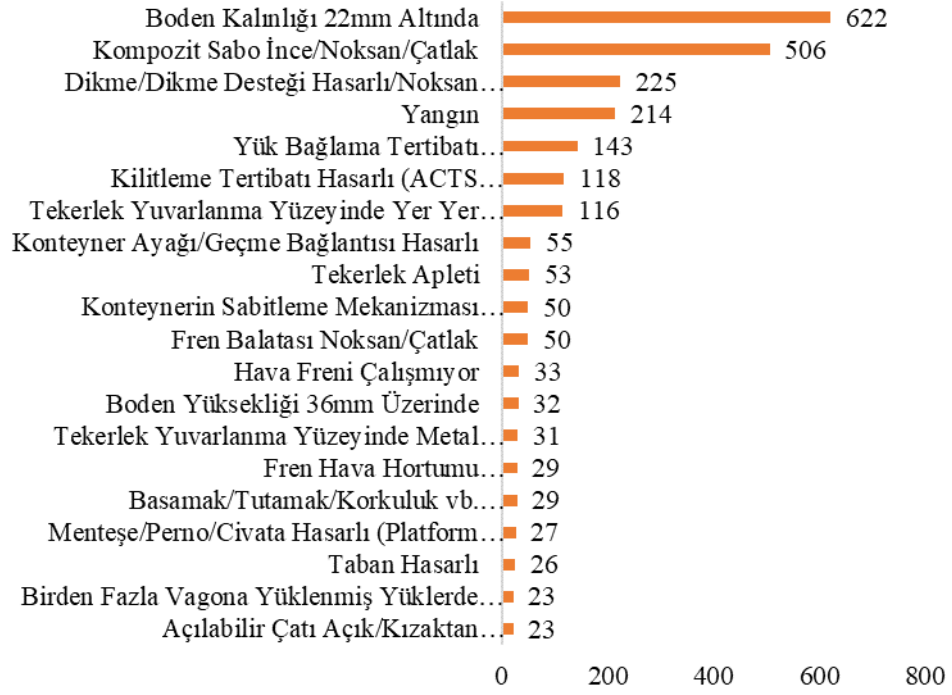
Şekil 7.12.'de Hbbillnss (246 1 001/999) araçların arıza nedenlerine göre vagon dağılımları verilmiştir. Bu tip vagonlarda araç gövdesindeki görülen arızaların analizde

de öne çıktığı saptanmıştır. Sonuç olarak bu arızaların kullanım kaynaklı olduğu ya da kapıların açma kapama mekanizmalarında arıza olabileceğine ulaşılmaktadır.



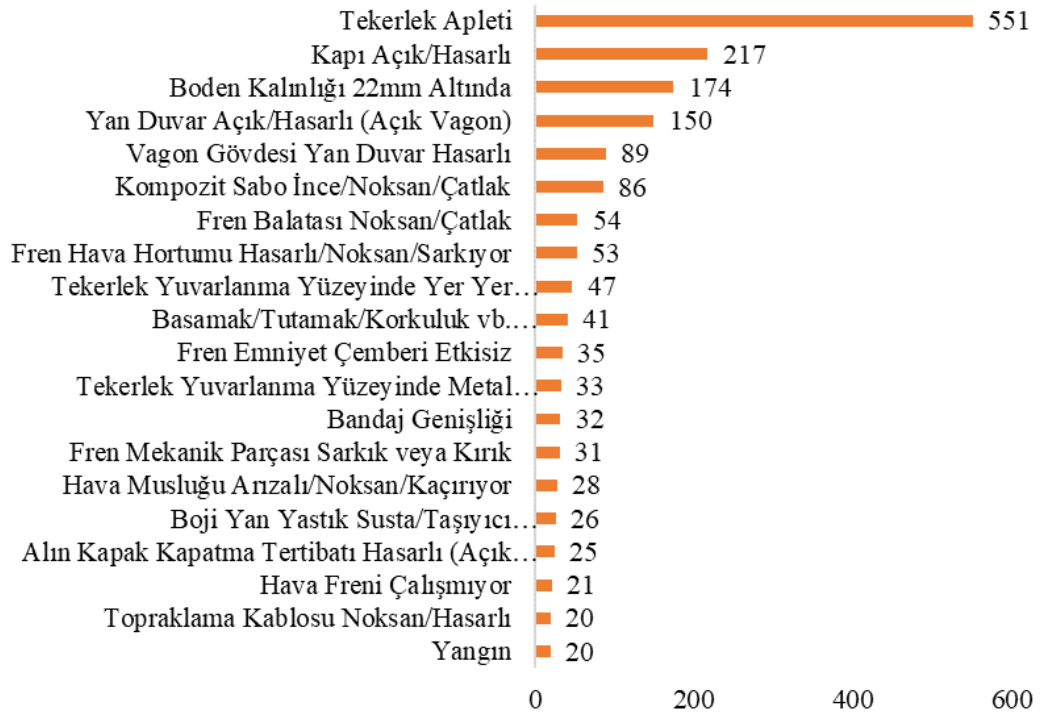
Şekil 7.13. Ks (330 2 652/3252) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

Şekil 7.13.'de Ks araçların arıza sebeplerine göre dağılımı verilmiştir. Ks (330 2 652/3252) vagonlarda; “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)”, “Yan Kapak Açık/Hasarlı (Platform Vagon)”, “Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)” ve “Menteşe/Perno/Civata Hasarlı (Platform Vagon)” nedenleri ile çok sayıda vagon bakıma gönderilmiştir. Bu arızalar vagonun gövdesi ile ilgili olan deformasyonlardır. Bu sonuçlara baktığımızda Ks tipi araçlarda kullanım esnasında vagonlara zarar verildiği görülmektedir.



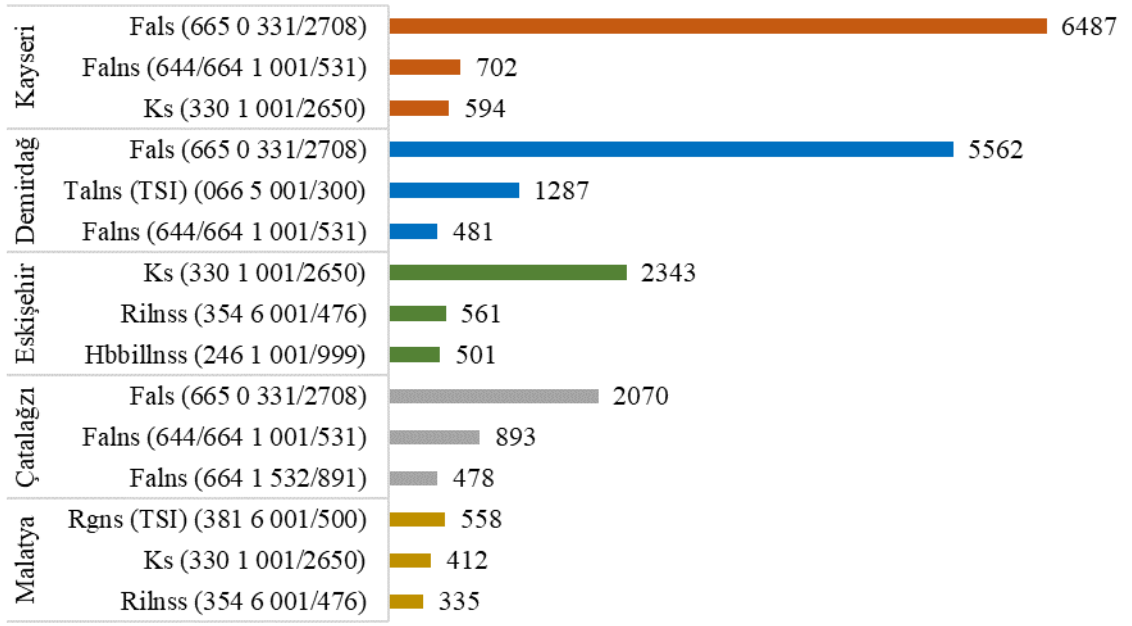
Şekil 7.14. Rgns (TSI) (381 6 001/500) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

Şekil 7.14.'de Rgns araçların bakım verilerinin analizi verilmektedir. Rgns (TSI) raylı sistem araçları TSI belgesi bulunan araçlardır. Bu vagonlar en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” nedenleri ile bakıma gönderilmiştir. Rgns (TSI) vagonlarda kompakt fren sistemi bulunmaktadır. Bu sistemde sabolar bojinin iç bölgesinden tekere temas etmektedir. Kompakt frenlerin “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” nedenlerine etkisi araştırılmalıdır. Arıza nedenlerinde ilk sıralarda “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)” ve “Yük Bağlama Tertibatı Hasarlı/Gevşek/Uygun Değil” arızaları bulunmaktadır. Konteyner kitleme tertibatının yaylı olması “Yük Bağlama Tertibatı Hasarlı/Gevşek/Uygun Değil” arızasını ilk sıralara taşımıştır.



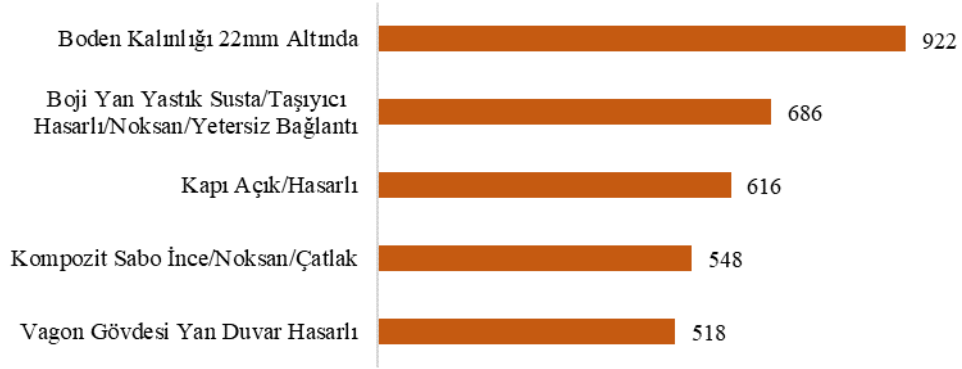
Şekil 7.15. Falns (664 1 532/891) vagonun arıza neden adetlerine göre bakıma gönderilmesi

Şekil 7.15.'de Falns (664 1 532/891) araçların arıza nedenlerine göre sayıları verilmiştir. Falns araçlarda; “Tekerlek Apleti” sebebiyle 500 civarı araç sayısı ile ilk sırada görülmektedir. Bu sonuç ile Falns raylı sistem araçlarında epidemik fren arızası olduğu söylenebilmektedir. İlk beş arıza sebebi arasında “Kapı Açık/Hasarlı”, “Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)” ve “Vagon Gövdesi Yan Duvar Hasarlı” nedenlerini görülmektedir. Bu arızalara baktığımızda vagon cidar açıklığından ve kullanım hatasından kaynaklandığı çıkarılmaktadır. Falns (664 1 532/891) ve Falns (644/664 1 001/531) araçların analizlerine baktığımızda yaklaşık sonuçlar alınmıştır.



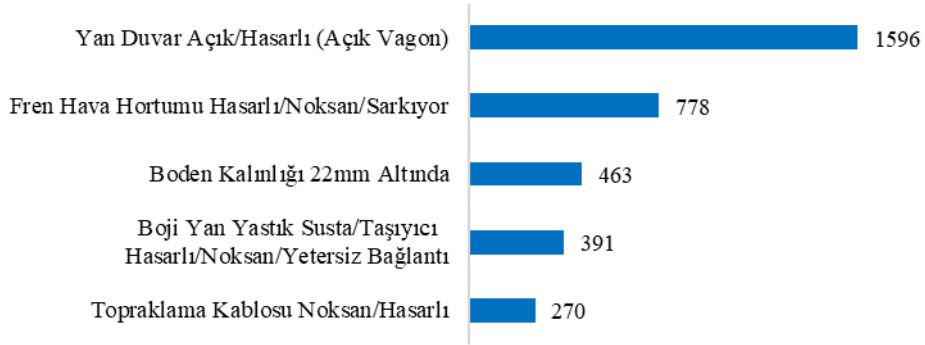
Şekil 7.16. Kayseri, Demirdağ, Eskişehir, Çatalağzı ve Malatya' nın en çok tamire tuttukları vagon tipleri

Şekil 7.16.'da bakım atölyelerinden Kayseri, Demirdağ, Eskişehir, Çatalağzı ve Malatya' nın araçlara göre bakım detayları verilmiştir. Kayseri'de incelenen 4 yıllık veri içerisinde ilk sırada Fals vagonu bulunmaktadır. Demirdağ'da ise en çok Fals (665 0 331/2708) ve Talns (TSI) (066 5 001/300) araçların bakımı yapılmıştır. Eskişehir'de Ks (330 1 001/2650) ve Rlnss (354 6 001/476) tipi yük vagonların bakımı yapılmıştır. Çatalağzı' nda Fals (665 0 331/2708) ve Falns (644/664 1 001/531) tipi yük vagonları tamire tutulmuştur. Malatya da Rgns (TSI) (381 6 001/500) ve Ks (330 1 001/2650) tipi yük vagonları bakıma gönderilmiştir. Kayseri, Demirdağ ve Çatalağzı atölyelerinde genel olarak vagonlara baktığımızda Fals araçlar, Eskişehir de Ks araçlarının başka vagonlara göre daha fazla bakıma gönderildiği saptanmaktadır. Malatya da Rgns (TSI) (381 6 001/500), Ks (330 1 001/2650) ve Rlnss (354 6 001/476) tipi vagonlar birbirine yakın değerlerde tamire tutulmuştur.



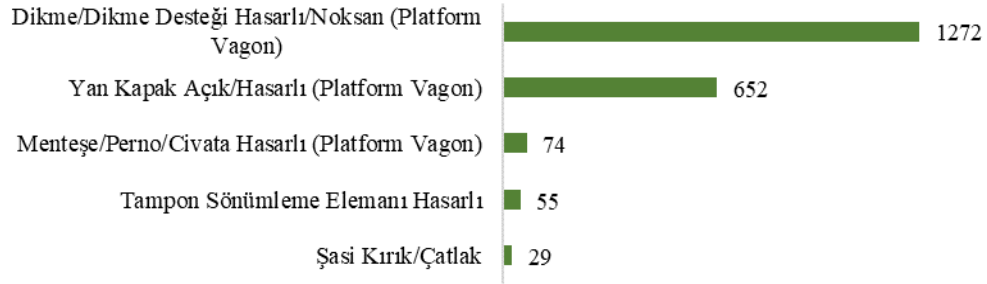
Şekil 7.17. Kayseri de Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri

Şekil 7.17.’de Kayseri de Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonlarının hangi nedenlerle tamire tutulduğu görülmektedir. Bu tip vagonlar en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” sebebi ile tamire tutulmuştur. Sonrasında “Boji Yan Yastık Susta/Taşıyıcı Hasarlı/Noksan” ve “Kapı Açık/Hasarlı” nedenleri gelmektedir.



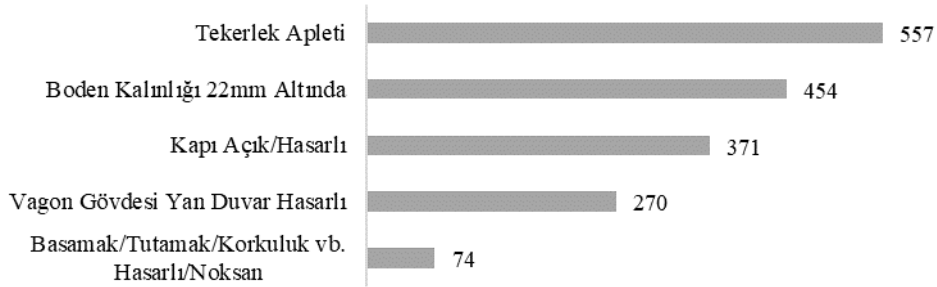
Şekil 7.18. Demirdağ da Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri

Şekil 7.18.’de Demirdağ da Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonlarının hangi nedenlerle tamire tutulduğu görülmektedir. Bu tip vagonlar en çok “Yan Duvar Açık/Hasarlı (Açık Vagon)” sebebi ile tamire tutulmuştur. Sonrasında “Fren Hava Hortumu Hasarlı/Noksan/Sarkıyor” ve “Boden Kalınlığı 22mm Altında” nedenleri gelmektedir.



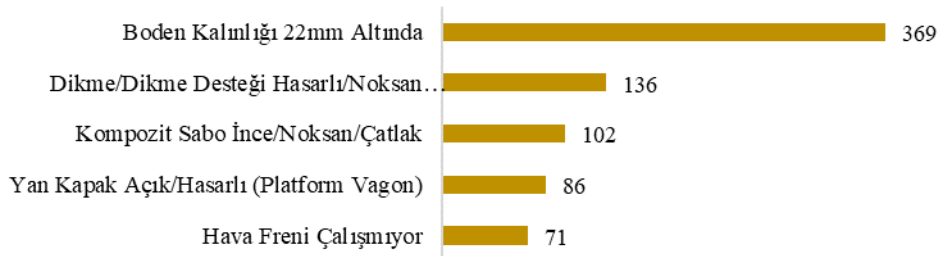
Şekil 7.19. Eskişehir de Ks (330 1 001/2650) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri

Şekil 7.19.'da Eskişehir de Ks (330 1 001/2650) tipi araçların hangi nedenlerle tamire tutulduğu görülmektedir. Bu tip vagonlar açık ara “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)” sebebi ile tamire tutulmuştur. Sonrasında “Yan Kapak Açık/Hasarlı (Platform Vagon)” nedeni gelmektedir.



Şekil 7.20. Çatalağzı' ında Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri

Şekil 7.20.'de Çatalağzı' ında Fals (665 0 331/2708) tipi yük vagonlarının hangi nedenlerle tamire tutulduğu görülmektedir. Bu tip vagonlarda en çok “Tekerlek Apleti” sebebi ile tamire tutulmuştur. Sonrasında “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Kapı Açık/Hasarlı” nedenleri gelmektedir.



Şekil 7.21. Malatya da Rgns (TSI) (381 6 001/500), Ks (330 1 001/2650) ve Rilnss (354 6 001/476) tipi yük vagonunun tamire tutulma nedenleri

Malatya da Rgns (TSI) (381 6 001/500), Ks (330 1 001/2650) ve Rlnss (354 6 001/476) tipi vagonların tamire tutma verileri benzer değerlerdedir. Bu üç tip vagonun genel olarak tamire tutma nedenleri Şekil 23’ de görülmektedir. Bu tipte vagonlar en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” sebebi ile tamire tutulmuştur. Sonrasında “Dikme/Dikme Desteği Hasarlı/Noksan (Platform Vagon)” ve “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” nedenleri gelmektedir.



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Demiryolu Tren İşletmeleri (Railway Undertaking) ve Zilyetler (Keeper) için bakım maliyetleri en büyük üç kalemden biridir. Günümüzde bakım verilerinin SAP tabanlı sistemlerde toplanması verilerin analizini kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışmaya başlandığında önce genel olarak verilere bakılmıştır. Sonrasında özele giderek detaylı analizler yapılmıştır. İlk olarak en çok bakım yapan atölyeler ve arıza nedenleri belirlenmiştir. Kayseri, Demirdağ, Eskişehir, Çatalağzı ve Malatya sırasıyla en çok vagon bakımı yapan atölyelerdir.

Arıza nedenlerine bakıldığında en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Tekerlek Apleti” sebepleri ile vagonlara bakım yapılmıştır. Bu sebepler tekerlek gövdesi ile ilgili olduğu için yedek parça tüketiminin oldukça fazla olduğunu görülmüştür. Burada tekerlek gövdesi kullanımını düşürmeye yönelik iyileştirmeler yapılması gerekebilir.

Çatalağzı, Kayseri ve Afyon’da en çok “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Tekerlek Apleti” nedenleri ile vagonlara bakım yapılmıştır. Bu atölyelerde tekerlekleri tornalamaya yönelik kapasitelerin artırılması gerekmektedir. Çatalağzı’nda ilk sırada “Tekerlek Apleti” nedeni bulunduğu için; sabolara gelen fren kuvvetini ölçmek için uygun test ekipmanları kullanılması gerekmektedir. Diğer konu, fren kuvvetinin ölçüldüğü test ekipmanının bakım atölyelerinde sayısının artırılması gerekmektedir. Diğer analiz sonuçları aşağıda sıralanmıştır:

- TCDD araç parkında en çok Fals (665 0 331/2708) tipi vagon bulunmakta olup, bu vagonlar adet olarak fazla olduğu için en çok bakım yapılan araç sıralamasında ilk sıradır. Fals (665 0 331/2708) ve Falns (664 1 532/891) tipleri genel olarak aracın gövdesi ile ilgili hasarlardan dolayı bakım gönderilmiştir. Yük vagonlara üstten iş makinası kepçesiyle koyulmaktadır. İş makinası kepçesinin içindeki yük yukarıdan araca bırakıldığı için vagon gövdesi hasar almaktadır.
- En çok bakımı yapılan vagonlarda Ks vagonlar ikinci sırada gelmektedir. Ks vagonlardaki arızalara genel olarak bakıldığında yan kapak ve vagon dikmeleriyle ilgili oluşan deformasyonlar göze çarpmaktadır. Araçların kullanımı esnasında bu kısımlara zarar verildiği anlaşılmaktadır.
- Rgns (TSI) (381 6 001/500) tip vagonlarda kompakt fren sistemi bulunmaktadır. Fren saboları sadece bojinin iç tarafından tekere temas etmektedir. Bu durumun “Boden Kalınlığı 22mm Altında” ve “Kompozit Sabo İnce/Noksan/Çatlak” sebeplerine etkisinin olup olmadığı araştırılmalıdır.

- Falns (644/664 1 001/531) vagonlarda epidemik fren arızası olduğu görülmektedir. Sgss (456 8 923/9772) vagonlarda epidemik fren arızası olabileceğini sonucuna ulaşılmıştır. Falns (644/664 1 001/531) vagonların fren yüzdesi ile ilgili problem olduğu görülmekte ve sabolara gelen fren kuvvetinin test ekipmanlarıyla ölçülmesini gerekmektedir.
- Es tipi yük vagonlarının arıza nedenlerine bakıldığında malzeme yorulması kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu sebeple bu vagonların ekonomik ömrünü tamamladığı söylenebilmektedir.
- Rilnss (354 6 001/476) vagonların gövde ve kapılarının açılıp kapatılmasıyla ilgili arıza nedenleri görüldüğü için operatör ya da çalışanlara kullanımla alakalı eğitim verilmelidir. Bu tip vagonlarda branda tertibatı karşılıklı iki çalışan ile açılıp kapatılması gerekirken, genelde tek taraflı iş makinaları ile kapatılmaya çalışılması ile deformasyonlar oluşmaktadır.
- Hbbillnss (246 1 001/999) ve Rgns (TSI) (381 6 001/500) tipi vagonlarda kapı hasarları, kitleme tertibatında; kullanım hatası yanında epidemik arızalar olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Yük vagonlarında kullanılan Y25Lsod tipi bojilerin “Boden Kalınlığı 22mm Altında” gerekçesiyle tamire tutulma sayısını azalttığı görülmüştür.

TSI sertifikası bulunmayan vagonlar için P10 döküm sabo yerine, LL tipi kompozit sabo kullanılmaması daha sağlıklı olacaktır. Kullanılması gerekiyorsa ERA/TD/2009-02/INT şartnamesinde bulunan UIC onaylı LL tipi kompozit sabo üreticilerinden alınmalıdır.

GCU Ek 9 da dördüncü bölümde kalite yönetim sistemi bilgileri bulunmaktadır. Burada belirtilen kalite yönetim sisteminin kullanılması önem arz etmektedir.

Uluslararası standartlara göre demiryolu vagonlarının kullanım ömrünün 20-30 yıl arasında olduğu düşünülmektedir. Türkiye demiryolu hatlarında kullanılan yük vagonlarının tiplerin göre LCC (Life Cycle Costing- Yaşam Döngüsü Maliyeti) hesaplama çalışmaları yapılabilir. Bu çalışmadan sonra, makine öğrenmesi ve gruplama yöntemleriyle benzer verilerle farklı ve detaylı analizler yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Bal, A. (2013). Üretim Tesisleri İçin RFID Destekli Bakım Yönetimi. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- D. A. Kovenkin, V. A. (2022). Issues of planning work on the current maintenance of the railway track. *Transportation Research Procedia*, 636-640.
- F. Nijland, K. G. (2021). Improving railway maintenance schedules by considering hindrance and capacity constraints. *Transportation Research Part C Emerging Technologies*, 103-108.
- GCU. (2022). General Contract of Use for Wagons.
- H. C. Öteyaka, M. Ö. (2018). Ürün maliyetini azaltmak için ideal bakım yönetimi. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 56-60.
- Hongmei Shi, J. Y. (2020). Optimization of Wheel Maintenance Strategy for Railway Freight Train Based on Remaining Useful Life Prediction. *Prognostic and Health Management Conference (PHM-Basençon)*.
- J. Zomer, N. B. (2021). The Maintenance location choice problem for railway rolling stock. *Journal of Rail Transport Planning & Management*.
- Kaya, K. (2003). “Raylı sistem araçlarında RAMS verilerini ve tekniklerini kullanarak, araç performansını, bakım ve arıza giderlerini iyileştirmek,”. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi*.
- Luis Mira, A. R. (2020). Maintenance scheduling within rolling stock planning in railway operations under uncertain maintenance durations. *IDMEC, Instituto Superior Tecnico, Universidade de Lisboa, Portugal*.
- Ma, Q. (1997). Condition-Based Maintenance Applied to Rail Freight Car Components The Case of Rail Car Trucks. *Massachusetts Institute of Technology*.
- Mikhail Yu. Kulikov, S. A. (2018). Development of the Concept of the Predictive Model of Freight Cars Transportation in the Planned Repair. *Institute for Design Technological Informatics of Russian, IEEE International Conference*.
- Özdemir, S. (2020). AHP, COPRAS ve tamsayıli programlama entegrasyonu ile demiryolu araçlarında bakım planlaması. *Demiryolu Mühendisliği*, 1-12.
- Parada Puig, J. B. (2013). Investigating maintenance decisions during initial fielding of rolling stock. *University of Twente, Department of Design Production and Management, Chair of Maintenance Engineering*, 199-203.
- Pegah Rokhforoz, O. F. (2021). Hierarchical multi-agent predictive maintenance scheduling for trains using price-based approach. *Chair of Intelligent Maintenance Systems, ETH Zurich, Switzerland, School of Electrical and Computer Engineering, University of Tehran*.
- PRODAT. (2023). brake for sensors. https://www.prodat.de/EN/products/brake_force_sensors.

- Sammouri, W. (2015). Data mining of temporal sequences for the prediction of infrequent failure events: application on floating train data for predictive maintenance. *Doktora Tezi, Universite Paris-Est*.
- Shaposhnyk, V. (2018). Theoretical Studies On The Process Of Change Of The Technical Condition Of Freight Cars In Operation. *Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*.
- T. Kadioğlu, T. T. (2020). Raylı sistem araçlarında RAMS verilerini ve tekniklerini kullanarak, araç performansını, bakım ve arıza giderlerini iyileştirmek. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 190-207.
- TCDD. (2019). Yük Vagon Rehberi.



ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0003-2953-0219

Ad Soyad : Elif Desticioğlu

Yabancı Dil : İngilizce

Doğum Yeri ve Yılı :

E-Posta :

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2006-2011, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği (İng.)
- 2012-2013, Kalite Mühendisi, Doğru Otomotiv
- 2013-2018, Kalite Mühendisi, Bplas A.Ş. (Plastik Enjeksiyon)
- 2018-2023, Kıdemli Kalite Mühendisi, Canray Ulaşım

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Ö. Akbayır, E. Desticioğlu ve M. Fidan, Jan. (2023) "Yük Vagonu Tamire Tutma Verilerinin Analizi", Demiryolu Mühendisliği, no. 17, pp. 199-210.