

[TB50162]

[Rev. 00]

MİLLİ CoCo TİP LOKOMOTİF

RAMS YÖNERGELERİ

Yayın Tarihi 04/09/2025

Revizyon Tarihi:

İÇİNDEKİLER

1.	KONU	5
1.1	AKRONİMLER VE KISALTMALAR LİSTESİ	5
2.	UYULMASI GEREKEN TEKNİK DOKÜMANLAR VE STANDARTLAR	5
3.	LOCO ANA VERİLERİ	6
4.	GÖREV PROFİLİ	6
5.	GENEL DOKÜMANTASYON	6
6.	GÜVENİLİRLİK ANALİZİ	7
6.1.	GİRİŞ	7
6.2.	KIRILIM AĞACI YAPISI	7
6.3.	GÜVENİLİRLİK ANALİZİ	7
6.4.	ARIZA SINIFLANDIRMASI	8
6.5.	GÜVENİLİRLİK HEDEFİ	8
6.6.	ARIZA ORANI DAĞILIMI	8
6.7.	FONKSİYONEL KIRILIM VE YAPISAL ARIZA GÜVENİLİRLİK ŞABLONU	9
6.8.	KRİTİK ARIZALAR ŞABLON AÇIKLAMASI	10
7.	EMNİYET ANALİZİ	12
7.1.	FMEA / FMECA ANALİZİ	12
7.2.	SHA/SSHA VE O&SH ANALİZİ	14
7.3.	SHA/SSHA ŞABLON AÇIKLAMASI	14
7.4.	TEHLİKE KAYDI	17
7.5.	TEHLİKE KAYDI + SIL ŞABLON AÇIKLAMASI	17
8.	BAKIM YAPILABİLİRLİK	20
8.1.	ÖNLEYİCİ BAKIMIN KAPSAMI	20
8.2.	DÜZELTİCİ BAKIMIN KAPSAMI	20
8.3.	ÖNLEYİCİ BAKIM (PM) ENDEKSİ	21
8.4.	DÜZELTİCİ BAKIM (CM) ENDEKSİ	21
8.5.	MTTR	22
8.6.	ÖNLEYİCİ BAKIM REJİMİ (SIKLIKLAR)	22
8.7.	BAKIM SEVİYESİ	23
8.7.1.	Önleyici bakım seviyesi	23
8.7.2.	Düzeltilici bakım seviyesi	23
8.8.	ÖNLEYİCİ BAKIM ŞABLONU	24
8.9.	DÜZELTİCİ BAKIM ŞABLONU	29
9.	EKLER	33

I. ŞEKİLLER LİSTESİ

N/A

II. TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 - Görev profili.....	6
Tablo 2 - Şablon başlıkları	9
Tablo 3 - Şablon sütunları	10
Tablo 4 - Kritik arızalar şablon başlıkları	11
Tablo 5 - Kritik arızalar şablon sütunları	11
Tablo 6 - FMECA şablon başlıkları	12
Tablo 7 - FMECA şablon sütunları	13
Tablo 8 - SHA şablon başlıkları.....	15
Tablo 9 - SHA şablon sütunları	15
Tablo 10 - HL şablon başlığı	17
Tablo 11 - MP şablon başlıkları.....	24
Tablo 12 - Projenin genel girdi verileri (hesaplama sayfasının Genel Parametre tablosu)	24
Tablo 13 - MP şablon sütunları.....	26
Tablo 14 - MC şablon başlıkları	29
Tablo 15 - Projenin genel girdi verileri (hesaplama sayfasının Genel Parametre tablosu)	29
Tablo 16 - MC şablon sütunları	30

1. KONU

Bu dokümanın amacı, Milli CoCo Loco projesinde uygulanacak RAMS yönergeleri hakkında ön bilgi sağlamaktır.

1.1 AKRONİMLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü
TÜRASAS	Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayi A.Ş.
LOCO	Lokomotif
PHA	Ön Tehlike Analizi
SHA	Sistem Tehlike Analizi
LCMS	Lokomotif Kontrol Yönetim/İzleme Sistemi
SIL	Emniyet Bütünlük Seviyeleri

2. UYULMASI GEREKEN TEKNİK DOKÜMANLAR VE STANDARTLAR

DOKÜMAN VE STANDARTLAR

Referans	Standart numarası	Tanım
[1]	EN 50126:2017	Demiryolu Uygulamaları - Güvenilirlik, Kullanılabilirlik, Bakım ve Güvenlik (RAMS) Belirleme ve Gösterme
[2]	IEC 61508:2010	Güvenlikle ilgili elektrikli veya elektronik veya programlanabilir elektronik sistemlerde fonksiyonel güvenlik
[3]	EN 50128:2011	Demiryolları uygulamaları – Haberleşme, sinyalizasyon ve işlem sistemleri
[4]	EN 50129:2018	Demiryolu uygulamaları - İletişim, sinyalizasyon ve işleme sistemleri - Sinyalizasyon için güvenlik bağlantılı elektronik sistemler

İLGİLİ DOKÜMANLAR

Referans	Doküman Numarası	Tanım
[5]	TB50165	MİLLİ CoCo LOKOMOTİFİ: RAMS Hedefleri Tahsisi
[5]	TB50170	CoCo LOKOMOTİF PROJESİ: SIL Tanımları

3. LOCO ANA VERİLERİ

TÜRASAS tarafından üretilecek olan Milli CoCo Tipi Ana Hat Lokomotifi projesi, yük hizmeti için tasarlanmış olup 120 km/h işletme hızına sahiptir.

Lokomotifin 2 farklı tahrik sistemi vardır:

1. Elektrikli Lokomotif
2. Dizel Elektrikli Lokomotif

4. GÖREV PROFİLİ

CoCo lokomotifi için görev profili aşağıdaki gibidir;

Tablo 1 - Görev profili

Veri	Değer	Birim
Yıllık sürüş mesafesi	300.000	km
Yıllık aktif çalışma günleri	300	
Günlük çalışma saatleri	18	
Ortalama işletme hızı	55	km/h
Maksimum hız	120	km/h

5. GENEL DOKÜMANTASYON

RAMS analizinin tamamlanması için doldurulması gereken dokümanlar şunlardır:

- ✓ Fonksiyonel kırılım + yapısal arıza analizi
- ✓ Kritik görev arızaları analizi
- ✓ FMECA
- ✓ Sistem/Alt Sistemler Tehlike Analizi
- ✓ Tehlike Kaydı + SIL verileri (varsa)
- ✓ Kritik bileşenlerin listesi (Yüklenici tarafından hazırlanacak)
- ✓ Önleyici Bakım Analizi
- ✓ Düzeltici Bakım Analizi

Sonraki paragraflarda doküman geliştirme talimatları ve ilgili şablonların açıklaması yer almaktadır.

6. GÜVENİLİRLİK ANALİZİ

6.1. GİRİŞ

Aşağıdaki bölümlerde, bu Teknik Şartname kapsamında Yüklenicinin hazırlaması gereken güvenilirlik faaliyetlerine ilişkin gereklilikler detaylandırılmıştır.

6.2. KIRILIM AĞACI YAPISI

Kırılım ağacı yapısı, bir demiryolu aracının bileşenlerini tanımlamak için kullanılan basit ama kapsamlı bir araçtır. Bu yapı, güvenilirlik ve bakım yapılabilirlik analizleri için kolayca güncellenebilir, genişletilebilir niteliktedir.

Kullanım amaçları aşağıda verilmiştir:

- İlgili bileşenlerin FR (arıza oranları) sütunları eklenerek aracın genel MTBF (Ortalama Arıza Arası Süre) değerini hesaplamak için
- LCC hesaplama sayfasındaki kırılımı bölüm bölüm dışa aktararak LCC'yi (Yaşam Döngüsü Maliyeti) hesaplamak için

6.3. GÜVENİLİRLİK ANALİZİ

Yapısal (Inherent) Güvenilirlik

Yapısal Güvenilirlik, herhangi bir arızanın meydana gelme olasılığı ile bağlantılıdır ve her bir alt sistemin temel güvenilirlik değerlerini tanımlar.

Bu parametre, ürünün genel kalitesi ve çalışma ömrü boyunca gerektireceği onarım sayısı ile doğrudan ilişkilidir, ancak tam olarak çok seçici olmadığı için az öneme sahiptir.

Bu faktörlerin kesin bir ölçüsü olmasa da, onarım maliyetleri ve aracın arıza süresi için kullanılamaması hakkında yaklaşık bir fikir vermeye yardımcı olabilir.

Hizmet Güvenilirliği

Hizmet (veya Görev) Güvenilirliği, aracın önemli bir işlevselliği üzerinde ağır sonuçlar doğuracak bir arızanın meydana gelme olasılığı ile bağlantılıdır. Yapısal güvenilirlikten farklı olarak, demiryolu taşıtının ana görevini yerine getirme kabiliyetini tanımladığı ve bu nedenle kullanıcılar tarafından algılandığı gibi "hizmet kesintisi" ile bağlantılı olduğu için çok önemlidir.

Bu sebepten, Hizmet Güvenilirliği (Emre Amadelik ile birlikte) demiryolu taşıtında İşletmeci veya Lokomotif Operatörü için kâr yaratma kabiliyeti ile doğrudan ilgili bir parametredir.

6.4. ARIZA SINIFLANDIRMASI

Aşağıdaki önerilen arıza oranı sınıflandırması, arıza türlerini tanımlamaya ve yüklenicilere tahsis edilecek güvenilirlik hedeflerini belirlemeye yardımcı olur:

A Sınıfı Arızalar: Lokomotif hareket edemez; lokomotifin başka bir lokomotifle çekilmesi gerekir.

B Sınıfı Arızalar: Bunlar ilk istasyonda durmayı gerektiren ancak aracın kendi gücüyle park alanına gidebildiği arızalardır.

C Sınıfı Arızalar: Müşteri tarafından servise engel olarak görülen belirli arızalar [varış noktasında (son istasyon) 10 dakikadan fazla gecikmeye neden olan]. Gecikme, her ara durak için değil, son istasyondaki her gecikme için yalnızca bir kez hesaplanacaktır.

D Sınıfı Arızalar: Lokomotifin gün sonuna kadar servise devam edebildiği arızalar olarak tanımlanacaktır.

Yapısal güvenilirlik arıza oranları, her bir alt sistem için tüm arıza seviyeleri de dahil olmak üzere Düzeltici Bakım değerlendirmesinin temelini oluşturur.

A'dan D'ye kadar olan sınıflar yapısal güvenilirliği, A'dan C'ye kadar olan sınıflar Hizmet güvenilirliğini etkiler.

6.5. GÜVENİLİRLİK HEDEFİ

Güvenilirlik hedefleri tüm ekipman/sistem/bileşenlere kademeli olarak tahsis edilir ve farklı Yüklenicilere iletilmek üzere Teknik Şartnamelerde raporlanır.

6.6. ARIZA ORANI DAĞILIMI

"Arıza Oranı" hesaplamasına, doğrudan Demiryolu Taşıtları sistem/ekipman arızalarından kaynaklanmayan arızalar dahil değildir:

- Aynı nedenden dolayı tekrarlanan aynı arıza ve ilgili parçaları değiştirmeyen bakım müdahalesi yalnızca bir kez hesaplanacaktır.
- Başka bir arıza nedeniyle ortaya çıkan arıza (ikincil arıza)
- Kaza veya vandalizmden kaynaklanan arızalar; kanıtlanmış altyapı kusurları ve diğer 3. kişilerden kaynaklanan arızalar, örneğin bir araca zarar veren intihar olayı
- Makinist veya operatörün yanlış kullanımından kaynaklanan arıza.
- Bakım kılavuzuna uyulmaması nedeniyle meydana gelen arıza
- Kamudan kaynaklanan veya örneğin yağ koymayı unutmak gibi dikkatsizlik sonucu oluşan arızalar.
- Sözleşme kapsamı dışında kalan ekipman nedeniyle arızalar

Her bir alt sistemin arıza sayısı Lokomotif İşletmecisi tarafından toplanacaktır. Güvenilirlik oranları, belirtildiği gibi tanımlanacak ve mutabık kalınacak bir prosedür izlenerek hesaplanacaktır.

Hedefler, belirlenen görev profiline göre lokomotif filosu için tanımlanmıştır. “Kilometre bazlı arızalar” ile “zaman (saat) bazlı kullanım arızaları” arasında dönüştürme için ilgili “dönüştürme hızı” kullanılır.

Farklı sistemler/ekipmanlar için hedeflerin dağıtımında, gereksinimlerin kademeli uygulanması, lokomotif düzeyinde istenen genel hedefe uygun olacaktır.

Sistematik arızalar, filodaki aynı işlevi gören toplam benzer parça/bileşenlerin en az %10’unda ortaya çıkan aynı arıza olarak tanımlanır. Sistematik arıza durumunda, yedek parça değişimi veya modifikasyonu dahil olmak üzere teknik çözüm veya değişiklik tanımlamak amacıyla uygun incelemeler yapılacaktır.

Gerekliklik, tek bir Hat Üzerinde Değiştirilebilir Birim (LRU) için tanımlanır. LRU, aracın kırılım ağacı yapısında en alt hiyerarşi seviyesindeki alt sistemdir ve araç bakımı sırasında tamamen değiştirilebilir.

6.7. FONKSİYONEL KIRILIM VE YAPISAL ARIZA GÜVENİLİRLİK ŞABLONU

Bu bölümde sistem kırılımı ve yapısal güvenilirlik analizi için kullanılacak şablon açıklanmaktadır.

Tablo 2 - Şablon başlıkları

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
Proje	Proje Adını girin.
Doküman No/Rev:	Belge numarasını ve revizyon numarasını girin
Sistem:	Sistemin açıklamasını ekleyin
Sistem Yüklenicisi:	Yüklenicinin adını giriniz (varsa)
Yayın Tarihi	Belge yayın tarihini girin
Alt Sistem:	Alt sistemin açıklamasını ekleyin
Alt Sistem Yüklenicisi:	Alt sistem yüklenicisinin adını girin (varsa)
Düzenleyen	Düzenleyen kişinin Adını girin
Teknik Resim No:	Geçerli teknik resim numarasını girin
Dosya Adı	Analiz formlarını içeren dosyanın adı

Tablo 3 - Şablon sütunları

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
RAMS Kodu	RAMS kod numarası
Projenin adı	Sistem adı - alt sistem - koda karşılık gelen bileşenler
Parça numarası	Yüklenici tanımlama numarası
Veri girişi	Yükleniciden veya veritabanından gelen veriler
Adet	Her vagon için montaj miktarı
Lokomotif Adeti	Lokomotif üzerindeki toplam miktar
λ birim. TEMEL (FPMH)	Nesne başına temel arıza oranı (Milyon saat başına arıza)
Görev Döngüsü %	Aracın çalışması sırasında bileşenlerin kullanım yüzdesi
λ Etkisi. TEMEL (FPMH)	Etkin arıza oranı (Temel arıza oranının görev döngüsü başına çarpımı)
λ Tren Seviyesi (FPMH)	Lokomotif/tren seviyesinde arıza oranı (Miktar başına etkin arıza)
Tren Seviyesi SEVİYE 1 (FPMH)	Sistem düzeyinde arıza oranı
Tren Seviyesi SEVİYE 2 (FPMH)	Alt sistem düzeyinde arıza oranı
λ (Toplam Arıza oranı)	Lokomotif seviyesinde toplam arıza oranı
Toplam MTBF (saat)	Lokomotif seviyesinde arızalar arası ortalama süre (1 / arıza oranı)
Toplam FPMK	Milyon km başına lokomotif seviyesinde toplam arıza oranı

6.8. KRİTİK ARIZALAR ŞABLON AÇIKLAMASI

Bu şablon, “Görev Arızaları”nın ve ilgili MTBSF'nin tanımlanmasına destek sağlar:

- MTBSF1 = İki Servis Arasında Geçen Ortalama Süre (görev güvenilirliği A, B, C ve D arıza sınıflarını içeren)
- MTBSF2 = İki Servis Arasında Geçen Ortalama Süre (görev güvenilirliği sadece A ve B sınıfı arızaları içeren)

Bu bilgiler lokomotif Tasarımcısının lokomotifin tamamı için bir FTA analizi (Hata Ağacı) yapmasına olanak tanır.

Yükleniciler bu şablon yerine kendi alt sistemlerine ilişkin bir FTA analizi (Hata Ağacı) sunabilirler.

Tablo 4 - Kritik arızalar şablon başlıkları

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
Proje	Proje Adını Girin
Belge No/Rev:	Belge numarasını ve revizyon numarasını girin
Sistem:	Sistemin açıklamasını ekleyin
Sistem Yüklenicisi:	Yüklenicinin adını girin (varsa)
Yayın Tarihi	Belge yayın tarihini girin
Alt Sistem:	Alt sistemin açıklamasını ekleyin
Alt Sistem Yüklenicisi:	Alt sistem yüklenicisinin adını girin (varsa)
Düzenleyen	Düzenleyen Adını Girin
Teknik Resim No:	Geçerli teknik resim numarasını girin
Dosya adı	Analiz formlarını içeren dosyanın adı
ÜST OLAY (TOP EVENT) açıklaması:	Üst Olayın Açıklaması
ÜST OLAY kimlik no:	Üst Olayın Kimlik Numarası

Tablo 5 - Kritik arızalar şablon sütunları

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
Pozisyon No:	Satır kimlik kodu
Olay Kimliği Numarası:	En İyi Etkinlik açıklamasına karşılık gelen etkinlik numarasını girin.
Parça/LRU Kodu:	İncelenen ekipmanın/ alt montajın/ LRU'nun/ LLRU'nun veya elemanın parça listesine/ dökümüne uygun olarak kodunu gösterir.
Açıklama:	İncelenen ekipman/ alt montaj/ LRU/ LLRU veya elemanın tanımını gösterir
Parça Numarası:	Öğeleri tanımlamak için kullanılan benzersiz (univocal) kod
Arıza modu:	İncelenen ekipman/alt montaj/ LRU /LLRU veya elemanın beklenen arıza modunu gösterir. Varsa FMECA' çalışmasından alınır. Eğer arıza doğrudan bir LRU'ya atfedilemiyorsa, bu durum birincil olay (primary event) olarak kabul edilir.
Arıza Oranı:	Arıza moduna karşılık gelen oran, incelenen ekipman/alt montaj/LRU/LLRU veya elemanın toplam arıza oranı içerisindeki payı ifade eder; arıza oranı, Milyon Saat Başına Arıza cinsinden hesaplanır

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
FPMK:	Dönüştürme hızı dikkate alınarak hesaplanan Milyon Kilometre Başına Arıza Sayısı
MTTR:	Onarım İçin Ortalama Süre (MTTR), ilgili arıza moduna karşılık gelir.
Arıza Oranı Kaynağı:	Kod içerisindeki arıza oranı kaynağı
FMECA'ya referans:	Tanımlanan ve geliştirilen arıza modunun raporlandığı FMECA belgesine yapılan referansı gösterir
Açıklamalar:	FTA satırındaki hücrelerde rapor edilenlerin anlaşılmasını iyileştirmek için gerekli görülen her türlü teknik bilgiyi gösterir
Yapılması gerekenler:	Öneriler, yönlendirmeler ve açıklamalar için gerekli ek açıklayıcı notlar

7. EMNİYET ANALİZİ

7.1. FMEA / FMECA ANALİZİ

Arıza Modu Etkileri ve Kritiklik Analizi (FMECA), arıza modları analizi yoluyla her bir fonksiyonel veya donanım arızasının görev, sistem performansı, bakım kolaylığı ve bakım gereksinimleri üzerindeki potansiyel etkisini sistematik olarak değerlendirmeyi ve belgelemeyi sağlar. Her potansiyel arıza, etkilerinin ciddiyetine göre sıralanır; böylece yüksek riskli maddeleri ortadan kaldırmak veya kontrol altına almak için uygun düzeltici önlemler alınabilir.

Bu bölümde FMECA analizi için kullanılacak şablon açıklanmaktadır.

Tablo 6 - FMECA şablon başlıkları

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
Proje	Proje Adını girin
Doküman No/Rev:	Doküman numarasını ve revizyon numarasını girin
Sistem:	Sistemin açıklamasını girin
Sistem Yüklenicisi:	Yüklenicinin adını girin (varsa)
Yayın Tarihi	Doküman yayın tarihini girin
Alt Sistem:	Alt sistemin açıklamasını ekleyin
Alt Sistem Yüklenicisi:	Alt sistem Yüklenicisinin adını girin (varsa)
Düzenleyen	Düzenleyen Adını girin
Teknik Resim no:	Geçerli teknik resim numarasını giriniz
Dosya adı	Analiz formlarını içeren dosyanın adı

Tablo 7 - FMECA şablon sütunları

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
Pozisyon No	Satır kimlik kodu
Parça/ LRU Kodu	İncelenen ekipmanın/ alt montajın/ LRU'nun/ LLRU'nun veya elemanın parça listesine/ dökümüne uygun olarak kodunu gösterir
Açıklama	İncelenen ekipman/ alt montaj/ LRU/ LLRU veya elemanın tanımını gösterir
P/N	Öğeleri tanımlamak için kullanılan benzersiz (univocal) kod
Fonksiyon	İncelenen ekipmanın / alt montajın / LRU /LLRU veya elemanın işlevini gösterir (arıza modunun numaralandırılması dahil)
Aşama	İncelenen arıza modunun arıza etkilerinin oluşabileceği operasyonel modu gösterir
Arıza Modu endeksi	İncelenen ekipman/alt montaj/ LRU/LLRU veya eleman için her bir farklı arıza modunun numaralandırılması
Arıza Modu	İncelenen ekipman/alt montaj/ LRU /LLRU veya elemanın beklenen arıza modunu gösterir
Arıza Modunun Nedeni	İncelenen ekipman/alt montaj/ LRU/LLRU veya elemanın beklenen arıza modunun nedenini gösterir
λ unit.BASIC	Nesne başına temel arıza oranı (Milyon saat başına arıza)
Arıza oranı (FPMH)	İncelenen ekipmanın / alt montajın / LRU /LLRU veya elemanın ilgili arıza moduna karşılık gelen (miktar ve görev döngüsü dikkate alınarak) arıza oranıdır; Milyon Saat Başına Arıza olarak hesaplanır
Arıza etkisi - Yerel	İncelenen öğe üzerindeki arıza etkisini gösterir
Arıza etkisi - Sistem	İncelenen ekipman/alt montaj/ LRU/LLRU veya elemanın bağlı olduğu sistem üzerindeki arıza etkisini gösterir.
Arıza etkisi - Lokomotif	Lokomotif seviyesinde arıza etkisini gösterir
Tehlike Şiddeti	Güvenilirlik açısından arızanın ciddiyet seviyesini gösterir. Sınıflandırma "Tehlike Şiddet Seviyesi" tablosu ile gösterilir
Tehlike sıklığı	Arızanın Güvenlik açısından ciddiyet seviyesini gösterir. Sınıflandırma "Tehlike Sıklık Seviyesi Tablosu" ile gösterilir.
Emniyet risk endeksi	Toplam emniyet endeksi uyumsuzluğunu çalışma sayfası 9-Kritik Güvenilirlik Sınıflandırmasına ekleyin
Arıza Tanımlama - Tespit	Beklenen arıza modunun tespit yöntemlerini gösterir

Önleyici ve telafi edici tedbirler	Dikkate alınan arıza modlarının etkisini önlemek veya azaltmak için, yani arızayla ilişkili riski azaltmak için belirlenen önleyici ve hafifletici tedbirleri gösterir. Tüm faydalı Tasarım, Bakım, Operasyonel önlemler alınmalı ve muhtemelen geçerli standartlara veya yönetmeliklere atıfta bulunulmalıdır.
Açıklamalar	FMECA satırındaki hücrelerde rapor edilenlerin anlaşılmasını iyileştirmek için gerekli görülen her türlü teknik bilgiyi gösterir

- İncelenen sistem/ekipmanın, bir bileşenin başarısız olabileceği tüm olası yolların sistematik ve belgelenmiş bir analizi yoluyla potansiyel zayıf noktalarının belirlenmesi, yani ilgili arıza modlarının tespiti,
- Her arıza modunun olası nedenlerinin ve hizmetin her aşamasında performansı etkileyen sonuçlarının incelenmesi,
- Her arızanın kritikliğinin değerlendirilmesi,
- Bileşen arızasının ilgili sistem/ekipman üzerindeki yerel etkisinin ve diğer bağlantılı dış sistem/ekipmanlar üzerindeki etkisinin tespiti, en sonunda bu etkinin araç seviyesi (raylı sistem aracı) üzerindeki son etkisine kadar,
- Hizmet ve güvenlik üzerinde ciddi sonuçlara yol açabilecek ve önleyici engeller veya azaltıcı önlemler alınmadığında önemli risk oluşturan “tek nokta arızalarının” belirlenmesi,
- Arıza modlarına bağlı riskleri sınırlamak, kontrol etmek veya ortadan kaldırmak için tasarım ve hizmet aşamalarında uygulanabilecek önleyici/düzeltici eylemlerin belirlenmesi.

7.2. SHA/SSHA VE O&SH ANALİZİ

Sistem Tehlike Analizleri (SHA), Tehlike Tanımlama süreci için kullanılacak ve Tehlike Kaydını oluşturacak, güvenlik gereksinimlerini belirleyecek ve hem üst düzey tehlikeleri hem de alt düzey tehlikeleri tanımlayacak bir araçtır. Tehlike Kaydı, lokomotif tasarımının güvenli olduğuna ve minimum riskle işletilip bakımının yapılabileceğine dair gerekçelendirmenin temelini oluşturur.

Sistem Tehlike Analizi (SHA) tasarım aşamalarında sırasıyla gerçekleştirilecektir:

- Geliştirilmekte olan sistemin daha iyi anlaşılması sonucunda ortaya çıkan yeni detaylı tehlikelerle, PHA (Ön Tehlike Analizi) sırasında zaten belirlenmiş sistem tehlikelerinin entegrasyonu,
- Olası alt sistem tehlikelerinin toplanması ve bunların arayüz tehlikelerinin belirlenmesi,
- Her tehlike için neden faktörlerinin değerlendirilmesi,
- Tüm tehlikelerin toplanması ve gruplanması,
- Gerektiğinde destekleyici analizlerin ve gereksinimlerin belirlenmesi,
- Dokümantasyon sürecinin tanımlanması.

İşletme ve Destek Tehlike Analizi, lokomotif sisteminin İşletme ve Bakım prosedürlerinden kaynaklanan tehlikeleri belirlemek ve azaltmak için geliştirilen bir güvenlik analizidir.

Amaç, İşletme ve Bakım prosedürlerinin yeterliliğini sistematik bir şekilde belirlemektir.

7.3. SHA/SSHA ŞABLON AÇIKLAMASI

Bu bölümde SHA analizi için kullanılacak şablon açıklanmaktadır.

Tablo 8 - SHA şablon başlıkları

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
Proje	Proje Adını girin.
Belge No/Rev:	Belge numarasını ve revizyon numarasını girin
Sistem:	Sistemin açıklamasını ekleyin
Sistem Yüklenicisi:	Yüklenicinin adını girin (varsa)
Yayın tarihi	Belge yayın tarihini girin
Alt Sistem:	Alt sistemin açıklamasını ekleyin
Alt Sistem Yüklenicisi:	Alt sistem Yüklenicisinin adını girin (varsa)
Düzenleyen	Düzenleyen Adını girin
Teknik Resim No:	Geçerli teknik resim numarasını girin
Dosya adı	Analiz formlarını içeren dosyanın adı

Tablo 9 - SHA şablon sütunları

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
No	Ardışık numara
Ana sistem kimliği	RAMS kod numarası
Tehlike Kategorisi	İlgili "tehlike türü kategorisinin" her bir tehlikesi için numaralandırma
Tehlike tanımı (genel)	Tehlike Listesine göre tehlike kategorisi
Tehlike tanımlama (ayrıntılı)	İlgili "tehlike türünün" her bir tehlikesi için numaralandırma
Tehlike tanımı (ayrıntılı)	Genel tehlikenin spesifik tanımı
Sıralı numaralandırma	Önceki sütunla ilişkili ardışık numara
Faz / Çalışma modu	<ul style="list-style-type: none">- Çalışıyor / Normal çalışma- Çalışıyor / İndirgemiş çalışma- Çalışıyor / Çoklu set (Akuple)- Çalışıyor / Acil durum çalışması- Durma / Park Etme- Durma / Sabitleme- Durma /Makinist kabini değişimi- Depo / Manevra- Depo / Bakım
Sistem / Alt Sistem / Bileşen	Tehlikenin kaynaklandığı sistem/alt sistem/bileşen

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
Nedenler	İlgili tehlikeyi ortaya çıkaran nedenin tanımı
Sonuç Potansiyel kaza/hasar	İlgili tehlikenin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek sonuçların tanımı. Sonuçların konusu tanımlanacaktır.
Şiddet Seviyesi	Şiddet düzeyi kategorisi
Olasılık	Tehlikenin Tahmini Sıklığı
Risk Kategorisi	Risk kategorisi ve kabul kriterleri
Önleyici/telafi edici eylemler (Tasarım, Bakım, Operasyonel Tedbirler)	Hedef risk Amacına ulaşmak için belirlenen önleyici ve hafifletici tedbirler. Tüm faydalı Tasarım, Bakım, Operasyonel önlemler dikkate alınacak ve varsa, geçerli standartlara veya yönetmeliklere atıfta bulunulacaktır.
Hedef risk kategorisi	İstenen risk kategorisi ve kabul kriterleri
Açıklamalar / Belge referansı	Teknik resimlere veya şartnamelere veya belgelere atıf
Yorumlar	Daha iyi bir anlayış için herhangi bir yararlı yorum.

Güvenlik sınıflandırması kodlarını tanımlamak için "Kritik Güvenlik EN-50126" standardındaki tabloya bakın.

7.4. TEHLİKE KAYDI

Tehlike Kaydı (HL), güvenlik gerekliliklerinin ve gerekli önlemlerin uygulanmasını tanımlamak ve göstermek amacıyla hâlihazırda geliştirilmiş olan güvenlik analizlerinde (PHA, SHA, SSHA, IHA ve O&SHA) tanımlanan güvenlikle ilgili tüm tehlikelerin raporlandığı bir kayıt belgesidir. Tehlike Kaydı, risk çözümünü ve güvenlik açısından kabul edilebilirliği göstermek için gereken tehlikelerin ve ilgili eylemlerin izlenmesi için önemli bir güvenlik kayıdır ve lokomotif tasarımının güvenli olduğu ve minimum riskle işletilebileceği ve bakımının yapılabileceği gerekçesinin temelini oluşturur.

7.5. TEHLİKE KAYDI + SIL ŞABLON AÇIKLAMASI

Bu bölümde tehlike kaydı analizi için kullanılacak şablon açıklanmaktadır.

Tablo 10 - HL şablon başlığı

SÜTUN TANIMLAMA	SÜTUN AÇIKLAMASI
Proje	Proje Adını girin.
Sistem Yüklenicisi	Sistem adını girin
Alt Sistem Yüklenicisi	Alt sistem adını girin
Belge No/Rev:	Belge numarasını ve revizyon numarasını girin
Yayın tarihi	Belge yayın tarihini girin
Düzenleyen	Düzenleyen Adını girin.
Teknik Resim No:	Geçerli teknik resim numarasını girin
Dosya adı	Analiz formlarını içeren dosyanın adı

HL analizleri aşağıdaki bilgileri içerecektir:

- Tehlike No. ve Ana Sistem Tanımlaması:** Numaralandırma kuralı şu şekilde olabilir: proje adının kısaltması + sistemin kısaltması + HL + xxx rakamları, örneğin ABC_zxj_HL_001, yani ABC Projesi için zxj sisteminin Tehlike Kaydının 1. maddesi;
- Tehlike Türü ve Kategorisi:** İlgili "tehlike tipi kategorisinin" her bir tehlikesi için numaralandırma. "Kritik Güvenlik EN-50126" standardındaki tabloya bakın
- Tehlike Tanımlaması (ayrıntılı):** İlgili "tehlike türünün" her bir tehlikesi için numaralandırma
- Tehlike tanımı (ayrıntılı):** Genel tehlikenin spesifik tanımı
- Sistem / Alt Sistem / Bileşen:** Tehlikenin kaynaklandığı sistem/alt sistem/bileşen.
- Neden:** İlgili tehlikeyi ortaya çıkaran nedenin tanımı.
- Tehlikeye maruz kalmıştır:**

- Makinist: İlgili kişilerin tiplerini belirtmek için
- Personel (Görevli):İlgili kişilerin tiplerini belirtmek için
- Yolcu: İlgili kişilerin tiplerini belirtmek için
- Bakımcı: İlgili kişilerin tiplerini belirtmek için
- **Etkiler:** İlgili tehlikenin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek sonuçların tanımı. Sonuçların konusu tanımlanmalıdır.
- **Faz / Çalışma Modu:** Aşağıdakiler de dahil olmak üzere, tehlike durumunda lokomotif çalışma modunu açıklayın
 - - Çalışıyor / Normal çalışma
 - - Çalışıyor / Azaltılmış çalışma
 - - Çalışıyor / Çoklu set (Akuple)
 - - Çalışıyor / Acil durum çalışması
 - - Durma / Park Etme
 - - Durma / Sabitleme
 - - Durma /Makinist kabini değişimi
 - - Depo / Manevra
 - - Depo / Bakım

Tehlikelerin etkileri veya başlangıç risk seviyeleri çeşitli çalışma modlarında ortaya çıkıyorsa, farklı çalışma modları farklı satırlarda doldurulmalıdır.

İlk Risk Değerlendirmesi: Şiddet Seviyesi: Şiddet seviyesi kategorisi. Tehlikeyle ilişkili kazanın neden olduğu zararın şiddet seviyesi. Şiddet Seviyesi, “Kritik Güvenlik EN-50126” standardındaki Tehlike Şiddeti Kategorisine referans verilerek doldurulacaktır. Bu, önleyici eylemler uygulanmadan önce (yani azaltıcı önlemlerden önce) potansiyel sonucun (tehlikenin neden olduğu kazanın) tahmini ilk şiddet seviyesi bilgisini içerir.

- **İlk Risk Değerlendirmesi: Sıklık:** Tehlikenin tahmini sıklığı. Sıklık kategorisi, "Kritik Güvenlik EN-50126" standardındaki Tehlike Sıklık Seviyesine referansla doldurulacaktır. Bu, önleyici eylemler uygulanmadan önce (yani azaltıcı önlemlerden önce) potansiyel sonucun (tehlikenin neden olduğu kazanın) tahmini ilk sıklık seviyesini içerir.
- **İlk Risk Değerlendirmesi: Risk Kategorisi:** Risk kategorisi, "Kritik Güvenlik EN-50126" standartındaki Sistem Güvenliği Kabul Kriterlerine referansla doldurulacaktır. Bu, önleyici eylemler uygulanmadan önce (yani azaltıcı önlemlerden önce) potansiyel sonucun (tehlikenin neden olduğu kazanın) tahmini ilk risk seviyesini içerir.
- **Güvenlik Fonksiyonu Kodu [A]:** Güvenlik işlevinin tanımlanması için verilen kod (varsa fonksiyon listesinden veya başka bir tasarım dokümanından türetilir)
- **Güvenlik Fonksiyonunun Tanımı [B]:** Güvenlik Fonksiyonunun Tanımı

- **SIL [C]:** Zaten tanımlanmışsa, işleyle ilişkili Güvenlik Bütünlüğü Seviyesini (SIL) bildirin.
- **Yazılım (Güvenlik işlevi) [D]:** EVET/HAYIR. Söz konusu fonksiyonda yer alan yazılımın emniyet rolü yerine getirip getirmediğini belirtmek için
- **Önleyici ve Hafifletici Tedbirler:** Önleyici ve hafifletici tedbirler aşağıdaki konuları kapsamalıdır:
 - TASARIM
 - ÜRETİM/MONTAJ
 - İŞLETME
 - BAKIM
- **Nihai Risk Değerlendirmesi: Şiddet Seviyesi:** Telafi edici önlemlerin alınmasından sonra ulaşılacak şiddet seviyesi kategorisi. Tehlike Şiddet Kategorisi referans alınarak Şiddet Seviyesi doldurulmalıdır, "Kritik Güvenlik EN-50126" standardındaki tabloya bakın. Bu tablo, azaltıcı önlemlerin uygulanmasından sonra potansiyel sonucun (tehlike kaynaklı kaza) tahmini kalıntı şiddet seviyesini içermektedir.
- **Nihai Risk Değerlendirmesi: Sıklık:** Telafi edici önlemlerin uygulanmasından sonra ulaşılması gereken tehlike sıklığının tahmini değeri. Tehlike Sıklık Seviyesi referans alınarak Sıklık kategorisi doldurulmalıdır."Kritik Güvenlik EN-50126" standardındaki tabloya bakınız. Bu tablo, azaltıcı önlemler uygulandıktan sonra potansiyel sonucun (tehlike kaynaklı kaza) tahmini kalıntı sıklık seviyesini içermektedir.
- **Nihai Risk Değerlendirmesi: Artık Risk:** Sonuç risk kategorisi ve kabul kriterleri. Sistem Güvenliği Kabul Kriterleri Matrisi referans alınarak risk kategorisi doldurulmalıdır. "Kritik Güvenlik EN-50126" standardındaki matrise bakın. Bu matris, azaltıcı önlemler uygulandıktan sonra potansiyel sonucun (tehlike kaynaklı kaza) tahmini kalıntı risk seviyesini içermektedir.
- **Durum:** Etki azaltma önlemlerinin uygulanma durumu ile doldurun.
 - O-Açık;
 - C-Kapalı;
- **Sorumluluk:**
 - Araç üreticisi: İlgili paydaşın türünü belirtmek için
 - Yüklenici: İlgili paydaşın türünü belirtmek için
 - Bakım görevlisi: İlgili paydaşın türünü belirtmek için
 - Operatör: İlgili paydaşın türünü belirtmek için
- **Açıklamalar / Doküman referansı:** Daha iyi anlaşılması için her türlü faydalı yorum. İncelenen tehlikeyle ilgili faaliyetlerin anlaşılmasına ve yürütülmesine yardımcı olmak için gerekli görülen her türlü bilgi.

8. BAKIM YAPILABİLİRLİK

8.1. ÖNLEYİCİ BAKIMIN KAPSAMI

Önleyici bakım, bir bileşeni/alt bileşeni veya komponentleri belirli çalışma koşullarında tutmak için planlanan herhangi bir işlem den oluşur:

- Arızaların önlenmesi için periyodik muayene ve teşhis işlemi
- Planlı yenileme işlemleri
- Belirlenen zaman aralıklarında, sonucu değişimlerin yapılıp yapılmayacağını belirleyen kontroller
- Doldurma, ilave etme, yağ değiştirme, gresleme, ayarlamalar vb. gibi rutin işlemler
- Lokomotifin sistem ve alt sistemlerinin genel revizyonu.

Önleyici bakım, kısa vadeli önleyici bakım (bir yıl boyunca belirli aralıklarla gerçekleştirilir) ve döngüsel ağır bakım (çok fazla km kat edilen belirli sayıda yıldan sonra gerçekleştirilir) olarak ikiye ayrılabilir. Farklı aralıklar "Önleyici Bakım Rejimi" olarak adlandırılan uygulama ile tanımlanır.

8.2. DÜZELTİCİ BAKIMIN KAPSAMI

Düzeltilici bakım, hizmet sırasında meydana gelen bir arızanın sonucu olarak planlanmamış (önleyici bakımın bir parçası) herhangi bir bakım işlemini, yani bir arızanın ardından bir bileşeni/alt sistemi/sistemi belirtilen çalışma koşullarına geri döndürmek için yapılan herhangi bir müdahaleyi içerir.

Bazen vandalizm eylemlerinden veya sistemin yanlış kullanımından kaynaklanan arızalardan veya kazalar gibi dış nedenlerden sonra müdahaleler gereklidir; tüm bu müdahaleler analizde hesaplanan maliyetlerde dikkate alınmamıştır.

Arıza süresini en aza indirmek için düzeltici bakım, daha sonra lokomotif dışında onarılabilecek bazı alt sistemlerin veya LRU'nun değiştirilmesiyle gerçekleştirilebilir. LRU, Hat üzerinde Değiştirilebilen Birim, yani birinci seviye bakımda değiştirilebilecek en küçük bileşen anlamına gelir.

8.3. ÖNLEYİCİ BAKIM (PM) ENDEKSİ

PM endeksi rakamı aşağıdaki temel formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$PM = \left\{ \left(\sum_i Cmh * Tmh_i + \sum_i Cmat_i \right) / K \right\} * 1.000$$

Bu rakam €/1000 km olarak ifade edilmektedir, burada:

- Cmh = İnsan gücünün saatlik maliyeti [€/saat adam]
- Tmh_i = i'inci önleyici müdahale için harcanan toplam saat
- Cmat_i = i'inci önleyici müdahale için kullanılan malzemenin toplam maliyeti
- K = Söz konusu dönemde araç filosu tarafından kat edilen km

Hesaplamayı elektronik sayfa aracılığıyla gerçekleştirmek için yukarıdaki formül yeniden düzenlenmiş ve bazı temel parametreler açıklanmıştır, örneğin söz konusu dönemde yapılan müdahale sayısı gibi.

$$PM = \frac{\left(\sum_i Cmat_i * Q_i \right)}{km_{period}} + \frac{\left(\sum_i Tmh_i * Q_i * Int_i \right) * Cmh}{km_{period}}$$

Bu rakam €/1000 km olarak ifade edilmektedir, burada:

- Cmat_i = i'inci önleyici müdahale için kullanılan malzemenin toplam maliyeti
- Q_i = Lokomotif üzerinde bakımı yapılan bileşenlerin miktarı
- Tmh_i = i'inci önleyici müdahale için harcanan toplam saat
- Int_i = dikkate alınan dönemde yapılan müdahalelerin sayısı
- Cmh = insan gücünün saatlik maliyeti [€/saat adam]
- Km_{dönem} = Söz konusu dönemde araç filosu tarafından kat edilen km

8.4. DÜZELTİCİ BAKIM (CM) ENDEKSİ

PM endeksi rakamı aşağıdaki temel formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$CM = \left\{ \left(\sum_i Cmh * Tmh_i + \sum_i Cmat_i \right) / K \right\} * 1.000$$

Bu rakam €/1000 km olarak ifade edilmektedir, burada:

- Cmh = insan gücünün saatlik maliyeti [€/saat adam]
- Tmh_i = i'inci düzeltici müdahale için harcanan toplam saat
- Cmat_i = i'inci düzeltici müdahale için kullanılan malzemenin toplam maliyeti
- Km = Araç filosunun dikkate alınan (tanımlanan) dönemde kat ettiği km

Elektronik sayfa aracılığıyla hesaplama yapmak için yukarıdaki formül yeniden düzenlenmiş ve örneğin bileşen arıza oranı gibi bazı temel parametreler açıklanmıştır.

$$MC = \frac{\left(\sum_i \lambda_i * Cmat_i * Q_i \right)}{(v_{conv} * 1000)} + \frac{\left(\sum_i \lambda_i * Tmh_i * Q_i \right) * Cmh}{(v_{conv} * 1000)}$$

Bu rakam €/1000 km olarak ifade edilmektedir, burada:

- λ_i bileşen arıza oranı [1/106 saat]
- $Cmat_i$ i'inci düzeltici müdahale için kullanılan malzemenin toplam maliyeti [€]
- Q_i lokomotif üzerinde muhafaza edilen bileşenlerin miktarı
- v_{conv} belirlenen görev profiline göre dönüştürme hızı [km/h]
- Tmh_i i-inci düzeltici müdahale için harcanan toplam saat [h]

8.5. MTTR

MTTR (Ortalama Onarım Süresi) endeksi saat cinsinden ifade edilir ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$MTTR = \frac{\sum_i \lambda_i * h_i * Q_i}{\sum_i \lambda_i * Q_i}$$

Burada:

- λ_i = bileşen arıza oranı [1/10⁶h]
- h_i = bileşeni onarmak/değiştirmek için gereken süre
- Q_i = lokomotif üzerindeki bileşenlerin miktarı

8.6. ÖNLEYİCİ BAKIM REJİMİ (SIKLIKLAR)

Yüklenici, kilometre bazında periyodik bakım aralıkları verecektir.

Bu aralıklar araç bazında optimize edilmeli ve bu gerekliliklere uygun olmalıdır:

- ✓ Bir aydan veya 40.000 km'den önce lokomotif depoda planlı bakım gerekmecektir
- ✓ Revizyonlar 3 yıldan (ara revizyon) ve 6 yıldan (genel revizyon) önce gerekli olmayacaktır

Yüklenici, tedarik kapsamının özel ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak CoCo Loco ile olası farklı bakım sıklıkları üzerinde anlaşmaya varmalıdır.

Revizyon aralığı Yüklenici tarafından önceki aralıkların bir katı olarak önerilebilir

8.7. BAKIM SEVİYESİ

8.7.1. Önleyici bakım seviyesi

1) İşletme sırasında önleyici bakım müdahalesi

Lokomotifte genellikle depoda işleme yapılır ve kısa süre içinde hizmete geri dönmesi öngörülür. İlgili LRU'lara müdahale, basit ikame veya diğer lokomotif parçalarının sökülmesini veya özel bir atölye çalışmasını gerektirmeyen operasyonlardır [bu operasyonlar genellikle "ilk önleyici bakım seviyesi" olarak sınıflandırılır].

Analizde kullanılan kod: On-T.

2) Koruyucu bakım müdahalesi/ revizyon amaçlı hizmet dışı kalma

Lokomotif ya depoda ya da özel bir atölyede/ağır bakım deposunda işleme alınır. LRU'lara yapılan bu müdahaleler/revizyon, lokomotif üzerinde yapılamayacak kadar karmaşık bakım işlemleri gerektirir.

Sökülen LRU'lar temel alt bileşenlerine kadar sökülür ve lokomotifte (uzman bakımcılar ve aletler mevcutsa) veya uzman atölyede ya da orijinal yüklenici tarafından elden geçirilebilir.

Analizde kullanılan kod: Off-T.

8.7.2. Düzeltici bakım seviyesi

1) LRU değişimi olmadan servis sırasında düzeltici bakım müdahalesi

Lokomotifte genellikle depoda işlem yapılır ve kısa süre içinde hizmete geri dönmesi öngörülür. İlgili LRU'lara müdahale, özel bir Alt Montaj A çalışması veya özel bir atölye gerektirmeyen basit işlemlerdir. Tabii ki, LRU onarılabilir olmalıdır.

Önleyici bakım işlemi tüm üst montaj/alt montajı ilgilendiriyorsa, LRU için yukarıda belirtilenler Üst Montaj/Alt Montaja yönlendirilmelidir.

Örnek olarak, analizde kullanılan kod: 1R.

2) Tamir edilemeyen LRU ikamesi ile işletme sırasında düzeltici bakım müdahalesi

Lokomotifte genellikle depoda işlem yapılır ve kısa süre içinde hizmete geri dönmesi öngörülür.

Onarılamayan LRU'lara müdahale, yedek bir ünite ile değiştirme ile sınırlıdır.

Kullanılan sarf malzemelerinin maliyetleri ve öngörülen tüm işlemler için harcanan zaman miktarı (LRU'ya arama ve erişim, sökme, montaj ve işlevsel doğrulamalar) analizler tarafından raporlanmaktadır. Genel maliyet yedek parçanın maliyetini de içermektedir.

Örnek olarak, analizde kullanılan kod: 1NR.

3) Onarılabılır LRU ikamesi ile servis dışı düzeltici bakım müdahalesi

Lokomotifte genellikle depoda işlem yapılır ve kısa süre içinde hizmete geri dönmesi öngörülür. Karmaşık sistemler veya belirli ağır müdahaleler söz konusu olduğunda lokomotif uzman atölyeye veya ağır bakım deposuna gönderilir.

LRU'lar lokomotiften çıkarılır ve yedek bir LRU ile değiştirilir. Çıkarılan LRU onarım işlemi için yüklenici fabrikaya/uzmanlaşmış merkeze gönderilir.

Kullanılan sarf malzemelerinin maliyetleri ve öngörülen tüm işlemler için harcanan zaman miktarı (LRU'ya erişim, söküm, onarım maliyeti, montaj ve işlevsel doğrulamalar) analizler tarafından raporlanır. Toplam maliyet, onarım ve Yüklenici fabrikaya/uzmanlaşmış merkeze teslimat maliyetini de içermektedir.

Örnek olarak, analizde kullanılan kod: 2R.

8.8. ÖNLEYİCİ BAKIM ŞABLONU

Aşağıda, Önleyici Bakım ile ilgili rakamları hesaplamak için kullanılan şablonun (Excel dosyası) içeriği listelenmiş ve açıklanmıştır.

İstenen verilerle doldurulan her veri sayfası, nihai sonuç olarak tanımlanmış bir sistem için bakım endekslerini ve maliyetlerini verir.

Diğer tablolar lokomotifin tüm sistemlerine/ekipmanlarına ilişkin tüm sonuçları bir araya getirerek lokomotif/filo düzeyinde sonuçlar vermektedir.

Tablo 11 - MP şablon başlıkları

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	ÖNLEYİCİ BAKIM SÜTUN AÇIKLAMASI
Doküman numarası	X		Belge numarasını giriniz
Revizyon numarası	X		Revizyon numarasını girin
Tarih:	X		Belgenin tarihini girin
Proje	X		Proje Adını girin
Ekipman:	X		Yüklenici tarafından tedarik edilen ekipmanın Tanımını girin
Yüklenici:	X		Yüklenici adını girin
Düzenleyen:	X		Düzenleyen adını girin

Tablo 12 - Projenin genel girdi verileri (hesaplama sayfasının Genel Parametre tablosu)

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	ÖNLEYİCİ BAKIM SÜTUN AÇIKLAMASI
Dönüştürme hızı	X		Görev Profili tarafından bildirilen ve hesaplama sayfasındaki arıza oranını dönüştürmek için kullanılan hız değerini girin
İnsan gücü maliyeti	X		Saat başına İnsan Gücü maliyetini girin

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	ÖNLEYİCİ BAKIM SÜTUN AÇIKLAMASI
Yıllık kat edilen mesafe	X		Km cinsinden kat edilen Yıllık mesafeyi girin (Görev Profilinden)
Yıllık çalışma gün sayısı	X		Yıllık lokomotif hizmet gün sayısını girin (Görev Profilinden)
LCC dikkate alınan dönem	X		LCC parametrelerinin hesaplanacağı dönemi (yıl olarak) giriniz. Mesela: <ul style="list-style-type: none">Garanti süresi: 2-3 veya 5 yıl.Lokomotif ömrü: 25-30 yıl.
Temel bakım sıklığı	X		Genellikle km (veya ay) cinsinden ifade edilen bakım sıklığını girin. Bu, sözleşmede veya lokomotif ana teknik şartnamesinde verilen temel referans bakım aralığıdır. Hesaplama tablosunda, yukarıdaki "Dikkate Alınan Dönem" müdahale sayısını belirlemek için kullanılır.
Dikkate alınan dönemde kat edilen mesafe [km]		X	<i>Lokomotifin dikkate alınan dönemde kat ettiği mesafedir, bu değer otomatik olarak hesaplanır. (Veri eklemeyin).</i>
Filodaki lokomotif sayısı	X		Filoyu oluşturan lokomotif sayısını giriniz.

Tablo 13 - MP şablon sütunları

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	ÖNLEYİCİ BAKIM SÜTUN AÇIKLAMASI
RAMS Kodu	X		Kırılım ve FMECA'da kullanılan RAMS Kodunu girin (farklı RAMS analizleri boyunca kullanılan tanımlama numarası)
Açıklama	X		Cihazın/LRU'nun açıklamasını (adını) girin
Parça Numarası P/N	X		Sistemin parça numarasını girin
Lokomotif Adeti	X		Her araca monte edilen bileşen sayısını ilgili sütuna girin
Toplam miktar		X	Lokomotif üzerine monte edilen toplam bileşen sayısı sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanır. <u>(Veri eklemeyin).</u>
Adım N°	X		Tüm eylem listesinin ilerleyen numarasına referansla eylem adımına ilgili numarayı ekleyin
Bakım seviyesi	X		İlgili paragrafta açıklandığı gibi işlem sınıflandırmasını ekleyin Lokomotif (tren) üzerinde → On-T Lokomotif dışı (tren) → Off-T
Bakım görevi	X		Örneğin bakım eyleminin ilgili görevini ekleyin: Muayene / onarım / değiştirme
Standart alet	X		Bu görev için kullanılan "standart aletleri" listeye ekleyin
Özel alet	X		Bu görev için kullanılan "özel aletleri" listeye ekleyin. Özel alet, görev için özel olarak tasarlanmış veya piyasada zor bulunan belirli bir alettir.
Malzemeler	X		Bakım görevi için gerekli parçaların listesini ekleyin.
Sıklık birimi	X		Aşağıdaki iki seçenektan birini girin: <ul style="list-style-type: none">KilometreAy
Çoklu bakım aralığı sayısı	X		Eğer belirli aralık birden fazlaysa, toplam aralık sayısını girin
Yıllık iptaller	X		Bu satırda açıklanan görevin daha karmaşık başka bir göreve dahil edilmesi durumunda, görevi iki veya daha fazla kez saymamak için bu oluşumun numarasını girin.
Hizmet ömrü sonunda iptal	X		Bu satırda açıklanan görevin lokomotifin ömrünün sonunda gerçekleşmesi durumunda, gereksiz son işlemi saymamak için 1 ekleyin.

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	ÖNLEYİCİ BAKIM SÜTUN AÇIKLAMASI
Sıklık (km cinsinden ifade edilir)		X	<i>Bu bilgi otomatik olarak hesaplanır. Km veya ay olarak seçilen orijinal periyot ne olursa olsun, bu sıklık sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan km cinsinden ifade edilir. (Veri eklemeyin).</i>
Bakımcı beceri SEVİYESİ	X		Belirtilen görev için bakımcıya beceri talebini ekleyin yani mekanik, elektronik, elektrik ...
Bakımcı sayısı	X		Belirli bir görevi gerçekleştirmek için gereken toplam bakımcı sayısını girin
Arıza Teşhis süresi (dakika cinsinden ifade edilir)	X		Sadece teşhise ayrılmış zamanı açıkça ekleyin
Donanım tedarikçisinin LRU'suna erişilebilirlik süresi (dakika cinsinden ifade edilir).	X		Belirli bir LRU'da erişilebilirliği elde etmek için gereken süreyi girin (bakım eyleminin nesnesi olan LRU'ya erişimi engelleyen tüm bileşenlerin montaj ve demontaj süresi). <i>NOT: bu süre Yüklenicinin değil, lokomotif donanım tedarikçisi/araç üreticisinin sorumluluğundadır.</i>
Yüklenicinin LRU'suna erişilebilirlik süresi (dakika cinsinden ifade edilir).	X		Belirli LRU'da erişilebilirliği elde etme süresini girin (tedarik kapsamının bir parçasıysa, yukarıda belirtilen bileşenler hariç olmak üzere, bakım eyleminin LRU nesnesine erişimi engelleyen tüm bileşenlerin montaj ve demontaj süresi). <i>NOT: bu süre ekipman Yüklenicisinin sorumluluğundadır. Ekipman "çıplakmış" veya lokomotif takılmamış gibi LRU'nun sökülmesi ve takılması için talep edilen süredir.</i>
Değişim, Onarım, Fonksiyonel kontrol süresi (dakika)	X		Arızalı bileşenin veya sistemin Değiştirilmesi, Onarılması veya İşlevsel kontrolünün gerçekleştirilmesi için talep edilen süreyi girin.
Diğer faaliyetler zaman (dakika)	X		Daha önce dahil edilmeyen diğer faaliyetleri gerçekleştirmek için gereken süreyi (varsa) ekleyin.
Lokomotif dışı - Bakımcı sayısı	X		Lokomotif dışı bileşenlerde çalışan bakım görevlilerinin sayısını giriniz
Lokomotif dışı - Faaliyet süresi (dakika)	X		Tüm lokomotif dışı faaliyetler için gereken toplam süreyi giriniz.
Çalışma süresi (toplam olarak saat cinsinden ifade edilir)		X	<i>Sayfa tarafından hesaplanan ve sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan saat cinsinden ifade edilen toplam çalışma süresi. (Veri eklemeyin).</i>

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	ÖNLEYİCİ BAKIM SÜTUN AÇIKLAMASI
Adam-saat çalışma süresi (saat)		X	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan toplam adam-saat süresi. (Veri eklemeyin).
Malzeme maliyeti	X		Bakım görevi için kullanılan yedek parçaların veya sarf malzemelerinin maliyetini girin.
Açıklama / Not	X		Netleştirmek, açıklamak veya faydalı bilgiler eklemek için bakım göreviyle ilgili özel notları ekleyin.
Müdahale sayısı (dönem içinde)		X	Referans dönemindeki toplam müdahale sayısı sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanır. (Veri eklemeyin).
Dönemsel malzeme maliyeti (hesaplanarak), her bir malzeme türü için.		X	Tanımlanan dönem için hesaplanan malzeme maliyeti, sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanır. (Veri eklemeyin).
Dönemsel iş gücü maliyeti (hesaplanmış), her bir malzeme/hizmet türü için		X	Tanımlanan dönem için hesaplanan insan gücü maliyeti sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanır. (Veri eklemeyin).
Dönemsel toplam maliyet (hesaplanmış), her bir malzeme/hizmet türü için.		X	Tanımlanan dönem için hesaplanan toplam maliyet, sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanır. (Veri eklemeyin).

8.9. DÜZELTİCİ BAKIM ŞABLONU

Aşağıda, Düzeltici Bakım ile ilgili rakamları hesaplamak için kullanılan şablonun içeriği listelenmiş ve açıklanmıştır.

İstenen verilerle doldurulan her bir veri sayfası, nihai sonuç olarak tanımlanmış bir sistem için bakım endekslerini ve maliyetlerini verir.

Diğer tablolar lokomotifin tüm sistemleri/ekipmanları ile ilgili tüm sonuçları bir araya getirerek lokomotif/filo düzeyinde sonuçlar vermektedir.

Tablo 14 - MC şablon başlıkları

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	DÜZELTİCİ BAKIM SÜTUNU AÇIKLAMASI
Tarih:	x		Belgenin tarihini girin
Proje	x		Proje Adını girin
Ekipman:	x		Yüklenici tarafından tedarik edilen ekipmanın tanımını girin
Yüklenici:	x		Yüklenici adını girin
Düzenleyen	x		Düzenleyen Adını girin

Tablo 15 - Projenin genel girdi verileri (hesaplama sayfasının Genel Parametre tablosu)

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	DÜZELTİCİ BAKIM SÜTUNU AÇIKLAMASI
Dönüştürme hızı	x		Görev Profili tarafından bildirilen ve hesaplama sayfasındaki arıza oranını dönüştürmek için kullanılan hız değerini girin.
İnsan gücü maliyeti	x		Saat başına İnsan Gücü maliyetini girin
Yıllık mesafe	x		Km cinsinden kat edilen Yıllık mesafeyi girin (Görev Profilinden)
LCC dikkate alınan dönem	x		LCC parametrelerinin hesaplanmasının yapıldığı yıl periyodunu giriniz. Mesela: <ul style="list-style-type: none">Garanti süresi: 2-3 veya 5 yıl.Lokomotif ömrü: 25-30 yıl.
Filodaki lokomotif sayısı	x		Filoyu oluşturan lokomotiflerin sayısını giriniz.

Tablo 16 - MC şablon sütunları

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	DÜZELTİCİ BAKIM SÜTUNU AÇIKLAMASI
RAMS Kodu	x		Kırılım ve FMECA'da kullanılan RAMS Kodunu girin (farklı RAMS analizleri boyunca kullanılan tanımlama numarası).
Açıklama	x		Cihazın/LRU'nun açıklamasını (adını) girin.
Parça Numarası P/N	x		Sistemin parça numarasını girin.
Arıza Modu	x		Belirtilen bir öge üzerindeki bir arıza nedeninin tahmin edilen veya gözlemlenen sonuçlarını, arıza anındaki çalışma koşuluyla ilişkili olarak ekleyin.
Başarısızlık oranı	x		Atfedilen arıza oranını giriniz (milyon saat başına arıza sayısı $[1/(10^{(6)h})]$).
MTBF (saat cinsinden ifade edilir)		x	<i>Arızadan Önceki Süre, arıza oranının tersi anlamına gelir ve sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanır. (Veri eklemeyin).</i>
Görev Döngüsü	x		Dikkate alınan ögenin kullanım oranını giriniz; örn: <ul style="list-style-type: none">100 yarı çalışma: tam zamanlı50 yarı zamanlı çalışma: yarı zamanlı
Uygulanabilir Arıza Oranı		x	<i>Arıza oranının görev döngüsü ile çarpımının sonucu; sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanır. (Veri eklemeyin).</i>
Lokomotif Adeti	x		Her araca monte edilen bileşen sayısını ilgili sütuna girin.
Toplam Miktar		x	Lokomotif üzerine monte edilen toplam bileşen sayısı sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanır. (Veri eklemeyin).
Bakım seviyesi	x		Özel paragrafta açıklandığı gibi operasyon sınıflandırmasını ekleyin: Lokomotif (tren) üzerinde = On-T Kapalı lokomotif (tren)= Kapalı-T
Bakım görevi	x		Örneğin bakım eyleminin ilgili görevini ekleyin: Muayene / onarım / değiştirme.
Standart araç	x		Bu görev için kullanılan "standart araçların" listesini ekleyin.

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	DÜZELTİCİ BAKIM SÜTUNU AÇIKLAMASI
Özel alet	x		Bu görev için kullanılan "özel araçların" listesini ekleyin. Özel alet, görev için özel olarak tasarlanmış veya piyasada zor bulunan (raftan) belirli bir alettir.
Bakımcı beceri SEVİYESİ	x		Belirtilen görev için bakımcıya beceri talebini ekleyin yani mekanik, elektronik, elektrik ...
Bakımcı sayısı	x		Belirli bir görevi gerçekleştirmek için gereken toplam bakımcı sayısını girin.
Arıza teşhis süresi (dakika cinsinden ifade edilir)	x		için harcanan zamanı giriniz.
Donanım tedarikçisinin LRU'suna erişilebilirlik süresi (dakika cinsinden ifade edilir)	x		Belirli bir LRU'da erişilebilirliği elde etmek için gereken süreyi girin (bakım eyleminin nesnesi olan LRU'ya erişimi engelleyen tüm bileşenlerin montaj ve demontaj süresi). <i>NOT: bu süre Yüklenicinin değil, lokomotif donanım tedarikçisi/araç üreticisinin sorumluluğundadır.</i>
Yüklenicinin LRU'suna erişilebilirlik süresi (dakika cinsinden ifade edilir)	x		Belirli bir LRU'da erişilebilirliği elde etmek için gereken süreyi girin (tedarik kapsamının bir parçasıysa bakım işleminin nesnesi olan LRU'ya erişimi engelleyen tüm bileşenlerin montajı ve demontajı için gereken süre, yukarıdaki satırda belirtilen bileşenler hariç). <i>NOT: bu süre ekipman Yüklenicisinin sorumluluğundadır. Ekipman "çıplakmış" veya lokomotif takılmamış gibi LRU'nun sökülmesi ve takılması için talep edilen süredir.</i>
Değişim, Onarım, Fonksiyonel kontrol süresi (dakika)	x		Arızalı bileşenin veya sistemin Değiştirilmesi, Onarılması veya İşlevsel kontrolünün gerçekleştirilmesi için talep edilen süreyi giriniz
Diğer faaliyetler zaman (dakika)	x		Daha önce dahil edilmeyen diğer faaliyetleri gerçekleştirmek için gereken süreyi (varsa) ekleyin.
Lokomotif dışı - Bakımcı sayısı	x		Lokomotif dışı bileşenlerde çalışan bakım görevlilerinin sayısını giriniz
Lokomotif dışı - Faaliyet süresi (dakika)	x		Tüm lokomotif dışı faaliyetler için gereken toplam süreyi giriniz

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	DÜZELTİCİ BAKIM SÜTUNU AÇIKLAMASI
Toplam Çalışma Süresi (saat olarak ifade edilir)		x	Sayfa tarafından hesaplanan ve sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan saat cinsinden ifade edilen toplam çalışma süresi (Veri eklemeyin).
Toplam İş gücü Süresi (saat olarak ifade edilir)	x		Sayfa tarafından hesaplanan toplam adam-saat süresi. (Veri eklemeyin).
Küresel MTTR yüzdesi		x	Küresel MTTR'ye göre yüzde: $\frac{Global\ Man\ Time_{single\ item}}{MTTR_{Global}} = \frac{\lambda_i h_i q_i}{\sum \lambda_i q_i}$ (Veri eklemeyin).
Malzeme maliyeti	x		Bakım görevi için kullanılan yedek parçaların veya sarf malzemelerinin maliyetini girin
Açıklama / Not	x		Netleştirmek, açıklamak veya faydalı bilgiler eklemek için bakım göreviyle ilgili özel notları ekleyin
Bir Öğenin Arıza oranı / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin MTBF [h] / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin Malzeme maliyeti / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin İnsan gücü maliyeti / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin toplam maliyeti / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer.
Bir Öğenin arıza numarası / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin Arıza yüzdesi / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin malzeme maliyeti / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).

SÜTUN TANIMLAMA	GİRDİ	ÇIKTI	DÜZELTİCİ BAKIM SÜTUNU AÇIKLAMASI
Bir Öğenin insan gücü maliyeti / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin Toplam Maliyet / lokomotif		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin malzeme maliyeti / filo		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin insan gücü maliyeti / filo		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).
Bir Öğenin Toplam Maliyet / filo		x	Sayfa tarafından otomatik olarak hesaplanan değer. (Veri eklemeyin).

9. EKLER

Aşağıdaki eklerde şablonlar rapor edilmiştir:

- Ek 1: RAMS analiz şablonları
- Ek 2: Önleyici bakım şablonu
- Ek 3: Düzeltici bakım şablonu

DOKÜMAN SONU