

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	Sayfa	1/30
---	------	-------	------

TŞ400133

E5000 RAMS Gereksinimleri Şartnamesi

EK-1

E5000 RAMS Planı

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>3/30</i>
---	-------------	--------------	-------------

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	5
1.1. VARSAYIM.....	5
1.2. KAPSAM.....	5
1.3. UYGULAMA KAPSAMI.....	5
2. REFERANS DOKÜMAN, YÖNETMELİK VE STANDARTLAR.....	6
3. RAMS GARANTİ POLİTİKASI.....	7
3.1. RESMİ RAMS YAŞAM DÖNGÜSÜ GARANTİ PROGRAMI.....	7
3.2. RAMS’İ ETKİLEYEN UNSURLAR	8
3.3. RAM İLE İLGİLİ RİSKLERİN AZALTILMASI	9
4. İŞLETME PROFİLİ	10
5. RAM GEREKSİNİMLERİ	11
5.1. GÜVENİLİRLİK	11
5.1.1. Temel Güvenilirlik.....	11
5.1.2. İşletme Güvenilirlik.....	11
5.2. BAKIM YAPILABİLİRLİK & LCC	15
5.3. EMRE AMADELİK.....	16
6. RAMS ANALİZİ İÇİN METODOLOJİ.....	17
6.1. ÜRÜN KIRILIM YAPISI (PBS)	17
6.2. TEMEL GÜVENİLİRLİK	18
6.3. FMECA ANALİZİ	19
6.4. BAKIM YAPILABİLİRLİK& LCC	21
6.4.1. Düzeltici Bakım (CM).....	21
6.4.2. Önleyici Bakım (PM).....	23
6.5. FTA METODOLOJİSİ (İŞLETME GÜVENİLİRLİĞİ VE EMNİYET).....	25
6.6. EMNİYET	26
6.6.1. Şiddet seviyesi, gerçekleşme sıklığı ve risk matrisi	27
6.7. RAMS RAPORU	29
7. EK 1-ANALYSES WORKSHEET	30

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>4/30</i>
---	-------------	--------------	-------------

TABLO LİSTESİ

Tablo 1 Arıza Sınıflandırılması.....	14
Tablo 2 Şiddet kategorisi.....	27
Tablo 3 Olay seviyelerinin olasılıkları	28
Tablo 4 Risk matrisi	28

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 – V döngüsü gösterimi EN 50126-1 (Ref. [1])	7
Şekil 2 – Demiryolu RAMS unsurlarının birbiriyle ilişkisi, EN 50126-1 (Ref. [1])	8
Şekil 3 – Demiryolu RAMS’ı EN Etkileyen Unsurlar, EN 50126-1 (Ref. [1])	9
Şekil 4 – FTA Sembolü	25

KISALTMALAR

A	Emre Amadelik (Availability)
CM	Düzeltilici Bakım
EN	Avrupa Standartı
FMECA	Arıza Modu ve Etki Kritiklik Analizi
FTA	Arıza Ağacı Analizi
HAS	Alt Sistem Tehlike Analizi
ISO	Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu
LCC	Ömür Maliyeti
LRU	Hatta Değiştirilebilir Üniteler
MTBF	Arızalar Arasındaki Ortalama Süre
MKBF	Arızalar Arasındaki Ortalama Kilometre
MKBSF	Servis Arızaları Arası Ortalama Kilometre
N/A	Uygulanabilir değil
PBS	Ürün Kırılım Listesi
PHIA	Ön Tehlike Analizi
PM	Önleyici Bakım
RAMS	Güvenilirlik, Emre Amadelik, Bakım Yapılabilirlik ve Emniyet

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	Sayfa	5/30
---	------	-------	------

1. GİRİŞ

1.1. Varsayım

Bu doküman, TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü tarafından tasarlanacak ve geliştirilecek olan E5000 Lokomotifi için planlanan RAMS faaliyetlerini tanımlamaktadır.

1.2. Kapsam

Bu dokümanın amacı, tüm Güvenilirlik, Emre Amadelik, Bakım Yapılabilirlik ve Emniyet (RAMS) faaliyetlerini gerçekleştirmek için kullanılacak tüm teknik ve formatları detaylandırmaktır.

EN 50126 - 1 (Ref. [1]) kapsamına uygun olarak, RAMS gerekliliklerinin yerine getirilmesine yönelik yönetim düzenlemeleri, benimsenen politika ve stratejinin ayrıntıları, RAMS faaliyetlerinin amacı ve planlaması da dahil olmak üzere burada tanımlanmaktadır.

Bu faaliyetler şunları amaçlamaktadır:

- TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü tarafından geliştirilen aracın RAMS performansının (Ref. [18])'de bildirilen programa göre bir tahminini (RAMS Analizi) yapmak;
- Elde edilen sonuçların, Şartname dokümanında (Ref. [18]) tanımlanacak olan ve TÜRASAS referans şartnamelerini de içerecek olan ilgili RAMS gereksinimlerini karşıladığını doğrulamak (RAMS Gereksinimlerinin doğrulanması)

Aracın kullanımı sırasında sahadan dataların toplanması ve analizi, daha sonra RAMS Analizinde sağlanacak olan RAMS performansına ilişkin değerlerin kabul edilmesini sağlayacak unsur olacaktır.

1.3. Uygulama Kapsamı

Bu doküman araç için geçerlidir ve proje yaşam döngüsü boyunca RAMS faaliyetleri için bir referans olarak kullanılmalıdır.

Tüm sistem yaşam döngüsü için planlanan RAM faaliyetleri ve kilometre taşları EN 50126 gereksinimlerine uyumludur (Ref. [1], Ref. [2], Ref. [3]).

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	Sayfa	6/30
---	-------------	-------	------

2. REFERANS DOKÜMAN, YÖNETMELİK VE STANDARTLAR

- Ref. [1] EN 50126-1, “Demiryolu Uygulamaları - Güvenilirlik, Kullanılabilirlik, Bakım ve Güvenlik (RAMS) Belirleme ve Gösterme” - Bölüm 1: Genel RAMS İşlemi
- Ref. [2] EN 50126-2, “Demiryolu Uygulamaları - Güvenilirlik, Kullanılabilirlik, Bakım ve Güvenlik (RAMS) Belirleme ve Gösterme” - Bölüm 2: Sistemlere Güvenilirlik Yaklaşımı
- Ref. [3] CLC/TR 50126-3, “Demiryolu uygulamaları Güvenilirlik, Kullanılabilirlik, Bakım Yapılabilirlik ve Emniyet (RAMS)'in belirlenmesi ve gösterilmesi” —Bölüm 3: EN 50126-1'in demiryolu araçları RAM'ının uygulanmasına ilişkin kılavuz
- Ref. [4] EN 50129: 2004, “Demiryolu uygulamaları - İletişim, sinyalizasyon ve işleme sistemleri - Sinyalizasyon için güvenlik bağlantılı elektronik sistemler”.
- Ref. [5] IEC 61508, “Functional Safety of Electrical / Electronica / Programmable Electronic Safety Related Systems”.
- Ref. [6] EN 61025, “Hata ağacı analizi (FTA)”.
- Ref. [7] Directive EU/402/2013, “Common safety method for risk evaluation and assessment”.
- Ref. [8] FMD, “Failure mode/Mechanism Distribution”.
- Ref. [9] MIL-HDBK-217 F, “Reliability prediction of electronic equipment”.
- Ref. [10] MIL-HDBK-338 B, “Electronic reliability design handbook”.
- Ref. [11] MIL-HDBK-470 A, “Designing and developing maintainable products and systems”.
- Ref. [12] MIL-HDBK-472 NOTICE 1, “Maintainability Prediction”.
- Ref. [13] MIL-STD-756 B, “Reliability Modelling Prediction”.
- Ref. [14] MIL-STD-882, “System Safety”.
- Ref. [15] MIL-STD-1472 F, “Human Engineering”.
- Ref. [16] MIL-STD-1629 A, “Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis”.
- Ref. [17] NPRD, “Non electronic part reliability data”.
- Ref. [18] E5000 lokomotiflerinin sertifikasyon ve doğrulama süreçleri için test ve analiz hizmetlerinin tedariki teknik şartnamesi - Rev.0.
- Ref. [19] EU/1302/2014, “Technical Specification for interoperability Relating to the “Rolling Stock – “Locomotives and Passenger Rolling Stock” Subsystem of the Rail System in the European Union”.
- Ref. [20] EU/2023/1695, “Technical Specification for the interoperability Relating to the Control Command and Signalling Subsystems of the Rail System in the European Union”.
- Ref. [21] E5000 BAKIM PLANI VER00 – Bakım Planı

3. RAMS GARANTİ POLİTİKASI

Bu bölümde E5000 Lokomotif projesi için RAMS faaliyetlerinin organizasyonu ve yönetimi hakkında bilgi verilmektedir.

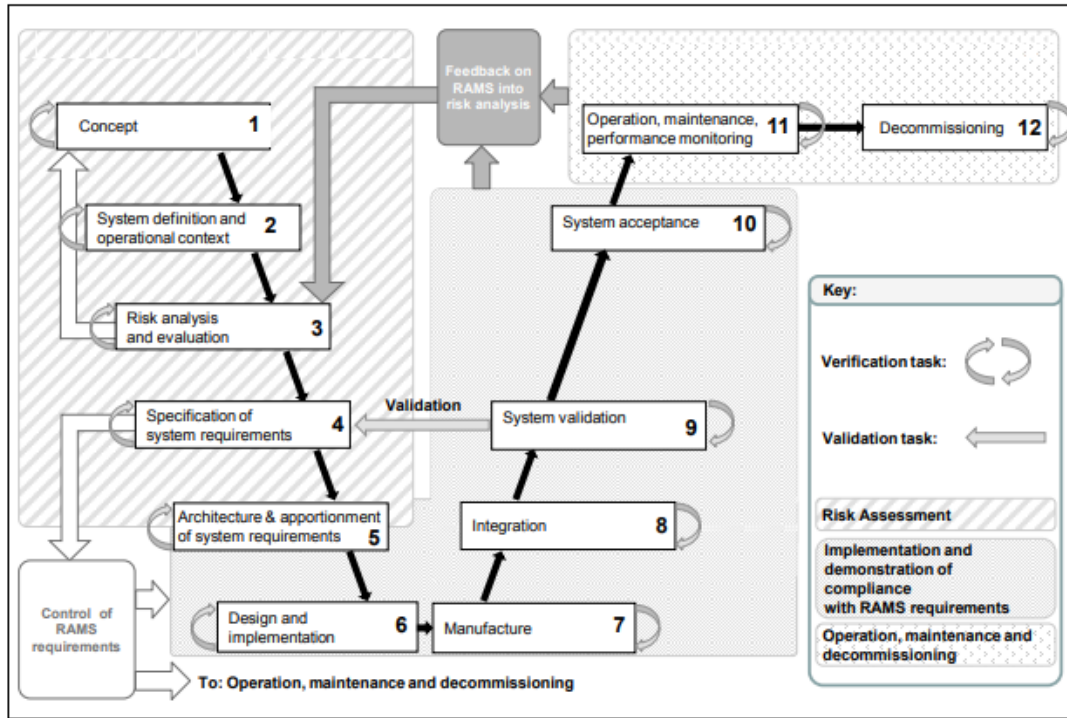
RAM garanti politikasının temel amacı, işletme sürekliliğini sağlamak için yüksek bir emre amadelik seviyesine ulaşan bir sistem elde etmektir. Yüksek bir emre amadelik seviyesine ulaşmak için temel yaklaşımların benimsenmesi gerekir:

- RAMS için tasarım yapılması;
- Proje yaşam döngüsü boyunca resmi bir RAMS garanti programı uygulanması

3.1. Resmi RAMS Yaşam Döngüsü Garanti Programı

EN 50126 regulasyonu (Ref. [1], Ref. [2], Ref. [3]), RAMS programı faaliyetlerinin uygulanması için genel bir kılavuz olarak kullanılmaktadır.

Kılavuz, aşağıda gösterildiği gibi, yaşam döngüsü gösterimine yönelik bir “V” yaklaşımı sunmaktadır:

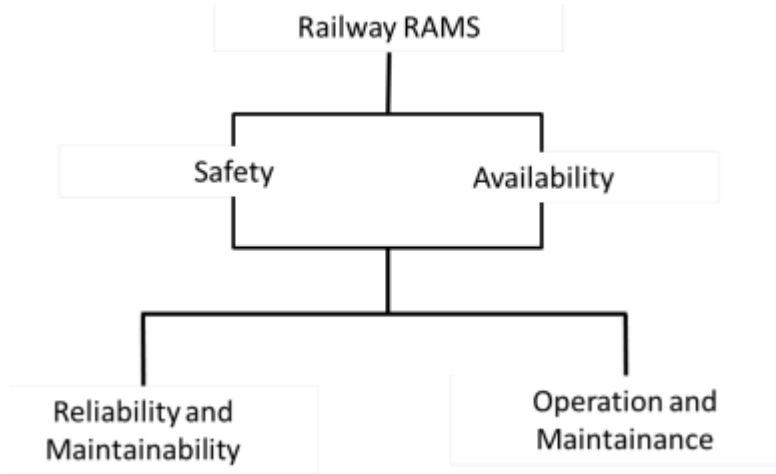


Şekil 1 – V döngüsü gösterimi EN 50126-1 (Ref. [1])

Yukarıdan aşağıya kol (Şekil 1 sol taraf) genellikle “geliştirme” olarak adlandırılır ve sistem bileşenlerinin üretimiyle sona eren bir geliştirme sürecidir. Aşağıdan yukarıya kol (Şekil 1 sağ taraf) ise montaj, kurulum, devir teslim ve ardından tüm sistemin işletimi ve bakımı ile ilgilidir. E5000 lokomotif için RAMS programı, EN 50126-1'e (Ref. [1]) uygun olarak aynı sürece dayanmaktadır.

3.2. RAMS'ı etkileyen unsurlar

RAMS unsurları (Güvenilirlik, Emre Amadelik, Bakım yapılabilirlik, Emniyet) birbirleriyle bağlantılıdır, bunlardan herhangi birindeki bir zayıflık veya bunların gereklilikleri arasındaki çatışmaların yanlış yönetilmesi güvenilebilirliğe ulaşılmasını engelleyebilmektedir. İşletmede emre amadelik hedeflerine ulaşılması, emniyetin sürdürülmesinin etkisi göz önünde bulundurularak güvenilirlik ve bakım yapılabilirliğin optimize edilmesiyle sağlanacaktır. Aşağıdaki şekil burada atıfta bulunulan karşılıklı bağımlılık kavramını özetlemektedir.



Şekil 2 – Demiryolu RAMS unsurlarının birbiriyle ilişkisi, EN 50126-1 (Ref. [1])

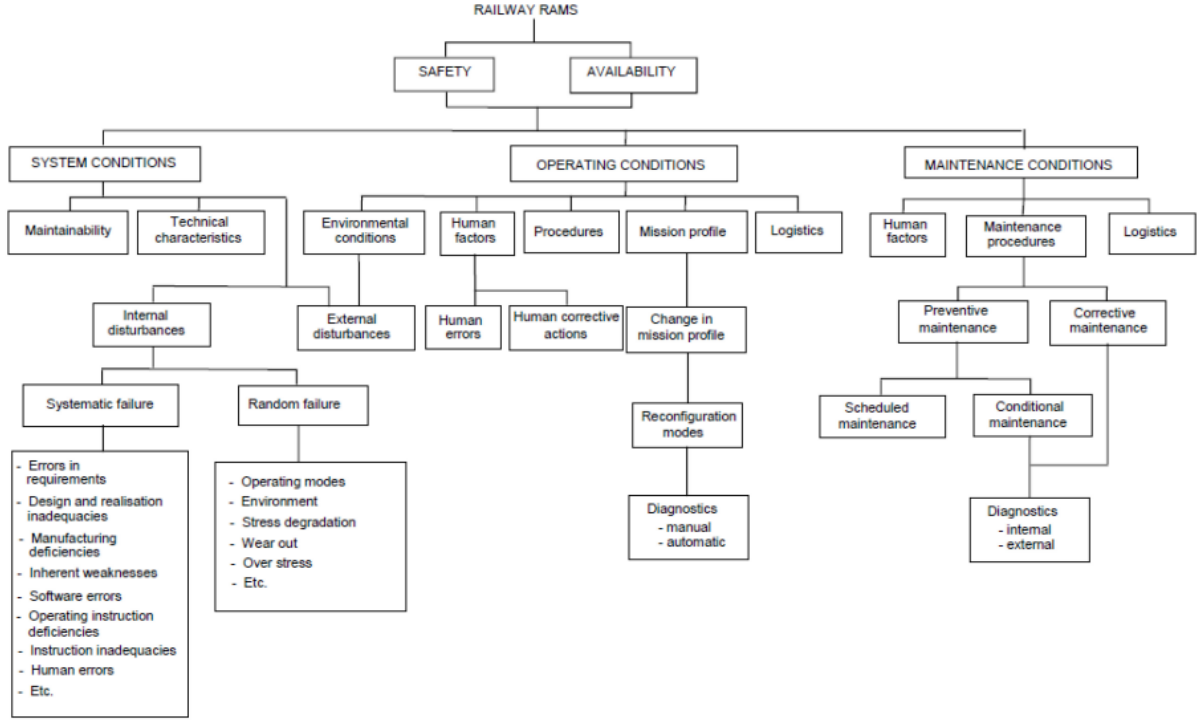
Bir sistemdeki arızalar, sistemin güvenilirliği, emre amadeligi ve emniyeti üzerinde etkiye sahiptir ve şu şekilde ayırt edilebilirler:

- Rastgele arızalar: istatistiksel dağılımlarla tanımlanabilen nedenlerden kaynaklanır;
- Sistematik arızalar: girdi unsurlarının belirli kombinasyonlarında veya belirli koşullar altında sistemin deterministik olarak arızalanmasına neden olan ve çoğunlukla insan hatalarından kaynaklanan yaşam döngüsü faaliyetlerindeki hatalardan kaynaklanır.

Bu nedenle, rastgele arızalar genellikle istatistiksel olarak izlenebilen olaylarla ilgilidir, böylece meydana gelme olasılıkları tahmin edilebilir; sistematik arızalar, istatistiksel verilerin mevcut olmadığı olaylarla ilgilidir, bu nedenle genel olarak meydana gelme olasılıkları tahmin edilemez.

Güvenilir bir Sistem oluşturmak için, sistemin RAMS performansını optimize etmek amacıyla tüm yaşam döngüsü boyunca sistemin RAMS'ını etkileyen tüm unsurları belirlemek, bunların etkilerini değerlendirmek ve nedenlerini yönetmek gerekir.

Bir Sistemin RAMS'ını etkileyen ana unsurlar, EN 50126-1'den (Ref. [1]) alınan aşağıdaki diyagramdaki gibi grafiksel olarak özetlenebilir:



Şekil 3 – Demiryolu RAMS’i Etkileyen Unsurlar, EN 50126-1 (Ref. [1])

Rastgele arızalar nedeniyle bileşenlerin Güvenilirliğinin hesaplanması için sistemin uygulama ortamı, bileşenlerin maruz kaldığı yük ve görev döngüsü dikkate alınacaktır. Sistemik arızalar için ise tüm olası etkileyen unsurlar niteliksel bir düzeyde değerlendirilecektir.

Bu nedenle, E5000 Lokomotifinin RAMS hedeflerine ulaşmak için, sistemin yaşam döngüsü boyunca performansını etkileyebilecek tüm unsurlar belirlenecek ve kontrol edilecektir.

3.3. RAM ile ilgili risklerin azaltılması

RAM riskinin azaltılması, işletme değerindeki kaybın azaltılması ile ilgilidir. Burada, EN 50126-1 (Ref. [1]) gerekliliklerine uygun olarak, sistem yaşam döngüsünün her bir aşamasındaki faaliyetlerin RAM ile ilgili risklerin azaltılmasına katkıda bulunabileceği yollar tanımlanmaktadır:

1. Güvenilirlikte iyileşme, böylece daha az arıza meydana gelir ve sonuç olarak daha az kayıp yaşanır;
2. Emre amadelikte iyileşme, böylece bir arıza meydana geldiğinde ortaya çıkan kayıp daha az olur.

Rastgele arızalarla ilgili olarak güvenilirliği artırmaya yönelik tedbirler arasında örneğin:

- Sistem toleranslarının, parametrelerin nominal değerlerinden küçük sapmalarının hatalı çalışmaya neden olmayacak şekilde tasarlanması (Tasarım ve Uygulama Aşaması);
- Bileşenlerin sınırlarına yakın çalışması beklenmeyecek şekilde tasarlanması (Tasarım ve Uygulama Aşaması);
- İmalat ve montaj süreçlerinin kontrolüne ve uygulamalarının malzeme tedarikine iyi kalite yönetimi uygulanması (İmalat Aşaması);
- Durum izleme ve önleyici bakım (İşletme, Bakım ve Performans İzleme Aşaması).

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>10/30</i>
---	-------------	--------------	--------------

Emre amadeliği artırmaya yönelik tedbirler şunlardır:

- Tek bir arızanın herhangi bir işlev kaybına yol açmaması için yinelenen veya yedek sistemlerin sağlanması (Sistem gereksinimlerinin mimarisi ve paylaştırılması aşaması);
- Bir arıza durumunda indirgenmiş (degraded) modda çalışma imkanlarının sağlanması (Sistem tanımı, operasyonel bağlam aşaması, sistem gereksinimlerinin mimarisi ve paylaştırılması aşaması);
- Sistemin bakım yapılabilirliğinin iyileştirilmesi, böylece bir arızanın ardından onarım ve normal çalışmanın yeniden sağlanması için gereken sürenin azaltılması (Tasarım ve Uygulama Aşaması);
- Bir arızanın ardından onarım ve normal çalışmanın yeniden sağlanması için gereken sürenin azaltılması için yeterli kaynakların (yetkin personel, test ekipmanı, yedek parçalar gibi) sağlanması (İşletme, Bakım ve Performans İzleme Aşaması).

Yukarıda listelenen stratejiler kapsamlı değildir ve birbirleriyle kombinasyon halinde uygulanabilir. Sistemik arızalar da RAM için bir risk kaynağıdır: yaşam döngüsünün her aşamasındaki faaliyetler sistemik arızaları önlemeyi amaçlar.

4. İŞLETME PROFİLİ

İşletme profiline ilişkin veriler, Teknik Şartname Ref. [18] § 5.1'de bildirildiği gibi aşağıda verilmiştir.

- Yıllık Kilometre 200000[km];
- Araç Ömrü 30 yıl;
- İşletme zamanı 18[saat/gün];
- İşletmedeki gün 355 [gün];
- İşçilik maliyeti 45 [€/saat].

Yukarıdaki parametrelerden ve işletmeyle ilgili hususlardan, aşağıda gösterildiği gibi saat/kilometre dönüşüm faktörü çıkarılmıştır:

- Dönüşüm Faktörü 31,3 [km/h]

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>11/30</i>
---	-------------	--------------	--------------

5. RAM GEREKSİNİMLERİ

Uyulması gereken RAM indisleri şunlardır:

- **RELIABILITY (GÜVENİLİRLİK)**, aracın Temel Güvenilirliği ve İşletme Güvenilirliği olarak anlaşılmaktadır;
- **AVAILABILITY (EMRE AMADELİK)**, filonun operasyon için emre amadeligi olarak anlaşılmaktadır (filo 10 araçtan oluşmaktadır);
- **MAINTAINABILITY (BAKIM YAPILABİLİRLİK)**, aracın bakım yapılabilirliği olarak anlaşılr.

Yukarıda belirtilen RAM endeksleri Teknik Şartname ref. [18]'de belirtilen yöntemlere göre tespit edilecektir.

RAM endekslerinin tespiti için zaman aralığı Teknik Şartname Ref [18]'de belirtildiği gibi 12 aydır.

5.1. Güvenilirlik

5.1.1. Temel Güvenilirlik

Temel güvenilirlik gereksinimi tek bir E5000 lokomotifi için MKBF (a, b, c, d tipi arızaların toplamı) cinsinden teknik şartname Ref. [18]' de tanımlanmıştır ve 25.000 km'ye eşittir.

Temel güvenilirliğin hesaplanmasında aşağıdaki arıza türleri dikkate alınmayacaktır:

- Araçtan kaynaklanmayan nedenlerden dolayı meydana gelen arızalar;
- Vandalizmden kaynaklanan arızalar;
- Makinist veya lokomotif personeli hatasından kaynaklanan arızalar;
- Altyapı ile ilgili arızalar;
- Uygun olmayan koşullarda kullanımdan kaynaklanan arızalar;
- Uygun olmayan malzeme/ekipman kullanımından kaynaklanan arızalar;
- Yanlış veya zamansız bakımdan kaynaklanan arızalar.

5.1.2. İşletme Güvenilirlik

E5000 lokomotifinin işletme güvenilirliğinin hesaplanması amacıyla aşağıdaki arıza sınıfları tanımlanmıştır:

- **A Sınıfı Arızalar:** Lokomotif hareket edemiyor, lokomotifi başka bir lokomotif ile çekmenin gerektiği arızalardır.
- **B Sınıfı Arızalar:** İlk istasyonda durması gerektiren ancak aracın kendi gücü ile parklanma alanına gidebildiği arızalardır.
- **C Sınıfı Arızalar:** Müşteri tarafından servise mani olarak görülmesi önerilen spesifik arızalar [varış yerinde (son istasyonda) 10 dakikadan fazla gecikmeye yol açan] Gecikme sadece son istasyondaki her gecikme için bir kez hesaplanacak, her ara durak için hesaplanmayacaktır.
- **D Sınıfı Arızalar:** Lokomotifin gün sonuna kadar servise devam edebildiği arızalar olarak tanımlanacaktır.

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	12/30
---	-------------	--------------	-------

Aşağıdaki tabloda, E5000 lokomotifini oluşturan farklı alt sistemlere bölünmüş ana arızalar açıklanmaktadır. Gerekirse ilave arıza tipleri eklenebilir.

No	Alt Sistem/Ekipman	Arıza Tipi	A	B	C	D
1	YARDIMCI GÜÇ SİSTEMİ	Yardımcı güç sistemi devre dışı	X			
		Yardımcı güç beslemesi nin % 50'sinden fazlasının kaybı		X		
		Yardımcı güç beslemesi nin %50'sinin kaybı			X	
		Yardımcı güç beslemesi nin %25'inin kaybı				X
		Diğer yardımcı güç sistemi arızaları				X
2	BOJİ	Tekerlek takımı mekanik olarak bloke	X	X	X	X
		Boji kararsızlığı			X	
		Hız sınırlaması gerektiren tekerlek takımı yatağı sıcaklığı alarm seviyesinin üzerinde			X	
		Hat kılavuzluğu sağlanamıyor		X		
3	CER SİSTEMİ	Bir cer motoru ve/veya doğrultmaç ve/veya invertör devre dışı				X
		İki cer motoru ve/veya doğrultmaç ve/veya invertör devre dışı			X	
		Cer Kapasitesinin tamamen kaybı	X			
		Diğer Cer Sistem arızaları				X
		Bloke dişli birimi	X			
		Dişli biriminde küçük sızıntı				X
4	FREN SİSTEMİ	Fren kapasitesinin tamamen kaybı.	X			
		Proje aşamasında belirlenecek bir C arızasına yol açan fren kapasitesinin kaybı			X	
		Ani acil durum freni			X	
		Tekerlek kayma korumasının kaybı			X	
		Frenler manuel olarak çözülemiyor veya park/tutma freni devreye girmiyor		X		

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	13/30
---	-------------	--------------	-------

No	Alt Sistem/Ekipman	Arıza Tipi	A	B	C	D
		Bir fren ünitesi arızası, fren ızalasyonu veya bypass gerektiren arızalar veya elektriksel fren sistemi arızaları			X	
		Apleti var			X	X
		Diğer fren sistemi arızaları				X
5	HVAC SİSTEMİ (KUMANDA KABİNİ)	Kabin havalandırma işlevinin kaybı			X	
		Hiç Isıtma ve soğutma yapılamıyor			X	
		Diğer klima arızaları				X
6	CCTV	Kumanda merkezinden aracın içi ve dışı izlenemiyor.			X	
		Diğer sistem arızaları				X
		Kayıt cihazı çalışmıyor / kaydetmiyor.			X	
7	PANTOGRAF	Bir pantograf kalkmıyor veya inmiyor				X
		İki pantograf kalkmıyor veya inmiyor	X			
		Diğer pantograf arızaları				X
8	DIŞ AYDINLATMA	Aydınlatmanın tamamı veya yarısı yanmıyor		X	X	
		Bir veya iki aydınlatma çalışmıyor				X
		Lokomotif farları çalışmıyor.		X	X	
9	TCMS (Tren Kumanda ve İzleme Sistemi)	Muhtelif arızalar	X	X	X	X
10	Yangın Algılama Sistemi	Yangın veya duman yok iken, normal işletmede yanlış yangın ihbarı alıyor.		X		
		Diğer Yangın Algılama Sistemi arızaları				X

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	14/30
---	-------------	--------------	-------

No	Alt Sistem/Ekipman	Arıza Tipi	A	B	C	D
11	ERTMS/ETCS	ETCS Sistemi ile ilgili arayüz problemleri /arızaları		X		
12	CAM SİLECEĞİ	Cam sileceği çalışmıyor				X
		Cam sileceği çalışıyor, ancak su olmasına rağmen su atmıyor.				X
		Diğer arızalar				X
13	ARAÇ GÖVDESİ	Muhtelif arızalar	X	X	X	X
14	ARAÇ İÇİ	Muhtelif arızalar	X	X	X	X
		Araç içine su alıyor				X
15	KORNA	Lokomotif kornası çalışmıyor veya sürekli devrede			X	
		Diğer korna veya düdük arızaları				X
16	YÜKSEKGERİLİM SİSTEMİ	Ana devre kesici kapanmıyor	X			
		Araçtan dolayı hat gerilimi yok	X			
		Diğer yüksek gerilim arızaları				X

Tablo 1 Arıza Sınıflandırılması

İşletme güvenilirliği gereksinimi MKBSF cinsinden ifade edilir ve arızanın işletme üzerindeki etkisine bağlı olarak değişir.

Teknik Şartname Ref. [18]'e uygun olarak, A, B ve C sınıfı arızalar 100.000 km'lik bir MKBSF'yi karşılamalıdır; A, B sınıfı arızalar ise 400.000 km'lik bir MKBSF'yi karşılamalıdır.

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>15/30</i>
---	-------------	--------------	--------------

5.2. Bakım Yapılabilirlik & LCC

Demiryolu taşıtlarının bakım yapılabilirliği, ticari işletmenin Km'si başına düzeltici ve önleyici insan gücü saatlerinin (olağan ve döngüsel) maliyeti ile kullanılan malzemelerin maliyetinin toplamından elde edilen ve €/km Araç cinsinden ifade edilen “μ” endeksi referans parametresi olarak dikkate alınarak hesaplanır.

$$\mu = \frac{\sum_i^n [(N_{\text{saat}} * \text{Saat_maliyeti}) + \text{Mal_maliyeti}]}{\sum_i^n \text{km kümülatif}} * 1000$$

Burada:

- n: toplam filo konvoyu sayısı;
- Saat: i'inci konvoy için saat sayısı;
- Mal_maliyeti: i'inci konvoy için kullanılan malzemelerin maliyeti;
- Saat_maliyeti: referans saatlik işgücü maliyeti.

Bakım yapılabilirlik endeksini hesaplamak için, bakım işlemlerinde kullanılan süreler ve malzemeler (yedek parçalar ve sarf malzemeleri) kullanılacaktır:

- Referans saatlik işçilik maliyeti 45 [€/h]'ye eşittir;
- Yedek parça ve sarf malzemelerinin birim maliyetleri, yedek parça listesinde belirtilen değerleri ifade edecektir.

Bakım ve İşletme Planının ve Hatta Değiştirilebilir Ünitelerin (LRU'lar) tanımlanmasından sonra bakım yapılabilirlik analizi yapılacaktır. Bu, her bir sistem için gerçekleştirilecek müdahalelerin ayrıntılarını, gerçekleştirilecek periyodu ve tipinin belirtilmesini içerecektir. (Kalite veya Güvenlik)

Konvoy, Ref [21]'deki bakım programına göre yönetilecektir.

Bakım faaliyetleri aşağıdaki kategorilere ayrılabilir:

- Düzeltici bakım (CM) faaliyetleri;
- Önleyici Bakım (PM) Faaliyetleri.

Trenin tüm yaşam döngüsü boyunca uyulması gereken bakım yapılabilirlik endeksi şu şekildedir:
2,25 €/km

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	Sayfa	16/30
---	------	-------	-------

5.3. Emre Amadelik

Teknik şartname Ref. [18]'e uygun olarak, emre amadelik endeksi **A**, 10 araçtan oluşan bir filo için 12 ardışık ay boyunca aylık olarak hesaplanır. Emre amadelik endeksi **A** yüzde cinsinden ifade edilecek ve aşağıdaki formüle göre hesaplanacaktır:

$$A = \left(\frac{N}{F} \right) * 100$$

Burada:

- N: Bir ay içinde faal olan tüm lokomotiflerin gün sayısı;
- F: Toplam lokomotif sayısı için bir aydaki gün

Teknik şartnamede bildirilen filo kullanılabilirlik gereksinimi $A > \%90$ 'a denk gelmektedir.

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>17/30</i>
---	-------------	--------------	--------------

6. RAMS ANALİZİ İÇİN METODOLOJİ

Bu bölümde, E5000 lokomotifinin RAM Analizini gerçekleştirmek için izlenecek yaklaşım ve yöntem açıklanmaktadır; Analiz, sistemin RAM performansının bir tahminini yapmayı amaçlamaktadır, bunun için sistemin işletimini dikkate almak ve işletimin başarısızlığını belirleyen bileşenlerin arıza oranlarını ve konfigürasyonlarını belirlemek gerekir. Bu nedenle, RAM performansını tanımlamak ve hesaplamak için, analiz edilen sistemin çevresini dikkate alarak sistemi oluşturan LRU'ları tanımlamak ve ilgili RAM verilerini her biriyle ilişkilendirmek gerekir.

6.1. Ürün Kırılım Yapısı (PBS)

RAM Analizinin ilk aşaması (fiziksel veya fonksiyonel yapıya odaklanan) seviyeli araç kırılımı ile gösterilir.

Araç kırılım yapısı aşağıdaki seviyelere göre düzenlenmelidir:

0. Araç;
1. Ana Montaj;
2. Alt montaj
3. Bileşen/LRU.

Her seviye bir kırılım kodu ile karakterize edilir. Tanımlanan her bir montaj/alt montaj/komponent için miktar hem bir üst seviyede hem de araç seviyesinde gösterilir. Gerekirse, aynı kurallar izlenerek daha fazla seviye eklenebilir. Arıza kodunun ilgili seviyeye eşit sayıda şifresi (ciphers) vardır. Bu kırılım, sistemin/alt sistemin son analiz seviyesi olan LRU seviyesine kadar nasıl yapılandırıldığının bilinmesini sağlar:

Aşağıdaki tabloda, bu dokümanın eki (**EK 1-ANALYSES WORKSHEET**) 'de analiz için kullanılan şablonda yer alan “BD” sayfası açıklanmaktadır:

<i>Level</i>		<i>Kırılım içindeki bileşen seviyesi (0=Araç, 1= Montaj, 2= Alt Montaj, 3= LRU)</i>
<i>RAM Code</i>		<i>BD içindeki RAM Kodu. Kod bileşen seviyesi ile bağlantılıdır. Seviye 1'deki bileşenler 1 şifreli koda sahiptir, seviye 2'deki bileşenler 2 şifreli koda sahiptir, vb...</i>
<i>Description</i>		<i>Bileşenin tanımı</i>
<i>Part Number (P.N.)</i>		<i>Bileşenin part numarası</i>
<i>Q.ty</i>	<i>[unit]</i>	<i>Montaj başına bileşen miktarı</i>
<i>Q.ty tot x Ve</i>		<i>Araç başına toplam bileşen miktarı</i>

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	Sayfa	18/30
---	------	-------	-------

6.2. Temel Güvenilirlik

Bu kırılım, güvenilirlik tahminlerinin gerçekleştirilmesi için temel oluşturmaktadır. Alt sistem güvenilirlik değerlendirmesinde, alt sistemin/bileşenin öngörülen çalışma koşullarında (fonksiyonel, kullanım, bakım, çevresel) arızalanma eğilimi olarak amaçlanmış alt sistemin/bileşenin yapısal güvenilirliğine referans kullanılacaktır.

Montajın ve onu oluşturan bileşenlerin güvenilirlik değerlerini belirlemek için işletme veri tabanı kullanılmalıdır. Saha verilerinin olmaması durumunda, geçici değerlendirme MIL-HDBK-217 F, Ref. [9] ve NPRD Ref. [17]'ye göre yapılmalıdır.

Aşağıdaki tabloda, bu dokümanın eki (**EK 1-ANALYSES WORKSHEET**) ‘de analiz için kullanılan şablonda yer alan “PRED” sayfası açıklanmaktadır:

Level		Kırılım içindeki bileşen seviyesi (0=Araç, 1= Montaj, 2= Alt Montaj, 3= LRU) (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)
RAM Code		BD içindeki RAM Kodu. Kod bileşen seviyesi ile bağlantılıdır. Seviye 1'deki bileşenler 1 şifreli koda sahiptir, seviye 2'deki bileşenler 2 şifreli koda sahiptir, vb...
Description		Bileşenin tanımı
Qty x as	[pcs]	Montaj başına bileşen miktarı
Q.ty car	[pcs]	Araç oluşturan her bir araç için bakımı yapılacak bileşenin miktarı (doldurulacak sütun sayısı araç oluşturan araç sayısına bağlıdır;
Total Qty per vehicle	[pcs]	Araç başına toplam bileşen miktarı (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)
Single basic failure rate	[1/h]	Bileşen başına Temel Arıza oranı
Single basic MTBF	[h]	Tek bir Montaj/Bileşenin MTBF'si. Arıza oranının tersidir. Seviye 1 ve 2 bileşenleri için derlenmelidir. (Otomatik alan, seviye 3 bileşeni için elle derlenmeyecektir)
Failure rate (train level)	[1/h]	Tren seviyesindeki miktara bağlı olarak, incelenen LRU için toplam arıza oranıdır (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)
Failure Rate (train level)	[Fpkm] or [1/km]	Tren seviyesindeki miktara dayalı olarak, incelenen LRU için toplam arıza oranıdır (1/km veya 1/mil) (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)
Identification Code / Part Number		Bileşenin part numarası
Data Source		Veri kaynağına referans

6.3. FMECA Analizi

Arıza Modları ve Etkileri Analizi, bir sistemdeki tüm olası arızaları belgeleyen bir güvenilirlik analizi prosedürüdür.

Bu analiz, bileşenlerin tüm olası arıza modlarının incelenmesi yoluyla, her bir arızanın araç üzerindeki ve (arıza sınıflandırması yoluyla) sistem operasyonları üzerindeki etkisini belirler, uygulanabilirse, tek nokta arızalarını, diğer bir deyişle işletmenin başarısı veya yolcuların ve personelin güvenliği için kritik olan arızaları tanımlar.

FMECA “aşağıdan yukarıya” yaklaşımına dayalı tümevarım mantığını kullanır. Sistemi oluşturan her bir LRU için ve her bir parçanın arıza modları bilgisinden hareketle analist, her bir arıza modunun sistemin performansı üzerindeki etkisini belirlemek için seviyeli olarak yukarı doğru ilerler.

Her bir arıza modu için aşağıdakiler belirtilecektir:

- Olası nedenler (birkaç tane tanımlanabilir);
- Dikkate alınan arıza modu için arıza olasılığı yüzdesi (bir bileşen için belirlenen tüm arıza modlarının toplamı %100 olmalıdır);
- Bir sonraki üst montaj veya fonksiyon üzerindeki olası etkiler (sonuçlar) (birkaç tane tanımlanabilir);
- Araç düzeyinde olası etkiler (sonuçlar), ya fiziksel ya da işletme geliri (birkaç tane tanımlanabilir);
- Meydana gelen arızayı tanımlama/tespit etme olanağı
- Olası önleyici ve/veya telafi edici tedbirler.

Aşağıdaki tabloda, bu dokümanın eki (**EK 1-ANALYSES WORKSHEET**) ‘de analiz için kullanılan şablonda yer alan “FMECA” sayfası açıklanmaktadır:

“FMECA” sayfası ayrıca paragraf 5.1.2’de tanımlanan arıza kategorisine göre tek arıza modlarının işletme üzerindeki etkisini ve EN-50126 Ref. [1]’de tanımlanan risk matrisine göre emniyet üzerindeki etkisini göstermektedir.

RAM Code	BD içindeki RAM Kodu. Kod bileşen seviyesi ile bağlantılıdır. Seviye 1’deki bileşenler 1 şifreli koda sahiptir, seviye 2’deki bileşenler 2 şifreli koda sahiptir, vb...
Description	Bileşenin tanımı
Part Number	Bileşenin part numarası
ID. Failure Mode	Bileşenin arıza modu tanımlama numarası. “FMxxx” formatında olmalıdır, burada xxx 1’den 999’a kadar sıralı bir sayıdır
Function	LRU tarafından gerçekleştirilen fonksiyonun açıklaması.
Working Phase	Arıza modunun doğrulanabildiği operasyonel aşama
Failure Mode	LRU arıza modu. Satır için bir arıza modu. Her hata modu yalnızca bir ID’ye karşılık gelir.
Failure Cause	Arıza sebebinin açıklaması

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>20/30</i>
---	-------------	--------------	--------------

Effects	Local	Arızanın yerel, sistem (montaj), araç seviyesindeki etkisinin tanımı
	System	
	Vehicle	
Failure Category (mission)		Arıza Kritiklik Kategorisi. Arızanın işletme başarısı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi (A,B,C,D)
FR Ratio		Arıza modu ile ilişkili arıza oranının %'si
LRU Failure Rate	[1/h]	Tek bir LRU'nun Arıza Oranı
FM Failure Rate	[1/h]	Arıza moduna göre arıza oranı (Formüllü otomatik alan, manuel olarak doldurulmayacaktır)
Severity		Tavsiye edilen düzeltici faaliyetlerin uygulanması durumunda arıza modunun nihai etkisinin şiddeti (araç seviyesi) (bkz. Tablo 2.)
Frequency		Etki azaltıcı önlemlerin uygulanması durumunda nihai etkinin araç düzeyinde ortaya çıkma sıklığı (bkz. Tablo 3).
Risk		Risk matrisine göre risk kategorisi (bkz. Tablo 4)
Hazard Corde Ref.		Arıza modunun etkili olduğu tehlike tanımlama kodu. (Uygulanabilir ise). Tehlike ayrıntıları için araç tehlike listesine bakınız
Detection / Diagnosis		Tespit yöntemi, arıza modu / Semptomlar ile ilişkili arıza tespiti / teşhis
Corrective Action Code		Önerilen düzeltici faaliyet tanımlama kodu. Her düzeltici faaliyetin kendi kodu olacaktır. Kod "Caxxx" formatında olmalıdır, burada xxx 1'den 999'a kadar sıralı bir sayıdır
Corrective Actions / Countermeasures		Düzeltilici faaliyet açıklaması
Corrective Action Category		Düzeltilici faaliyet kategorisi (Proje, Emniyet cihazı, uyarı cihazı, prosedürler).
Maintenance Code Ref.		Arıza modu için önerilen bakım prosedürü kodu. Kod PMxxx veya CMxxx tipinde olmalıdır; burada PM ve CM bakım prosedürünün Önleyici veya Düzeltici olduğunu gösterir ve xxx 1'den 999'a kadar sıralı bir sayıdır.
Down Time [h]		Arızayı onarmak için gereken tren duruşu (arıza bulma, onarım bakım müdahalesi, test ve aracın ayrılması için gereken süreyi içerir)
Comments		Yorumlar

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>21/30</i>
---	-------------	--------------	--------------

6.4. Bakım Yapılabilirlik& LCC

6.4.1. Düzeltici Bakım (CM)

Trenin emre amadeliğini en üst düzeye çıkarmak için rastgele arızalardan kaynaklanan tüm araç bakım onarım görevlerini analiz ederek Düzeltici Bakım analizi yapılır.

Bakım, aşağıdaki ayrıma göre 2 seviyede düzenlenmiştir:

- Birinci Seviye: Ekipmanın arızalandığı yerde gerçekleştirilen bakım işlemleri veya araç içi onarım veya ikame;
- İkinci Seviye: Sökülen ve derhal doğru çalışan başka bir montajla değiştirilen montajlar üzerinde gerçekleştirilen bakım işlemleri. İşlem depo veya Tedarikçide gerçekleştirilir.

Bu analiz için, bakım istasyonu, pit, depo aletleri, özel aletler, yedek parçalar, personel, kılavuzlar vb. tam olarak mevcut olan organize bir depoda çalıştığı varsayılmıştır.

Analizde sadece birincil arıza (diğer olası ilişkili arızalardan bağımsız olarak meydana gelen ve bu nedenle diğer arızalarla ilişkili olmayan veya ilişkilendirilemeyen arıza) dikkate alınır; indüklenmiş ve sistematik arızalar (diğer bağlı grupların/alt grupların veya bileşenlerin arızalarının sonucu olan ve arızanın nedeni olarak gösterilebilen arızalar) dikkate alınmaz.

FMECA (ve ilgili arıza modu tanımlama kodları) bu analizi gerçekleştirmek için temel olacaktır; FMECA'da tanımlanan her bir arıza moduna CM yapılmalıdır.

Aşağıdaki tabloda, bu dokümanın eki (**EK 1-ANALYSES WORKSHEET**) 'de analiz için kullanılan şablonda yer alan "CMA" sayfası açıklanmaktadır:

RAM Code		BD içindeki RAM Kodu. Kod bileşen seviyesi ile bağlantılıdır. Seviye 1'deki bileşenler 1 şifreli koda sahiptir, seviye 2'deki bileşenler 2 şifreli koda sahiptir, vb... Güvenilirlik analizinde kullanılan RAM kodu ile aynıdır
LRU Description		Kırılımda bildirilenlere göre LRU'nun açıklaması
FMECA failure mode Ref.		Düzeltilici faaliyetin atıfta bulunduğu Arıza modu ID'sine referans. (FMECA kaynağı)
Failure rate (1/h)		LRU'nun Temel Arıza oranı (olay/saat)
Q.ty (Vehicle)		Araç seviyesinde bakımı yapılacak bileşen miktarı (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir; “Q.ty car” sütunlarının derlenmesi gereklidir)
Maintenance description		Görev tanımı
Comments		Yorumlar için boş alan
First Level maintenance		
Skill specialty		Personel yeterliliği (EM=elektromekanik, E=Elektronik, M=Mekanik). Açılır menüden seçilecek
Skill level		Personelin beceri seviyesi (B=Temel, I=Orta, A=İleri) Açılır menüden seçilecek
Troubleshooting (localization) and Fault Isolation (h)	No. of Persons	Analiz edilen bileşenin yerini belirlemek/sorun gidermek için gereken personel sayısı.
	Time (h)	Analiz edilen bileşenin yerini belirlemek/sorun gidermek için gereken süre (saat cinsinden).
Remove and Replace / Repair (h)	No. of Persons	Analiz edilen bileşeni Söküp Değiştirmek / Onarmak için gereken personel sayısı.

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	Sayfa	22/30
---	-------------	-------	-------

	Time (h)	<i>Analiz edilen bileşeni Söküp Değiştirmek / Onarmak için gereken zaman (saat cinsinden).</i>
Functional Check out (h)	No. of Persons	<i>Analiz edilen bileşenin fonksiyonel kontrolü için gereken personel sayısı.</i>
	Time (h)	<i>Analiz edilen bileşenin fonksiyonel kontrolü için gereken zaman (saat cinsinden).</i>
Task Maintenance time (h)		<i>Bakım faaliyeti süresi (bileşen başına) (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)</i>
Man Hours		<i>Görevin yürütülmesi için gereken toplam adam saat (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)</i>
Task Material cost M1 (1)	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Birinci Seviye Bakım işlemi için gereken tek görev için malzeme maliyeti € veya \$ veya belirli işletme profiline bağlı olarak herhangi bir para birimi)</i>
Special Tools and parts replaced		<i>Görevi gerçekleştirmek için gerekli özel araçların listesi</i>
Man Hours (MH) per year		<i>Görevin yürütülmesi için gereken yıllık toplam adam saat (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir; proje yıllık çalışma saati gereklidir)</i>
MH per distance unit	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Km veya mil başına adam saat (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir; proje kilometre/yıl oranı gereklidir)</i>
Mat cost per distance unit	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Her Km veya milde bakım işlemi için gereken malzeme maliyeti (€ veya \$ veya belirtilen herhangi bir para birimi) (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir; proje MDBF/MTBF oranı gereklidir)</i>
Second Level maintenance		
No. of Persons P2		<i>İkinci Seviye Bakım görevini gerçekleştirmek için gereken personel sayısı.</i>
Time T2 (h)		<i>İkinci Seviye Bakım görevini gerçekleştirme süresi (saat olarak).</i>
Man, Hours MH2		<i>Görevin yürütülmesi için gereken toplam çalışma saati (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)</i>
Task Material cost M2	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>İkinci Seviye Bakım operasyonu için gerekli malzeme maliyeti (€ veya \$ veya belirli işletme profiline bağlı olarak herhangi bir para birimi)</i>
Man Hours (MH) per year		<i>Görevin yürütülmesi için gereken yıllık toplam adam saat (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir; proje yıllık çalışma saati gereklidir)</i>
MH per distance unit	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Km veya mil başına adam saat (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir; proje kilometre/yıl oranı gereklidir)</i>
Mat cost per distance unit	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Her Km veya milde bakım işlemi için gereken malzeme maliyeti (€ veya \$ veya belirtilen herhangi bir para birimi) (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir; proje MDBF/MTBF oranı gereklidir)</i>

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>23/30</i>
---	-------------	--------------	--------------

6.4.2. Önleyici Bakım (PM)

Önleyici Bakım Analizi aracılığıyla; yeni başlayan arızaların araştırılması ve giderilmesi yoluyla veya bozulmanın doğrulanması zor olan ya da raf ömrü bilinen, aşınma ve yıpranmaya maruz kalan bileşenlerin planlı olarak değiştirilmesi yoluyla arıza doğrulamasının önlenmesine olanak tanıyan tüm bakım faaliyetlerini incelemek mümkündür.

Önleyici bakım analizi, belirlenen hedeflere ulaşmak için gerekli testleri, doğrulamaları ve faaliyetleri vurgular ve faaliyetleri gerçekleştirmek için gerekli kaynakların (personel, test ekipmanı, yedek parçalar) öngörülmesini sağlar.

PMA, Montaj, Alt Montaj veya LRU seviyesinde geliştirilir. Bu analiz için bakım istasyonu, pit, depo aletleri, özel aletler, yedek parçalar, personel, kılavuzlar vb. ile iyi organize edilmiş bir depoda çalıştığı varsayılmıştır.

Aşağıdaki tabloda, bu dokümanın eki (**EK 1-ANALYSES WORKSHEET**) 'de analiz için kullanılan şablonda yer alan "PMA" sayfası açıklanmaktadır:

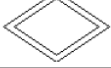
First Level Maintenance		Araç üzeri faaliyetler (Saha bakımı).
Second Level Maintenance		Araç dışı faaliyetler (depo/atölye bakımı)
RAM Code		BD içindeki RAM Kodu. Kod bileşen seviyesi ile bağlantılıdır. Seviye 1'deki bileşenler 1 şifreli koda sahiptir, seviye 2'deki bileşenler 2 şifreli koda sahiptir, vb... Güvenilirlik analizinde kullanılan RAM kodu ile aynıdır
Description		Kırılımda bildirilenlere göre LRU'nun açıklaması
Mileage Interval	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	Bakım görevinin Km veya mil cinsinden periyodikliği. Aralıklar projeye bağlıdır. Kilometre Aralığı ve Zaman Aralığı birbirlerine ve RAMS/LCC Teknik Şartnamesinde istenen zaman aralıklarına karşılık gelmelidir.
Time Interval [years]		Bakım görevinin yıl cinsinden periyodikliği. Aralıklar projeye bağlıdır. Kilometre Aralığı ve Zaman Aralığı birbirlerine ve RAMS/LCC Teknik Şartnamesinde istenen zaman aralıklarına karşılık gelmelidir.
Time task (T) Distance task (D)		Görevin zamana bağlı olduğu durumlarda "T" harfi burada bildirilecektir; görevin kilometreye bağlı olduğu durumlarda "D" harfi burada bildirilecektir
Task no. /year		Yıllık görev sayısı (Otomatik alan, derlenmeyecektir, proje kilometre/yıl oranı gereklidir)
Q.ty (Vehicle)		Araç seviyesinde muhafaza edilecek bileşen miktarı (Automatic field, not to be compiled by hand; compilation of "Q.ty car" columns needed)
Task Code		Bu, her bir bakım görevi için tanımlayıcı koddur
Maintenance task description		Bakım görevinin tanımı.
Maintenance Category		Bakım kategorisi aşınma (W), Eskime (A), Emniyet (S) veya Yönetmelikler (R) ile ilgili olabilir
Justification of activities		Söz konusu bakım görevinin başlatılma nedeni/nedenleri
Reference to technical documentation		Tehlike Analizlerinin id kodu, paragrafı, bölümü, test raporları, söz konusu bakım görevini gerektirendiren teknik açıklama
Reference to Maintenance Manual		Görevi yerine getirme prosedürünün açıklandığı bakım kılavuzlarının referansı (id kodu, paragraf, bölüm).
Comments		Yorumlar için boş alan
First Level maintenance		

Skill specialty		<i>Personel yeterliliği (EM=elektromekanik, E=Elektronik, M=Mekanik). Açılır menüden seçilecek</i>
Skill level		<i>Personelin beceri seviyesi (B=Temel, I=Orta, A=İleri) Açılır menüden seçilecek</i>
No.of Persons		<i>Görevi yerine getirmek için gereken personel sayısı</i>
Maintenance task time (h)		<i>Görev süresi (bileşen başına)</i>
Man Hours		<i>Görevin yürütülmesi için gereken toplam adam saat (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)</i>
Special Tools		<i>Görevi gerçekleştirmek için gerekli özel araçların listesi</i>
Spare Parts/ Consumables		<i>Görevi gerçekleştirmek için gerekli sarf malzemeleri</i>
Material cost M1	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Birinci Seviye Bakım operasyonu için gerekli malzeme maliyeti (€ veya \$ veya belirli görev profiline bağlı olarak herhangi bir para birimi)</i>
Man Hours year		<i>Görevin yürütülmesi için gereken yıllık toplam adam saat (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)</i>
MH per distance unit	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Km veya mil başına adam saat (Otomatik alan, derlenmeyecektir, proje kilometre/yıl oranı gereklidir)</i>
Mat cost per distance unit	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Her Km veya milde bakım işlemi için gereken malzeme maliyeti (€ veya \$ veya belirtilen herhangi bir para birimi) (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)</i>
Second Level maintenance		
No.of Persons P2		<i>İkinci Seviye Bakım görevini gerçekleştirmek için gereken personel sayısı.</i>
Time T2 (h)		<i>İkinci Seviye Bakım görevini gerçekleştirme süresi (saat olarak).</i>
Man Hours MH2		<i>Görevin yürütülmesi için gereken toplam çalışma saati (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)</i>
Material cost M2	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>İkinci Seviye Bakım operasyonu için gerekli malzeme maliyeti (€ veya \$ veya belirli görev profiline bağlı olarak herhangi bir para birimi)</i>
Man Hours year		<i>Görevin yürütülmesi için gereken yıllık toplam adam saat (Otomatik alan, elle derlenmeyecektir)</i>
MH per distance unit	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Km veya mil başına adam saat (Automatic field, not to be compiled, project mileage/year ratio needed)</i>
Mat cost per distance unit	Sarı alanda ölçü birimini belirtiniz	<i>Her Km veya milde bakım işlemi için gereken malzeme maliyeti (€ veya \$ veya belirtilen herhangi bir para birimi) (Otomatik alan, derlenmeyecektir)</i>

6.5. FTA Metodolojisi (İşletme Güvenilirliği ve Emniyet)

Hata Ağacı Analizi (FTA) tümdengelimli bir mantık modeli tekniğidir ve en yaygın tehlike inceleme araçlarından (nedensel analiz) biridir. Hata ağacı, bir sistemde meydana gelen ve en üstte bir arıza durumuna yol açan olası arızaların ve olayların çeşitli kombinasyonlarını grafiksel ve mantıksal olarak temsil eden bir modeldir. Gerçekleştirilen FTA, istenmeyen bir üst olayın, üst olayın meydana gelmesine yol açan tüm potansiyel nedenlerini belirlemek için “yukarıdan aşağıya” bir yaklaşım kullanır. Analiz, istenmeyen üst düzey olayla başlar ve bir Temel Olayla karşılaşılan kadar sonraki alt düzeylerde hem tek arıza hem de arıza kombinasyonu olmak üzere tüm olası nedenleri sistematik olarak belirler. Geliştirilen hata ağaçları iki tür sembol içerir: olay ve mantık (kapı). Bir olay sembolü mevcut bir durumu veya fiziksel bir olayı tanımlamak için kullanılır. Bir olay sembolü mevcut bir durumu veya fiziksel bir olayı tanımlamak için kullanılır. Bir mantık kapısı, altındaki çeşitli dalların olaylarını birbirine bağlamak ve bu olaylar arasındaki mantıksal ilişkiyi göstermek için kullanılır. Mantık sembollerinin girişleri ve çıkışları her zaman olaylardır.

Hata Ağacında kullanılan sembollerin tanımı (EN 61015 Ref. [6]'ya göre) aşağıdaki şekilde verilmiştir:

Events			Gates			
Symbol	Name	Symbol	Name	Symbol	Name	Inputs
	Basic	An event that is not developed further for which failure and repair data is available		OR	Output event occurs when any one or more input events occur.	≥ 2
	Undeveloped	An event that cannot be developed further for which failure and repair data is available		AND	Output event occurs when all input events occur.	≥ 2
	Conditional	Similar to a basic event but represents a probability input into an INHIBIT gate.		VOTE	Output event occurs when m number of input events occur.	≥ 3
	House (or Switch)	An event which is definitely occurring or not occurring i.e. has a probability of 1 or 0.		Exclusive OR	Output event occurs when any but not both input events occur.	2
	Dormant	Similar to a basic event but represents a dormant or hidden failure.		INHIBIT	Output event occurs when both input events occur but one input must be a Conditional event.	2
	Transfer	Used to show where trees are developed on other pages or elsewhere in the diagram.		Priority AND	Output event occurs when all input events occur in sequential order from left to right.	≥ 2
	Describer	Describes further the event or gate attached.		NOT	Output event occurs when the input event does not occur.	1

Şekil 4 – FTA Sembolü

FTA yöntemi ikisini doğrulamak için kullanılır:

- İşletme güvenilirliği hedefleri;
- Emniyet Hedefleri

İşletme güvenilirliği açısından FTA, araç hizmetini etkileyen tekli veya çoklu arızaların etkisini değerlendirmek amacıyla kullanılır. Ortaya çıkan gerçekleşme olasılığı, Güvenilirlik Hedeflerinin teorik olarak doğrulanması için kullanılır.

Emniyet açısından FTA, riskin azaltılmasının (mitigation) etkinliğini ve kalan riskin kabul edilebilirliğini göstermek, kritik bir durumla sonuçlanan tekli veya çoklu arızaları tanımlamak ve her bir tehlikenin meydana gelme olasılığını hesaplamak amacıyla kullanılır.

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	<i>Sayfa</i>	<i>26/30</i>
---	-------------	--------------	--------------

6.6. EMNİYET

Emniyet analizi süreci, tanımlanan her tehlike için ilişkili bir risk olduğu ilkesine dayanır. Tüm emniyet süreci bu riski ortadan kaldırmayı veya azaltmayı, yani her bir tehlikeyle ilişkili riskin mümkün olduğunca düşük olması gerektiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu konsept EN 50126-1 (Ref. [1]) ve Risk Değerlendirmesi için Ortak Güvenlik Yöntemi (Ref. [7]) şartnamelerine uygundur:

PHIA/HAS'ta izlenecek adımlar aşağıda özetlenmiştir:

- I. Tehlikeli bir durum (hazard) nedeniyle sistemde meydana gelebilecek arızalar/kesintiler varsayılacaktır;
- II. Her bir tehlike için tehlike seviyesi (şiddet ve sıklıktan başlayarak) belirlenecek ve her bir neden ve sonuç tanımlanacaktır.
- III. Kabul edilemez veya istenmeyen risk seviyesine sahip her bir tehlike için, uygulanacak karşı önlemler analiz edilecek ve riskin “ihmal edilebilir” veya “tolere edilebilir” kategorisine girmesi için değerlendirilecektir.
- IV. Son olarak, karşı önlemlerin uygulanmasından sonra, her bir tehlikeyi karşılamak için gereken nihai risk seviyesi belirlenecektir.

Sistem için yeni bir tehlike tespit edildiğinde Ön Tehlike Analizi (PHIA) güncellenecektir. PHIA ile başlayarak, tehlike analizi oluşturulacak ve güncellenecektir.

Aşağıdaki tabloda, bu dokümanın eki (**EK 1-ANALYSES WORKSHEET**) ‘de analiz için kullanılan şablonda yer alan “PHIA” sayfası açıklanmaktadır:

Hazard ID	Tehlike için kimlik kodu (tehlike listesine bakınız)
Hazard type	Tehlikenin tipolojisi (O&S=bakım, I=arayüz, S/SS=sistem/alt sistem).
Hazard Description	Tehlike tanımı (tehlike listesine bakınız)
Operating phase	İşletim aşaması (Çalışma, Durma, Bakım, Uyku, tüm modlar) İşletim modları her proje için farklılık gösterebilir
Triggering events	Tehlike doğrulamasına yol açabilecek Koşullu Olay
Causes	Tehlike nedenlerinin sentetik tanımı. Nedenlerin FMECA analizinden kaynaklandığı durumlarda, yalnızca FMECA'da kullanılan Arıza modu ID'sine bakınız.
System involved / Interface	Tehlikeye dahil olan sistemin veya arayüz olması durumunda arayüzün tanımı
Consequences	Potansiyel tehlikenin meydana gelmesinden kaynaklanan en kötü sonuçları gösterir
Initial Severity	Önleyici faaliyetlerin uygulanmasından önceki şiddet derecesi (bkz. Tablo 2.)
Initial Freq	Tehlikenin başlangıçtaki gerçekleşme olasılığı (azaltma önlemleri uygulanmadan). (bkz. Tablo 3.)
Initial Risk	Tehlikenin başlangıç riski (proje risk matrisine göre (bkz. Tablo 4)

Mitigation	Önerilen etki azaltma önleminin tanımı (Her satır için bir etki azaltma önlemi)
Type of mitigation	Azaltma Kategorisi (Tasarım, Emniyet Cihazları, Uyarı cihazları, Prosedürler)
Final Severity	Önleyici faaliyetlerin uygulanmasından sonraki şiddet (bkz. Tablo 2.)
Final Freq	Tehlikenin nihai gerçekleşme olasılığı (etki azaltma önlemlerinin uygulanmasından sonra) .) (bkz. Tablo 3.).
Initial Risk	Tehlikenin nihai riski (proje risk matrisine göre (bkz. Tablo 4)
Implemented measures	Uygulanan tedbirin açıklaması (Her satır için bir tedbir)
Type of implemented measure	Uygulanan önlemin kategorisi (Tasarım, Emniyet Cihazları, Uyarı cihazları, Prosedürler)
Note	Notlar / Bir arayüz tehlikesi durumunda arayüzlerin açıklaması

6.6.1. Şiddet seviyesi, gerçekleşme sıklığı ve risk matrisi

Her bir tehlikenin değerlendirilmesi için, teknik şartnameye uygun olarak, tehlikelerin ciddiyet sınıflandırması Tablo 2'de, gerçekleşme olasılıkları Tablo 3'te ve güvenlik matrisi Tablo 4'te tanımlanmıştır:

Şiddet Kategorisi	Sonuçlar
1: Katastrofik	Ölümler ve/veya çok sayıda ağır yaralanma
2: Kritik	Tek ölüm ve/veya ağır yaralanma veya Ana sistem kaybı
3: Marjinal	Hafif yaralanma ve/veya ciddi sistem(ler) hasarı
4: Önemsiz	Olası hafif yaralanma veya hafif sistem hasarı

Tablo 2 Şiddet kategorisi

Sıklık seviyesi	Açıklama	Aralık (Arıza/Saat)
A: Sık	Sık sık meydana gelme olasılığı. Tehlike sürekli olarak yaşanacaktır.	$\lambda > 10^{-3}$
B: Muhtemel	Birkaç kez meydana gelecektir. Tehlikenin sık sık meydana gelmesi beklenebilir.	$10^{-3} \geq \lambda > 10^{-4}$
C: Ara sıra	Birkaç kez meydana gelme olasılığı. Tehlikenin birkaç kez meydana gelmesi beklenebilir.	$10^{-4} \geq \lambda > 10^{-5}$
D: Nadir	Sistem yaşam döngüsü içinde bir zamanda meydana gelme olasılığı. Tehlikenin gerçekleşmesi makul olarak beklenebilir.	$10^{-5} \geq \lambda > 10^{-7}$
E: Olasılıksız	Gerçekleşmesi olası değil ancak mümkün. Tehlikenin istisnai olarak meydana gelebileceği varsayılabilir.	$10^{-7} \geq \lambda > 10^{-9}$
F: İnanılmaz	Gerçekleşme olasılığı son derece düşüktür. Tehlikenin gerçekleşmeyebileceği varsayılabilir.	$\lambda \leq 10^{-9}$

Tablo 3 Olay seviyelerinin olasılıkları

Tehlikeli bir olayın meydana gelme sıklığı	Risk Kabul Kategorileri			
Sık	İstenmez	Kabul Edilemez	Kabul Edilemez	Kabul Edilemez
Muhtemel	Kabul Edilebilir	İstenmez	Kabul Edilemez	Kabul Edilemez
Ara sıra	Kabul Edilebilir	İstenmez	İstenmez	Kabul Edilemez
Nadir	İhmal Edilebilir	Kabul Edilebilir	İstenmez	İstenmez
Olasılıksız	İhmal Edilebilir	İhmal Edilebilir	Kabul Edilebilir	İstenmez
İnanılmaz	İhmal Edilebilir	İhmal Edilebilir	İhmal Edilebilir	Kabul Edilebilir
	Önemsiz	Marjinal	Kritik	Katastrofik

Tablo 4 Risk matrisi

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	Sayfa	29/30
---	------	-------	-------

6.7. RAMS RAPORU

Gerçekleştirilen analizlerin sonunda, ana sonuçları ve ilgili çıkarımları özetleyen bir rapor hazırlanacaktır.

TÜRASAS Eskişehir Bölge Müdürlüğü	EK-1	Sayfa	30/30
---	------	-------	-------

7. EK 1-ANALYSES WORKSHEET

Analizler gömülü EXCEL dosyası kullanılarak gerçekleştirilecektir.

