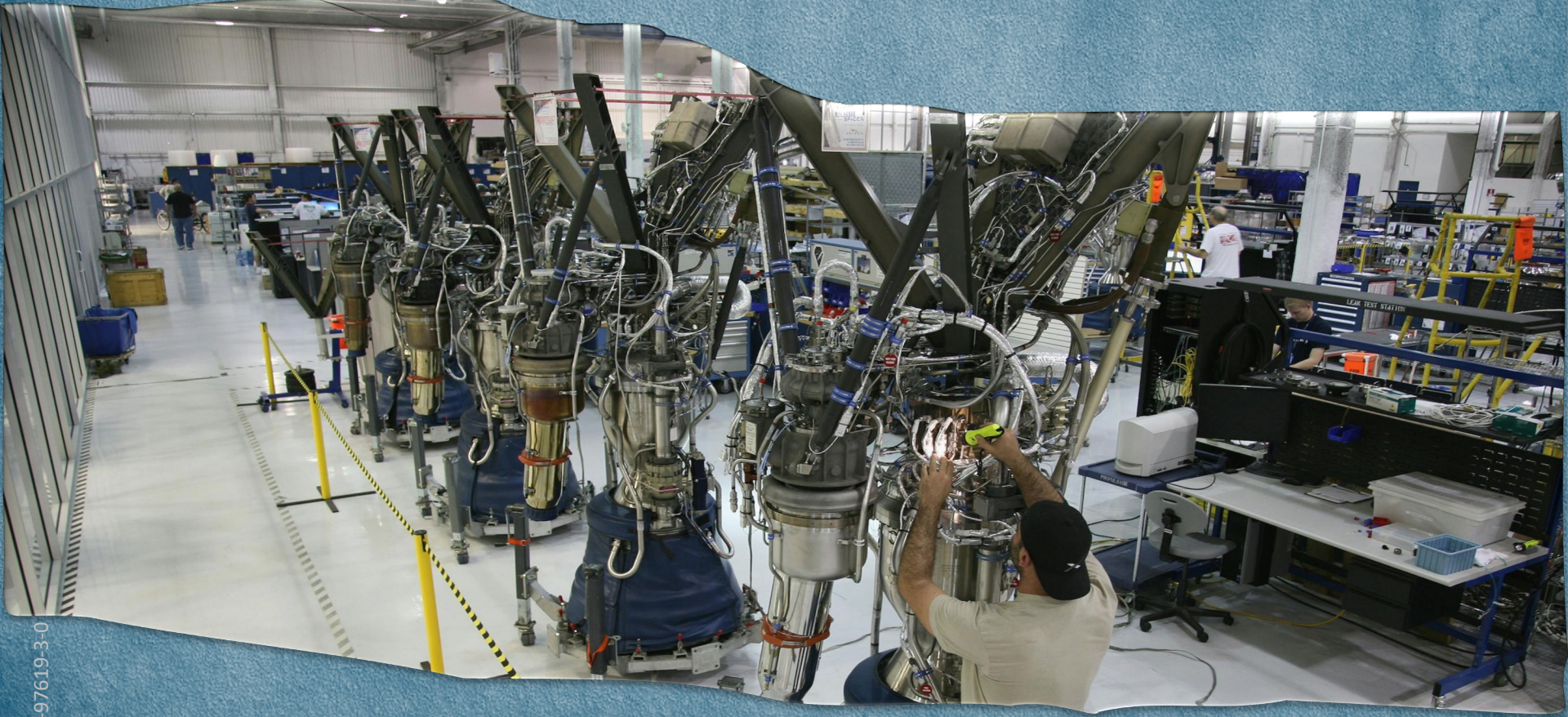


İM ALAT HAZIRLIK SEVİYESİ



ISBN: 978-625-97619-3-0

1st Edition

Tuncay Yağcı

İÇİNDEKİLER

A	Giriş
B	Tanımlar
C	İmalat Konuları ve Alt Başlıkları
D	İmalat Hazırlık Seviyeleri (MRL)
E	MRL Açıklamaları
F	Uyarlanabilir Edinim Çerçevesinde MRL'ler
G	Büyük Yetenek Edinimi (MCA)
H	Orta Seviye Yetenek Edinimi (MTA)
I	Acil Yetenek Edinimi (UCA)
J	MRL Özeti
K	MRL Değerlendirme
L	MMP ve Risk Yönetimi
M	MRL Kriterlerinin Etkili Bir Şekilde Uyarlanması Ve Kullanılması
N	Tek Veya Sınırlı Üretim İçin MRL
O	Endüstri İçin MRL

REFERANSLAR

- Manufacturing Readiness Level (MRL) Deskbook - Department of Defense (DoD)
- **SAE AS 6500** Manufacturing Management Program
- **ISO 9001:2015** Kalite Yönetim Sistemleri - Şartlar
- **ISO 9000:2015** Kalite Yönetim Sistemleri - Temel Esaslar, Terimler ve Tarifler



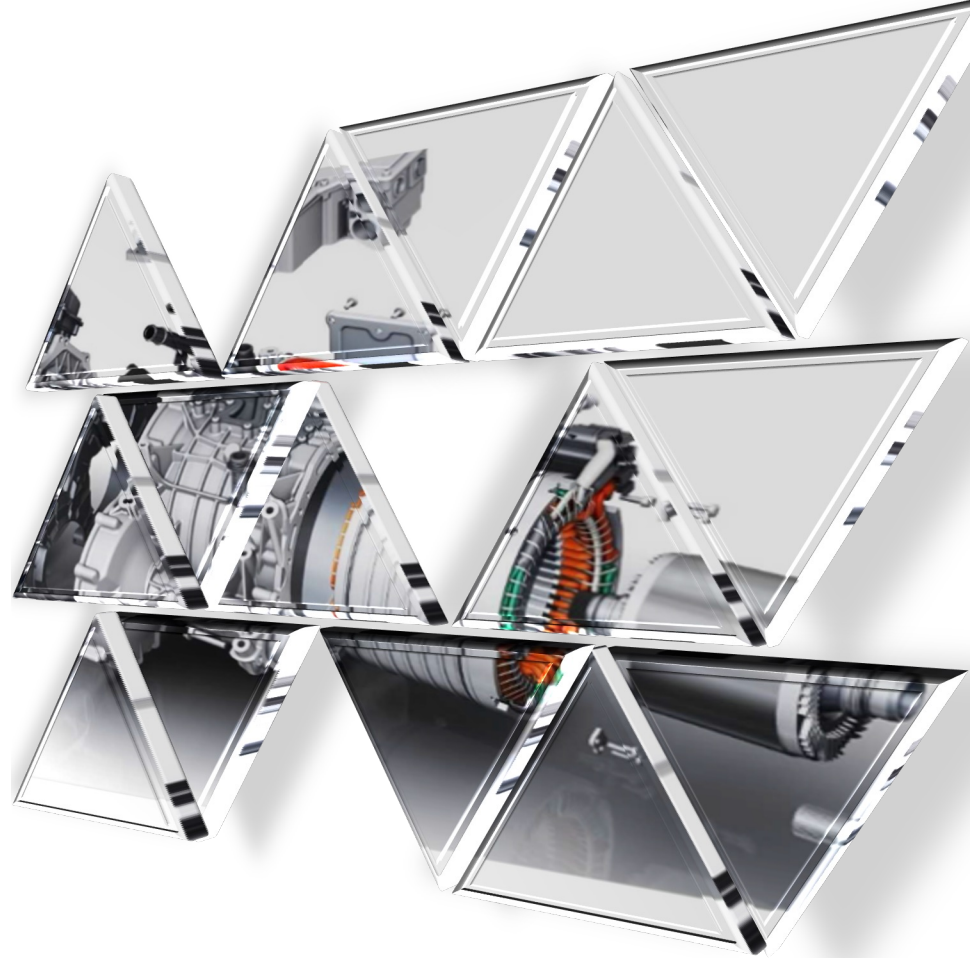
GİRİŞ

A



MRL (İmalat Hazırlık Seviyeleri) değerlendirmesi şu amaçlarla gerçekleştirilir:

- Mevcut imalatın olgunluk seviyesini tanımlamak,
- Olgunluk **eksikliklerini ve ilgili risk ve maliyetleri** belirlemek,
- İmalat olgunluğu ve risk yönetimi için temel sağlamak.
- Teknoloji Olgunlaştırma ve Risk Azaltma (TMRR) Aşamasının sonunda, **imalat ve kalite süreçleri değerlendirilecek** ve **riskin** Mühendislik ve Üretim Geliştirme (EMD) Aşamasına geçmek için kabul edilebilir bir düzeye indirildiğini doğrulamak için gösterilecektir.
- Mühendislik & İmalat Geliştirme Aşaması sırasında, Üretim & Kalite & İmalat lider(ler)i maliyet ve uygulanabilirlik için Proje Yöneticisi'ne **kritik üretim ve kalite süreçlerinin olgunluğu** konusunda tavsiyelerde bulunacaktır.



- Tüm sistem edinim programlarının temel hedefi, gerekli kabiliyetleri kabul edilebilir bir maliyet ve desteklenebilirlikle zamanında sahaya sürmektir.
- MRL Değerlendirmeleri, imalat olgunluğunun anlaşılmasını, imalat riskinin tanımlanmasını ve yönetilmesini artırarak bu çabaya yardımcı olur.



Bir üretim kararından önce, PQM (Üretim, Kalite, İmalat) lider(ler)i aşağıdakileri sağlayacaktır:

- İmal edilebilirlik, üretilebilirlik ve kalite risklerinin kabul edilebilir olmasını,
- Tedarikçi kalifikasyonlarının tamamlanmış olmasını,
- Uygulanabilir tüm üretim süreçlerinin istatistiksel süreç kontrolü altında olmasını.

Risk alanlarının, sorunların ve fırsatların belirlenmesi.

Üretime etkin bir şekilde geçiş için ürün geliştirmede imalat riskinin en aza indirilmesi.

Tasarım ve karar süreçlerine daha erken imalat girdisi sağlanması.

Çeşitli ürünler geliştiren ve üreten farklı bir endüstri ve yüklenici topluluğu tarafından **uygulamada maksimum esneklik ve uyarlanabilirliğe izin verilmesi.**

İmalat

- İmalat, hammaddelerin belirli bir süreçten geçirilerek yarı mamul veya mamul hale (fiziksel ürüne) getirilmesini ifade eder. Bu süreç genellikle mekanik, kimyasal veya fiziksel işlemlerle gerçekleşir.

Örnekler:

- Metalin kesilerek bir makine parçasına dönüştürülmesi.
- Plastik enjeksiyonla bir ürün kalıbının oluşturulması.
- Tekstil ürünlerinin dokuma makinelerinde üretilmesi.
- İmalat, daha çok fiziksel ürünlerin üretilmesine yönelik bir terimdir ve belirli bir teknik sürece dayanır.

Üretim

- Üretim, mal veya hizmetlerin yaratılmasını veya sağlanmasını ifade eden daha geniş bir kavramdır. Üretim yalnızca fiziksel ürünleri değil, aynı zamanda tarım, yazılım geliştirme ve hizmet sektöründeki çıktıları da kapsar.

Örnekler:

- Bir yazılım programının kodlanarak oluşturulması.
- Tarımda sebze ve meyve yetiştirilmesi.
- Hizmet sektöründe danışmanlık veya lojistik hizmetlerinin sunulması.

İmalat vs Üretim

- İmalat= Çelik + kauçuk = Araba
- Üretim= Elektrik + makine yapımı + çelik üretimi + kauçuk çiftçiliği + işçiler = Araba
- İmalat, üretimin daraltılmış şeklidir. Fiziksel ürün odaklıdır.

Kriter	İmalat	Üretim
Kapsam	Daha dar (fiziksel ürünlerle sınırlı)	Daha geniş (mal ve hizmetleri kapsar)
Uygulama Alanı	Sanayi, fabrikalar, fiziksel ürünler	Sanayi, tarım, hizmet, yazılım gibi alanlar
Örnek Çıktılar	Otomobil, mobilya, ev aletleri	Yemek üretimi, yazılım, tarım ürünleri
Yöntem	Teknik süreçlere dayanır	Farklı yöntemleri içerir (fiziksel, dijital, hizmet)

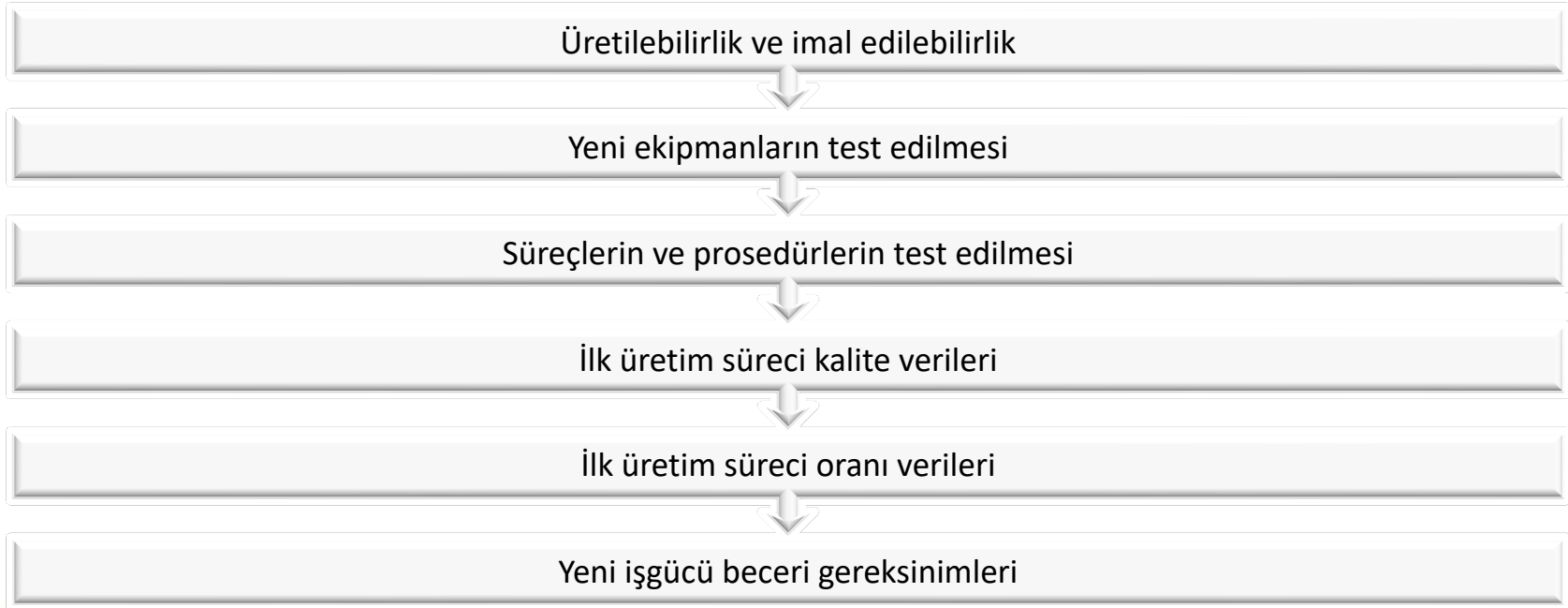
ter·mi·no·lo·gy /
(science of the) pr
science or

İMALAT HAZIRLIK SEVİYESİ (MRL) YOL HARİTASI



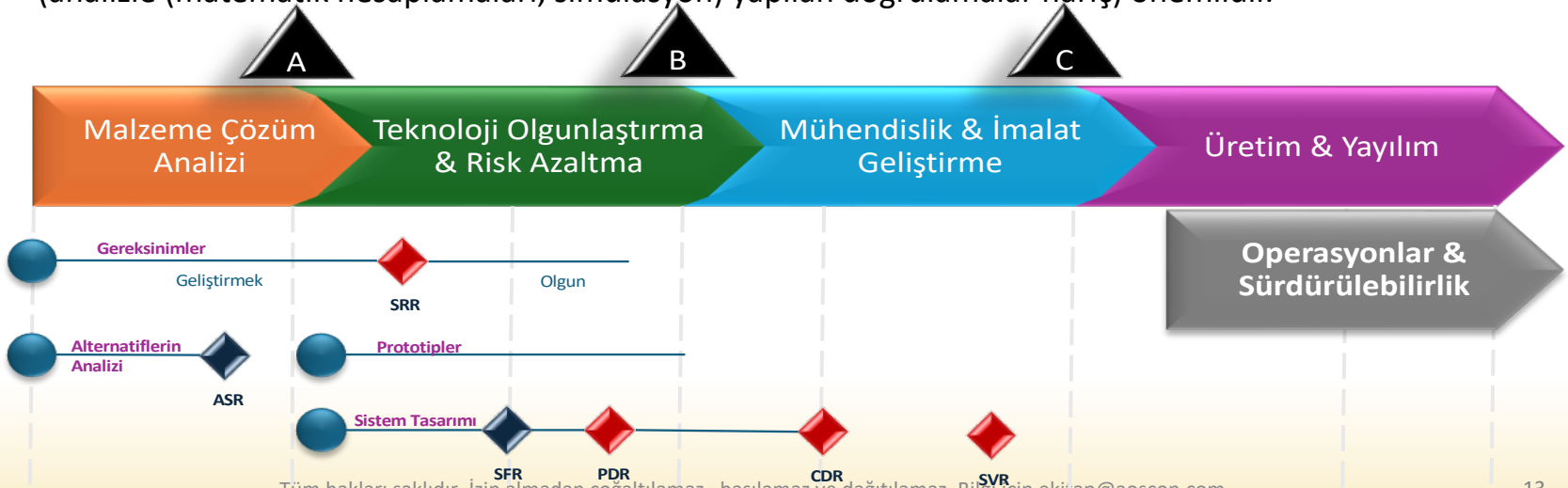
Laboratuvar Ortamı Değerlendirmesi

- Kilometre Taşı A'dan önce, MRL kriterleri, önerilen konseptlerin imal edilebilirliğini ve üretilebilirliğini belirleyerek ve üretim riskini azaltarak imalat fizibilitesine odaklanır. Önerilen bu konseptler genellikle laboratuvar ortamında gösterilir.
- Laboratuvar ortamı, bilim insanlarının, tasarım mühendislerinin, üretim mühendislerinin, kalite mühendislerinin ve üretim personelinin bir ürün yapmak için süreçler, prosedürler ve ekipman geliştirdiği ve test ettiği bir ortam.
- Laboratuvar sonuçları aşağıda belirtilen kriterleri değerlendirmek için kullanılır;



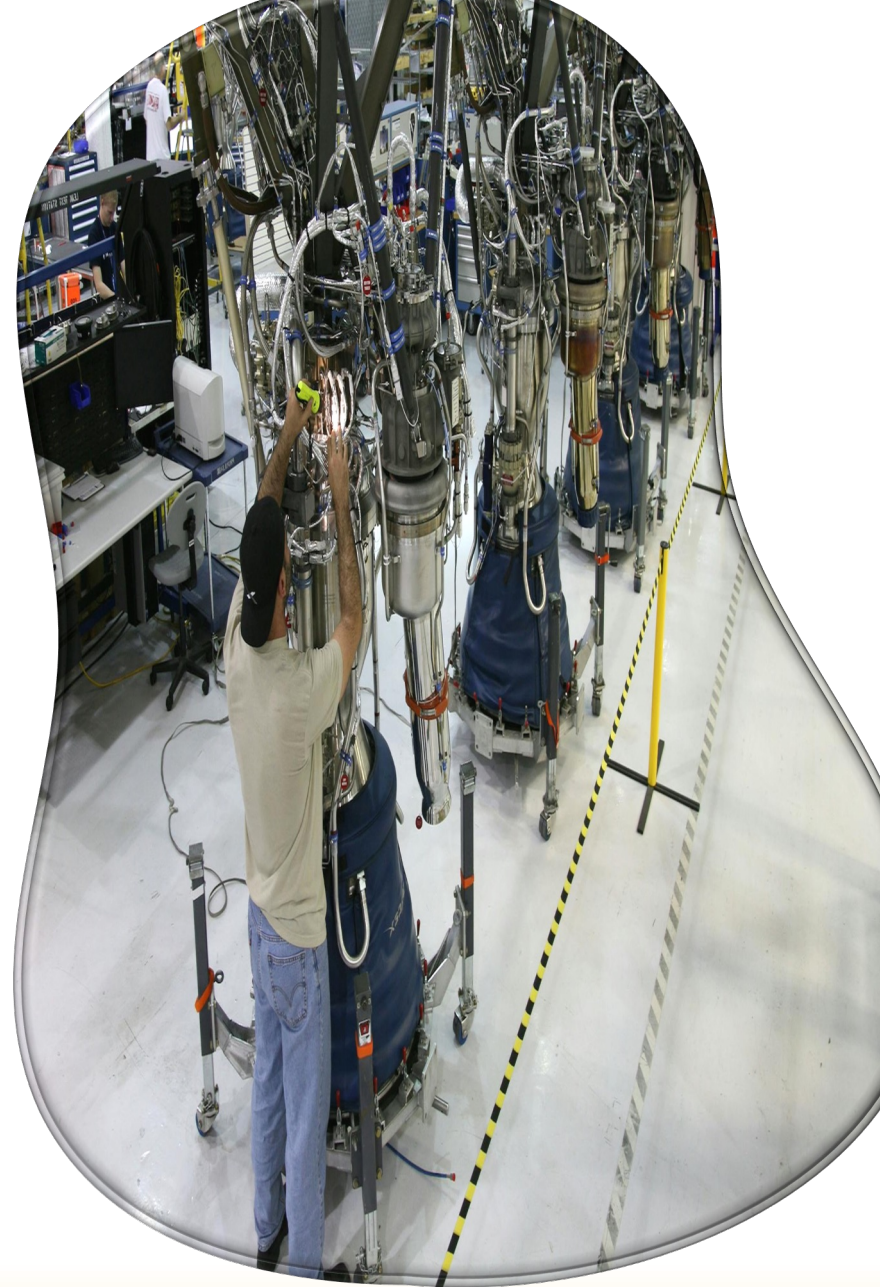
Üretimle İlgili Çevre

- TMRR (Teknoloji Olgunlaştırma ve Risk Azaltma) Aşaması sırasında MRL kriterleri, Kilometre Taşı B'den önce prototiplerin laboratuvar dışında üretimle ilgili bir çevrede üretilebilmesine odaklanır.
- Üretimle ilgili bir ortamı tanımlayan parametreler, üretim süreçlerinin, prosedürlerinin ve tekniklerinin program gereksinimlerini karşıladığını göstermeyle ilgili risklere ve benzersizliğe dayanmalıdır.
- Bu ortam için üretim gerçekçiliği laboratuvarda görülenin çok ötesindedir. Daha yüksek riskli alanların (örneğin, daha gelişmiş üretim teknolojileri ve daha yeni üretim kabiliyetleri) ele alınmasına önem verilmelidir.
- Teknik gözden geçirmelerden, Sistem Gereksinimleri Gözden Geçirme (SRR: System Requirements Review), Sistem Fonksiyonel Gözden Geçirme (SFR: System Functional Review) ve Ön tasarım Gözden Geçirme (PDR: Preliminary Design Review) TMRR aşamasında gerçekleştirilir. Bu aşamada her alt sistem ve sistem elemanı için atanan gereksinimlerin doğrulanması başlatılır. Özellikle fiziksel doğrulamalar (analizle (matematik hesaplamaları, simülasyon) yapılan doğrulamalar hariç) önemlidir.



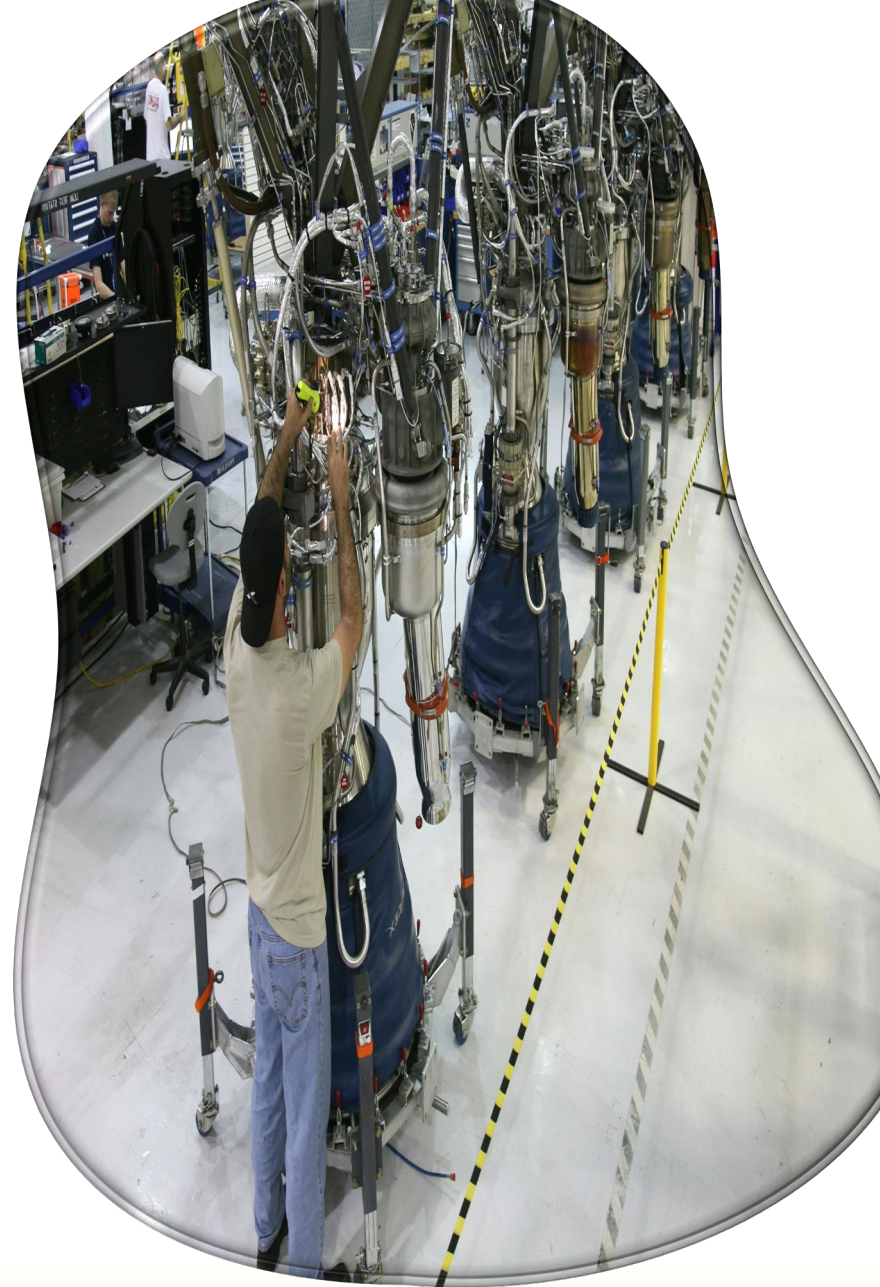
Üretimle İlgili Çevre - Tanım

- Bir miktar fabrika üretim gerçekçiliğine sahip bir ortam (örneğin, tesisler, personel, takımlar, süreçler, malzemeler, vb.)
- Bu aşamada laboratuvar kaynaklarına minimum düzeyde güvenilmelidir.
- Üretimle ilgili bir ortamda gösterim, yüklenici(ler)in prototip üretimlerine dayanarak EMD (Mühendislik & İmalat Geliştirme) Aşamasının **maliyet, program ve performans gereksinimlerini karşılama becerilerini** göstermeleri gerektiği anlamına gelir.
- Tasarımın olgunluğu göz önünde bulundurularak mümkün olduğunca fazla üretim gerçekçiliğine sahip bir ortam.
- **Pilot hatta bulunacak üretim personeli, ekipman, süreç ve malzemeler mümkün olan azami ölçüde olmalıdır.**



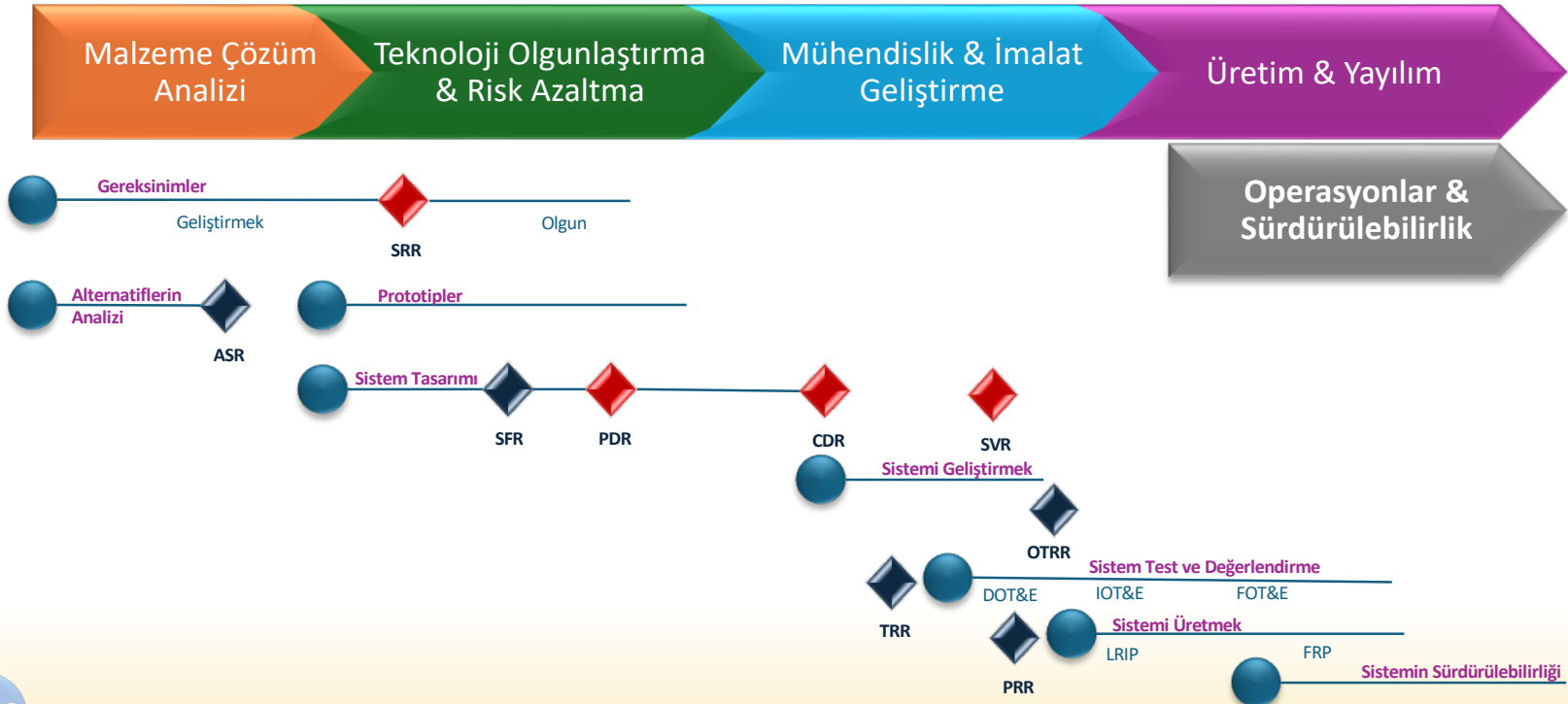
Üretim Temsil Çevresi - Tanım

- Bir program EMD Aşamasına girdikçe ve donanım yeterlilik testi için üretildikçe, üretim süreçleri tüm programdaki üretimi temsil eden faaliyetlere hitap edecek şekilde daha sağlam ve olgun hale gelmelidir.
- Çalışma talimatları ve takımlar yüksek kalitede olmalı ve bu öğelerde öngörülen tek değişiklik, **performans veya üretim hızı sorunlarını ele alan tasarım değişiklikleriyle** ilişkilendirilmelidir.
- Laboratuvar ortamına veya personeline güvenilmemelidir.



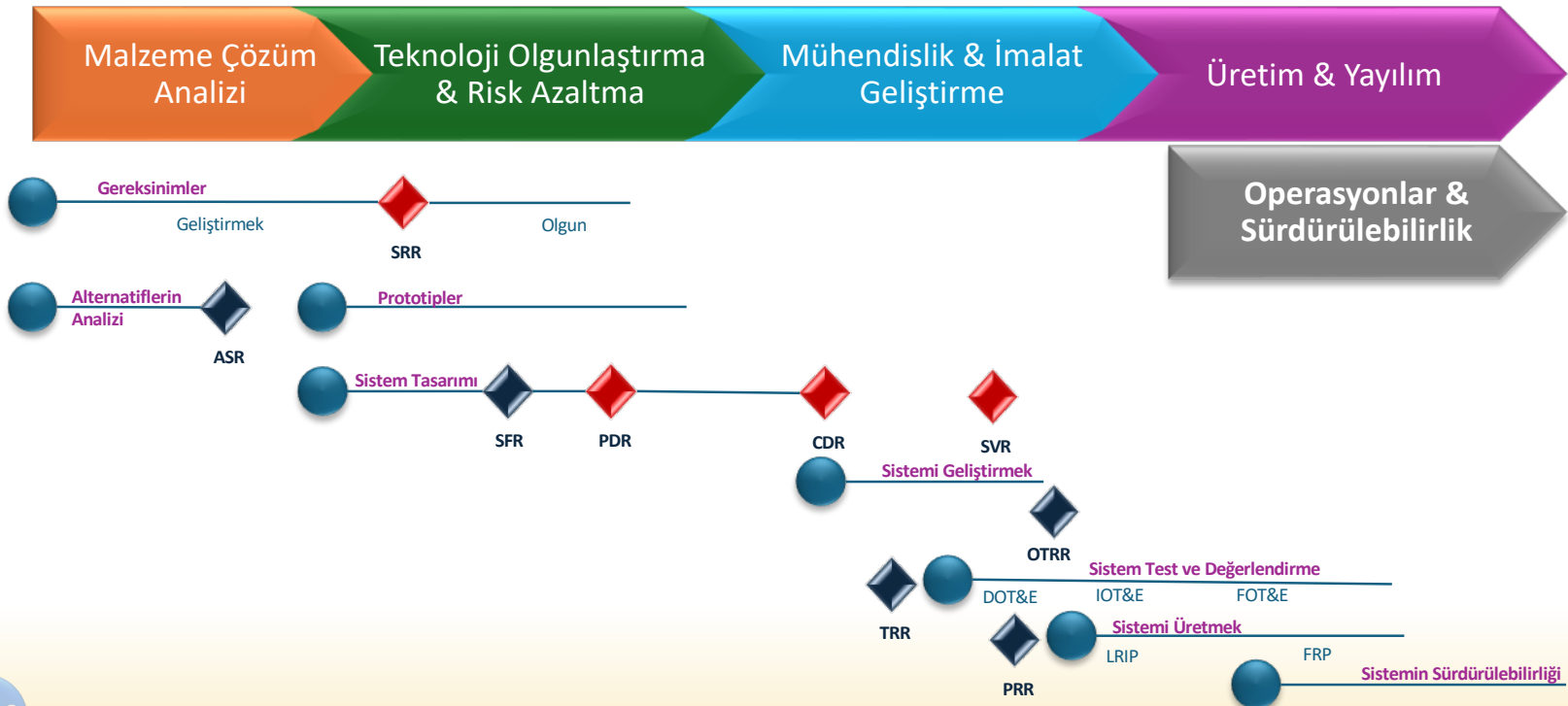
Üretim Temsil Çevresi - Tanım

- Mühendislik & İmalat Geliştirme (EMD) aşamasında yapılacak olan teknik gözden geçirmeler Kritik Tasarım Gözden Geçirme (CDR: Critical Design Review) ve Sistem Doğrulama Gözden Geçirme' dir (SVR: System Verification Review).
- Burada iki perspektif izlenmektedir. PDR aşamasında tahsis edilmiş ürün ana hattı (üst seviye konfigürasyon kalemlerinin tanımlandığı ancak detaylandırılmadığı ürün ana hattı (baseline)) oluşturulur. CDR'da ise detaylandırılmış ürün ana hattı oluşturulur. Bu kitap bu perspektife göre kurgulanmıştır. İkinci perspektif ise PDR aşamasında ürün ana hattı detaylı olarak oluşturulur ve CDR aşamasında ürün doğrulaması bitmiş ve geçerli kılma aşamasına geçilebilir.



Pilot Hat

- Mühendislik & İmalat Geliştirme (EMD) Aşamasının son aşaması, Düşük Hızlı İlk Üretim (LRIP'te (Low Rate Initial Production)) üretilmiş ve çalışan ürünler üretmektir.
- **EMD Aşamasından LRIP'e geçiş kabiliyetini yeterince göstermek için bu birimlerin bir pilot üretim hattında inşa edilmesi gerekir.**
- Bu gerçekçilik olmadan, üretim süreçlerinin üretim için maliyet, program ve performans gereksinimlerini karşılayabileceğine dair güven elde etmek çok zor olacaktır.



Pilot Hat - Tanım

- LRIP'de (Düşük Hızlı İlk Üretim) tasarım gereksinimlerini karşılayan üretim konfigürasyon kalemleri, alt sistemler veya sistemler üretmek için gereken tüm temel üretim gerçekçiliği unsurlarını içeren bir ortam.
- Pilot hat, mümkün olan azami ölçüde Tam Oranlı Üretim (FRP: Full Rate Production) süreçlerini kullanmalıdır.

Ekipman,

Personel Beceri Seviyeleri,

Tesisler,

Malzemeler,

Bileşenler,

Çalışma Talimatları,

Süreçler,

Takımlar,

Sıcaklık, Temizlik, Aydınlatma

Üretimle ilgili, üretimi temsil eden, pilot hat ve üretim hattı ortamları tanımları, edinim yaşam döngüsü boyunca üretim olgunluğunun doğal ilerlemesini göstermeyi amaçlamaktadır.

İmal Edilebilirlik (Manufacturability)

- Süreç kabiliyetlerine, makine veya tesis esnekliğine ve gerekli maliyet ve kalite düzeyinde tutarlı bir şekilde üretim yapma genel yeteneğine odaklanan tasarım döngüsünde dikkate alınan karakteristikler.
- İlişkili faaliyetler aşağıdakilerin bir kısmını veya tamamını içerebilir:

Ortak ve standardizasyon için tasarım - daha az parça kullanımı

Çevre ve güvenlik uyumluluğu için tasarım

Çok kullanımlı ve çift kullanımlı uygulamalar için tasarım

Modülerlik ve tak-çıkart uyumlu arayüz/entegrasyon için tasarım

Esneklik veya uyarlanabilirlik için tasarım ve "sağlam tasarım" kullanımı

Güvenilir süreçler ve malzemeler kullanımı

Monolitik ve belirleyici montaj kullanımı

İmalat ve montaj için tasarım

Üretim verimi elde etme

Üretilirlik (Producibility)

- Mühendislik, Kalite ve Ulaşılabilirlik (Affordability) gereksinimlerini karşılayan bir ürünün üretilmesinin göreceli kolaylığı.
- İlişkili faaliyetler aşağıdakilerin bir kısmını veya tamamını içerebilir:

Belirli süreç kapasitesi ve kontrol parametreleri için tasarım

Malzeme karakterizasyon analizi gerçekleştirme

Taguchi ve deney tasarımı (DoE) gibi değişken azaltma analizi gerçekleştirme

Ürün tasarımını seçmeden önce kritik malzemeler ve süreçler geliştirme

Ürün ve süreç tasarımı getiri-götürü analizleri için modelleme ve simülasyon kullanma

Kritik kalemler üzerinde kapalı döngü süreç kontrolü tasarlama ve geliştirme