

TİCARİ ÜRÜNLERDE GÜVENİLİRLİK VE ÖMÜR DEVRİ YÖNETİMİ

Önder Sünetci¹, Çiğdem Ezgi Arer²

1. GİRİŞ

Tanım olarak güvenilirlik, bir ürün, sistem, parça ya da hizmetin, amaçlanan işlevlerini belirli bir süre boyunca yeterli bir şekilde (yani hatasız ve belirtilen başarımla (performans) sınırları içerisinde) yerine getirebilme yeteneğidir [1]. Bu olasılık, 0 ila 1 değeri arasında ya da yüzde üzerinden gösterilir. Bir başka deyişle, geleneksel ürün niteliği yaklaşımında ürünlerin istenilen işlev değerini yakalayabilmesine odaklanılırken, güvenilirlikte ise, istenilen başarımla değerinin, ürünün kullanım ömrü boyunca yakalanabilmesine odaklanılır.

Kurumların güvenilirlik çalışmalarını yaparken öncelikle hedef belirlemeleri büyük önem taşır. Güvenilirlik hedefi ise, sektörlerin gereksinimleri, müşteri beklentileri ve hedef olarak tanımlanan başarımla göstergesinin kritiklik düzeyine göre farklılık gösterebilmektedir. Dolayısıyla,

sektörlere göre güvenilirlik gereksinimleri de farklı olabilmektedir. Savunma, uzay ve havacılık gibi sektörlerde az ürün üretimi, ama yüksek güvenilirlik nedeniyle oluşacak ek maliyetlere genelde katlanılabılırken; ticari sektörlerde, yine sektöre göre değişmekle birlikte genelde, çok ürün, orta ya da düşük güvenilirlik yeğlendiğinden, güvenilirlik için daha düşük düzeyde ek maliyetler kabul edilebilir. Ticari sektörü bu anlamda birkaç gruba ayırabiliriz: Bir oyuncakçı yüksek güvenilirlik değerinde üretmek için çok yüksek maliyetlere genelde katlanılmaz ama dayanıklı ev aletleri gibi müşterilerin uzun yıllar kullanmayı hedefleyerek satın aldıkları ürünlerde düşük güvenilirlik kabul edilemez. Hiçbir müşteri, aldığı ilk yıl içerisinde geri döndürülemez arıza yaşamayı kabul ederek bir çamaşır makinası ya da buzdolabı almak istemez. Bunun yanı sıra, güvenlik (emniyet) işlevi söz konusu olduğunda tüm sektörler için hedefin kuşkusuz, belirlenen ürün kullanım

¹ Elektrik-Elektronik Yük. Müh., - onder.sunetci@beko.com

² Makine Müh., - cigdemezgi.arer@beko.com

ömrü boyunca yüksek güvenilirlik düzeyi olacağını da söyleyebiliriz.

Güvenilirlik analizleri, birkaç mühendislik disiplinin bir arada kullanılmasını gerektirir. Matematik dışında, fizik, kimya, ileri istatistik ile birlikte, analizin yapılacağı ürün ya da sistem özelinde teknoloji altyapısı da gerektirir. Ticari firmaların müşteri memnuniyeti ve karlılığını doğrudan etkileyen çıktılar üretildiğinden, bu çalışmalar çok önemli olup, zamanla önemi daha da artmaktadır. Konuyla ilgili farkındalık daha çok askeri ve havacılık gibi sektörlerde geçmiş yıllarda başlamış olsa da günümüzde yazılım güvenilirliğine kadar uzanmış durumdadır.

Ürünlerin arıza yapma senaryolarını ve sonrasındaki süreci şu değişkenlerle değerlendirmek gerekir: Arızanın çıkma süresi (1), arızanın giderilme süresi (2) ve arıza giderim maliyeti (3).

Müşteri için önemli olan, ürün arızalanırsa ne kadar düşük maliyetle (olabiliyorsa garanti kapsamında sıfır maliyet) ve ne kadar hızlıca ürünün çalışır duruma getirilebileceğidir. Elbette 2 ve 3 numaralı değişkenlerin olabildiğince düşük olması müşteri memnuniyeti ve satınalma tercihleri açısından ne kadar iyi olsa da 1 numaralı değişkenin de önemli bir etkisi vardır. Sık sık arızalanan ama sıfır maliyetle hızlı çözülen bir ürün, kullanıcılar tarafından tercih edilmez. Böyle bir durumun, müşterinin bu markaya karşı olan güvenini düşüreceği açıktır.

2. DÜŞÜK GÜVENİLİRLİKTE ÜRÜN ALACAK KADAR ZENGİN DEĞİLİZ

İngilizlerden geldiğine inanılan bir deyim vardır: "Ucuz ürün alacak kadar zengin değilim." Yukarıdaki başlık bu deyişten yola çıkılarak yazımıza uyarlandı. Düşük nitelikli ürünü ucuza aldığını düşünen, o üründen istediği süre boyunca faydalanamayıp yenisini almak durumunda kaldığında bu deyişin gerçeklik payı anlaşılacaktır.

Örnekeleyecek olursak; bir buzdolabını servis çağırılmayı gerektirecek bir arıza yaşamadan 10 yıl boyunca kullanırsanız yalnızca ilk satın alım maliyeti varken, garanti süresi sonrasında, örneğin 4 yıl sonra, bir arıza ortaya çıkarsa servis ve yedek parça değişim ücreti ile karşı karşıya kalabilirsiniz.

Güvenilirlik, kullanıcılar için olduğu kadar ticari firmalar için de çok önemlidir. Aynı örneğimizi şirket açısından

ele alacak olursak, buzdolabını 10 yıl boyunca güvenilir yapabilmek için tasarımda ve üretimde daha yüksek maliyetlerle karşılaşılır ancak bu nitelikte üretilmezse, ürünü daha ucuza mal etmekle birlikte ürünün kullanım ömrü boyunca yedek parça stoklama maliyetleri, servis maliyetleri ile ürün tasarımını iyileştirmek için yapılacak çalışmalar ve kalıp maliyetlerini de göze almak gerekir. Yılda milyonlarca adet üretilip satılan bir buzdolabı (bir buzdolabı günde 24 saat, yılda 8760 saat çalışır) için kullanım süresi milyarlarca saati aşmaktadır. Hangi güvenilirlik bakış açısının şirketler için daha olumlu olacağı 1950 yıllarında "Advisory Group on Reliability Electronic Equipment (AGREE)" isimli kuruluş tarafından ele alınmış ve maliyeti 1 USD olan bir elektronik ürünün, çalışabilmesinin sürekliliği için yılda ortalama 2 USD bakım harcaması gerektiği ortaya çıkarıldığından, "pahalı fakat daha az bakım gerektiren ürünlerin tasarımının" şirketler için daha üstün olduğu ilk kez düşünölmeye başlanmıştır. Günümüzde ise güvenilirlik araçları, maliyet ve kalite arasındaki ilişkiyi en uygun duruma getirmek için şirketlerin kullandığı önemli analiz yöntemlerinin başında gelmektedir.

3. ÇEVRESEL DUYARLILIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Ürünlerin arızalanma zamanını ötelemek (daha güvenilir ürünler üretmek), yalnız kullanıcılar için ekonomik bir üstünlük sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çevresel etkileri azaltarak sürdürülebilir bir iş modelinin temelini de oluşturabilir. Bu uygulama, servis hizmeti, yedek parça, enerji ve kaynak yönetimi açısından karbon ayak izinin düşürülmesine katkı sağlar.

Daha uzun ömürlü ürünler, müşterilerin daha az sıklıkta yeni ürün almasını gerektirdiğinden, üretim, ambalajlama ve taşıma gibi süreçlerde enerji tüketimi ve kaynak kullanımı azalır. Ayrıca, arızaların önlenmesi veya geciktirilmesi, servis ekiplerinin daha az seyahat etmesine ve yedek parça isteklerinin azalmasına yol açacağından taşıma ve ambalaj malzemelerinin kullanımı en aza indirilir. Bu şekilde, ürünlerin ömrünün uzatılması, sürdürülebilir bir yaklaşımın bir parçası olarak karbon ayak izini önemli ölçüde düşürebilir.

4. DAYANIKLILIK (DURABILITY) ETKİSİ

İlk bölümde arızalardan söz ederken, arızanın giderilme süresi ve arıza giderim maliyeti değişkenlerinin de müş-

teri için ne kadar önemli olduğunu belirtmiştik. Dünya standart kuruluşları, özellikle yüksek maliyetli ve yüksek kullanım oranlı ürünler için bu gereksinimin farkına varalı uzun zaman oldu. Bunun için de verimlilik ve dayanıklılığa yönelik EN-45550 serisi standartlar hazırlandı ve bir kısmı yürürlüğe girdi, bir kısmı üzerindeki çalışmalar da sürüyor [2].

Özellikle güvenilirlik ve ürün niteliğinin, arıza giderim ve onarım kolaylık ve hızıyla birleştiği dayanıklılık tanımı, standart kuruluşlarının müşteri ve çevre anlamında yer verdiği en önemli etkenlerden biri olmuştur. Bu da üretici firmalara, ürünlerine yönelik bir dayanıklılık başarımlarını endeksi belirtilmesini zorunlu kılmakla birlikte, müşterilerin bilinçlerinin yükseltilerek bu endeksin satın alma davranışlarında belirleyici olması, böylece üreticilerin de daha dayanıklı (daha güvenilir ve daha kaliteli) ürünler yapmaya özendirilmesi hedeflenmiştir.

5. GÜVENİLİRLİK ÇALIŞMALARININ TEMEL UNSURLARI

Güvenilirliğe odaklanan kurumların izlediği süreç adımlarını şu şekilde belirtebiliriz:

- 1- Pazarla sunulacak ürünün, kullanıcılarının gereksinimleri ve beklentileri tanımlanarak, buna uygun güvenilirlik hedeflerinin belirlenmesi.

Güvenilirlik çalışmalarında hedef, öncelikle pazara sunulacak ürün için daha sonra ise ürünün kritik parçaları için belirlenmelidir. Belirlenen hedef, belirli bir zaman dilimi içinde hedeflenen arıza olasılığını içermelidir.

- 2- Tasarımın FMEA (Failure Mode Effect Analysis), Türkçe açılımı ile Hata Modu Etki Analizi, çalışması yapılarak ürünün olası hata modlarını keşfetme.

Güvenilirlik çalışmalarının önemli unsurlarından biri olan FMEA, tasarımın kullanıcının karşılaşılabileceği tüm olası hata modlarını ve etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir analiz yöntemidir.

FMEA çalışmaları, şirketlerin ürünle ilgili yaşanabilecek hataları önceden kestirerek tasarım aşamasında çözülmesine katkı sağlar ve özellikle zaman ve maliyet açısından üstünlük yaratır. Örneğin ürün ömrü ile ilgili bir sorunun, kalıp çıktısı örneklerinden, test sırasında saptanması durumunda kalıp revizyonu

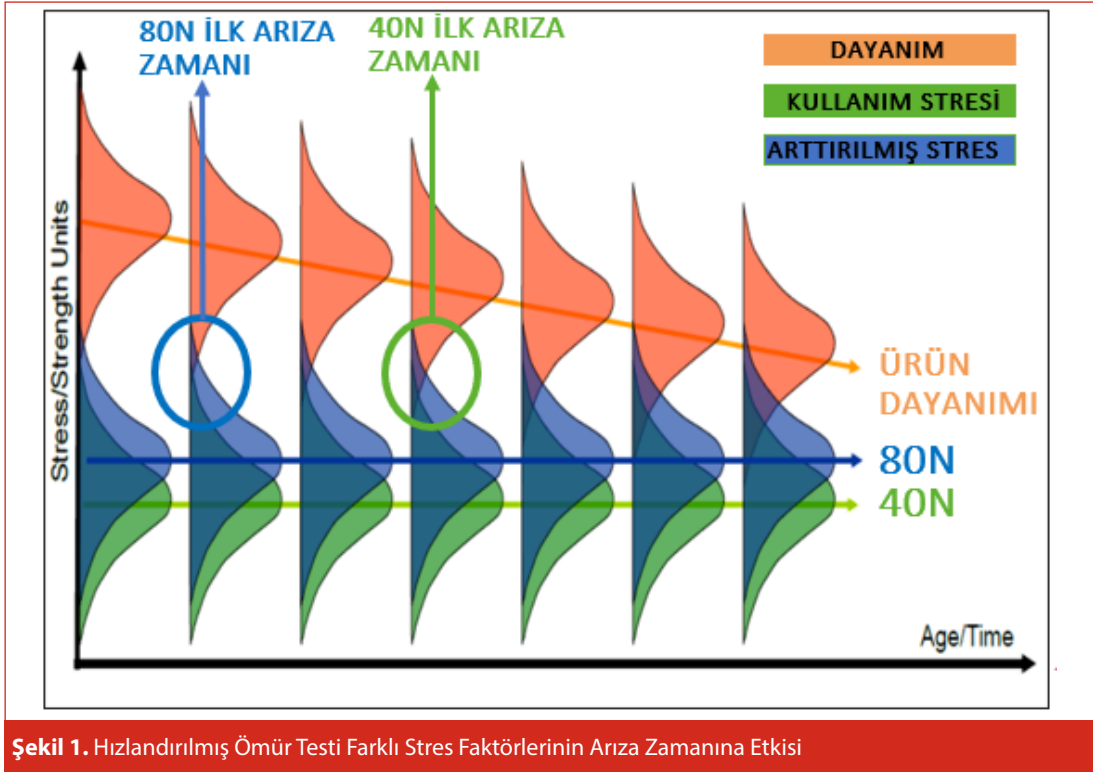
yapmak gerekeceksen, bu hatayı tasarım dondurulmadan önce FMEA ile yakaladığımızda hem kalıp düzeltilmesinin maliyetleri hem de iyileştirilmiş örnek ile yeniden test yapmak için harcanacak masraf ve zamandan kazanç sağlanacaktır.

- 3- Ürün pazara sunulmadan önce parçaların güvenilirlik testleri ile doğrulanması.

Bu aşamada, FMEA çalışmasında öngörülen tüm hata modları için hatayı simüle eden güvenilirlik testlerinin yapılıp yapılmadığı denetlenir ve uygun testler tasarlanır. Ardından, testler gerçekleştirilerek parçaların güvenilirlik hedefi doğrulanır.

Bu adımda güvenilirlik yaklaşımı bize farklı test tasarım seçenekleri sunmaktadır. Bunlardan biri, ürünleri ömür testleriyle arızaya zorlayarak edindiğimiz arızalanma süreleri ile Weibull analizi gerçekleştirmek ve müşteri kullanımında hedeflediğimiz süre içerisinde ne kadar arıza yakalayacağımızı kestirmektir. Bu analizde, testimizin müşteri kullanım koşulundaki stres düzeylerinde olması gerekmektedir.

Klasik Weibull analizi yaklaşımında, müşteri kullanım stres düzeyinde testleri gerçekleştirdiğimiz için ömür testleri garanti süremizle doğru orantılı olacak şekilde uzun olabilir ve bu durum ürünlerin devreye alma sürelerinin beklentimizin üzerinde olmasına neden olabilir. Artan rekabet ortamında kısa süreli testlerle müşteri kullanımını simüle etmek her geçen gün daha fazla şirket tarafından benimsenmektedir. Bu nedenle Hızlandırılmış Ömür Testi (Accelerated Life Test Analysis-ALTA) test tasarımlarını da kullanabilmekteyiz. ALTA çalışmalarında müşteri kullanım stres düzeyinin üzerinde ürünü test ederek, kısa süre içerisinde garanti süresi içerisinde yaşanabilecek hata sayısını öngörebiliriz. Örneğin bir fırın kapağının menteşe dayanım testini ele alalım. Burada bir insanın kapağı açarken uygulayabileceği en büyük kuvvetin yaklaşık olarak 40 N olduğunu varsayarsak, 40 N ile tasarladığımız açma-kapama test verisi Weibull analizi ile gerçek zamanlı test edilirken; bu testi 50 N ve 60 N ile gerçekleştirip ALTA ile analiz edersek daha kısa sürede hatayı simüle etme fırsatı yaratmış oluruz. ALTA analizin bir diğer üstünlüğü ise, 50 N ve 60 N ile yaptığımız testten yola çıkarak analiz, her bir stres düzeyi için (40 N, 80 N, 90 N gibi) bir model oluşturarak

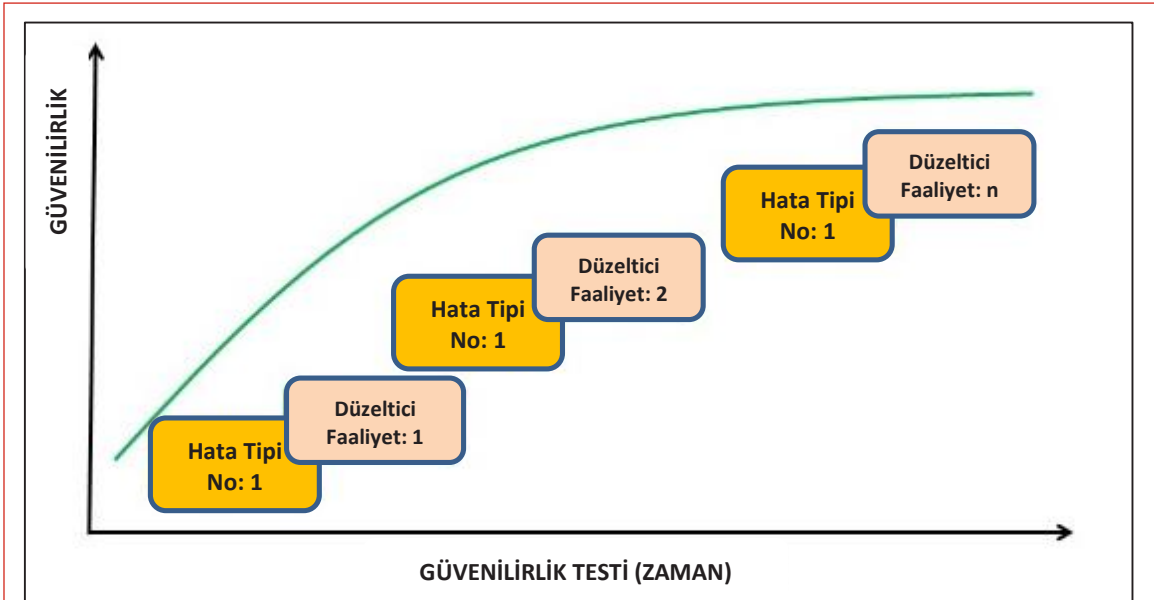


Şekil 1. Hızlandırılmış Ömür Testi Farklı Stres Faktörlerinin Arıza Zamanına Etkisi

istediğimiz stres koşulundaki hatayı yakalama süresi ni ve müşteri kullanım düzeyine (40 N) göre kaç kat testi hızlandırdığımızın hızlandırma faktörü ile hesaplanabilmesidir (Şekil 1).

- 4- Ürün pazara sunulmadan önce ürün güvenilirlik doğrulaması.

Bu aşamada, güvenilirlik analiz yöntemlerinden biri olan "Güvenilirlik Blok Diyagramı (Reliability Block Diagram-RBD)" analizi ile parçaların güvenilirlik değerleri bir bileşke fonksiyon yardımı ile ürün güvenilirlik değerine dönüştürülür. Hesaplanan değer ile hedef ürün, güvenilirlik değeri karşılaştırılarak ürün güvenilirliği doğrulanır. Son olarak, ürün güvenilirlik



Şekil 2. Güvenilirlik Büyüme Analizi (Reliability Growth Analysis)

testi gerçekleştirilerek öngörülemez hata modları olup olmadığı denetlenir.

Bu aşamada ürünün güvenilirlik değeri halen iyileştirmeye gereksinim duyuyor ise, Güvenilirlik Büyüme Analizi (Reliability Growth Analysis-RGA) çalışması gerçekleştirilir. Burada amaç, eldeki güvenilirlik seviyesini, Şekil 2'de gösterildiği gibi daha yukarı taşımak için en öne çıkan iyileştirme noktalarını belirleyip bu kısımları daha güçlü duruma getirmektir, ki bu yaklaşım ile müşteri memnuniyeti ve kârlılığın iyileştirilmesi sağlanabilir [3]. Bu analiz yöntemi, parça veya sistem üzerinde güvenilirlik düzeyini iyileştirmek için yaptığımız her bir işlemin güvenilirliğe ne kadar etki ettiğini hesaplamamızı sağlar. Böylelikle her bir hata modu için en uygun iyileştirme işlemini, nicel verilere dayandırarak doğrulama fırsatımız olur.

5- Saha güvenilirlik analizi ile kontrol.

Ürün piyasaya sürüldükten sonra, müşteri şikayetleri ve arıza kayıtları bu aşamada yakından izlenmelidir. Elde edilen kayıtların güvenilirlik analizleri yapılarak, ürün onay sürecinde saptanamayan hata modları kayıt altına alınmalı ve bu hata modları için test tasarımları gerçekleştirilmelidir. Hata modlarının kök nedenleri araştırılarak gerekli tasarım iyileştirmeleri planlanmalıdır.

6. GÜVENİLİRLİK İÇİN KURUMSAL KÜLTÜRÜN OLUŞTURULMASI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KILINMASI

Diğer birçok konuda olduğu gibi, güvenilirlik alanında da kurumsal kültürün oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması çok önemlidir. Bunun için kurum içi değerler ile örtüşecek şekilde güvenilirlik hedeflerinin belirlenip yaygınlaştırılması ile tüm çalışanlar düzeyinde içselleştirilmesi amaçlanır. Eğitim süreçlerinin iç ve dış kaynaklarla düzenli aralıklarla gerçekleştirilmesi ile kurumdaki teknik bilginin belirli düzeyde tutulması sağlanır. İyi uygulamalar ödüllendirilip bilinir kılınarak değerlendirilir. Projeler farklı ekipler arasında karşılaştırma ve örnek alma olanağı sağlamak için ortak veri tabanlarında saklanır ve paylaşılır. Belirli aralıklarla öne çıkan projelerin farklı ekipler arasında anlatılmasına olanak veren etkinlikler düzenlenerek; kurum çalışanlarının öğrenmek, yeniliklere açık olmak ve ilerlemek konusunda isteklendirilmesi ve diğer uygulamaları inceleyebilme fırsatları artırılır.

7. SONUÇ

Ticari ürünler üreten firmalar, bu ürünlerin sadece işlevlerini, estetiğini ve maliyetini değil, dayanıklılığını, güvenilirliğini ve niteliğini de gözetmek durumundadır. Üreticiler bu ikinci kısımdaki gereksinimlerin en az birinci kısımdakiler kadar, hatta stratejik olarak bakıldığında onlardan daha fazla kârlılıklarını, dolayısıyla ticari çalışmalarının sağlıklı bir şekilde sürdürülebilirliğini etkileyeceğinin farkında olmalıdır. Aksi durumda, kısa dönemde kârda görülen bilançolarının hızlı ve önlenemez bir şekilde zarara dönmesi söz konusu olabilecektir. Etkin güvenilirlik sürecini sağlamak için, uçtan uca tüm süreçlerin bu bakış açısıyla yönetilmesi gereklidir. Kurumsal kültürde güvenilirliğin değerlerle örtüştürülmesi ve sürdürülebilir kılınması da, vizyon içerisinde yer alabilecek önemdedir. Ticari ürünlerde ömür devri yönetimini etkin bir şekilde gerçekleştirebilmek için, bu yazıda belirtilen gereksinimleri göz önünde bulundurarak güvenilirlik yaklaşımlarına yön vermek yararlı olacaktır.

Giriş kısmında da belirtildiği gibi, güvenilirlik analizlerini gerçekleştirebilmek için birkaç disiplinin bir arada çalıştırılması gerekir. Günümüzde bu analizlerin en azından istatistiksel kısmını oldukça hızlı gerçekleştirmeye olanak veren gelişmiş ara yüzleri olan yazılım platformları olsa da işin arkasındaki mühendislikle ilgili ayrıntıları bilmek, kaynakları daha verimli kullanıp doğru noktalara yönlendirmeyi kolaylaştıracaktır.

Garanti süresi boyunca hedeflenenin altında arıza oranını elde edebilmek için gerekli güvenilirlik testlerinin doğru ve yeterli kurgulanması müşteri memnuniyetini sağlamak, niteliksiz üründen kaynaklı maliyetleri en aza indirmek ve kısa sürede daha nitelikli ürünleri tasarlayıp üretebilmek için son derece önemlidir.

KAYNAKÇA

1. **Kapur, K. C. ve Pecht, M.** 2014. "Reliability Engineering", Microelectronic Engineering, John Wiley & Sons.
2. European Standard, BS EN 45552:2020, "General method for the assessment of the durability of energy-related products", 2020-03-18.
3. **Sünetci, Ö.** 2019. "Combining Accelerated Life Testing with Reliability Growth Analysis to Optimize Approval Process", Applied Reliability and Durability Conference, Germany.