

# Verimlilik Gözetiminde Rüzgâr Türbinleri İçin Bakım Stratejilerinin Geliştirilmesi

Okçuhan ÖZÜARİ  
Hatko Electronics A.Ş

Prof. Dr. Bülent EKER  
Namık Kemal Üniversitesi

## GİRİŞ

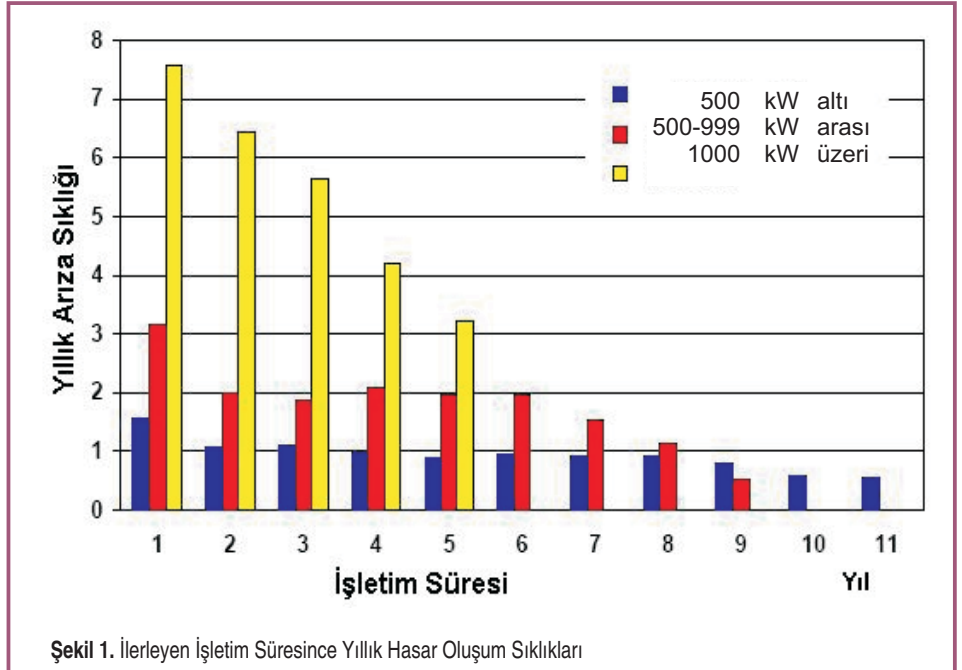
Dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla artan enerji talebini karşılamak için çözüm arayışları içinde rüzgâr enerjisi önemli bir potansiyeli oluşturmaktadır. Bu potansiyelden yararlanmak için kullanılan rüzgâr türbinlerinde gerek kurulum aşamasında gerekse işletme aşamasında birçok faktörün iyi analiz edilmesi sistem verimini artırıcı unsur olarak bilinmektedir. Bilindiği gibi rüzgâr türbinleri mekanik, elektrik ve elektronik aksamdan oluşmaktadır. Bu aksamlar içinde çoğu zaman yanıldığımız düşünce, arızaların mekanik aksamlar üzerinde yoğunlaştığıdır. Oysa Federal Almanya'da yapılan bir çalışmada yaklaşık 1500 adet rüzgâr türbininde oluşan hasar ve arızaların yüzdelik dağılımı dikkate alındığında rüzgâr türbinlerinde oluşan arızaların büyük bir bölümünün sisteme ait elektrik ve elektronik elemanlar üzerinde olduğu saptanmıştır. Sistemin teknik dayanıklılık ve verimliliği göz önüne alındığında rüzgâr türbinlerinin elektrik ve elektronik tüm elemanlarında ivedi optimizasyonların yapılması kaçınılmazdır. Rüzgâr türbinlerine ait mekanik sistem elemanlarının bakım ve onarım faaliyetlerinde ise elektrik

ve elektronik (sensörük) elemanla günümüzde akıllı integrasyonlar sayesinde son derece efektif stratejiler geliştirilebilmektedir.

İşte bu temel düşünce altında hazırlanan yazıda, dünyadaki örnekler göz önüne alınarak rüzgâr türbinlerinde verimlilik bazlı bakım stratejilerinin nasıl geliştirileceği açıklanacaktır. Böylece, yeni oluşum içinde olan ve ülkemizde birçok yörede çoğu dışarıdan ithalat yoluyla getirilerek kurulan rüzgâr türbinlerinden daha yüksek verim alabilmenin bakım

stratejilerine dayandırılarak mümkün olabileceği tezi vurgulanacaktır.

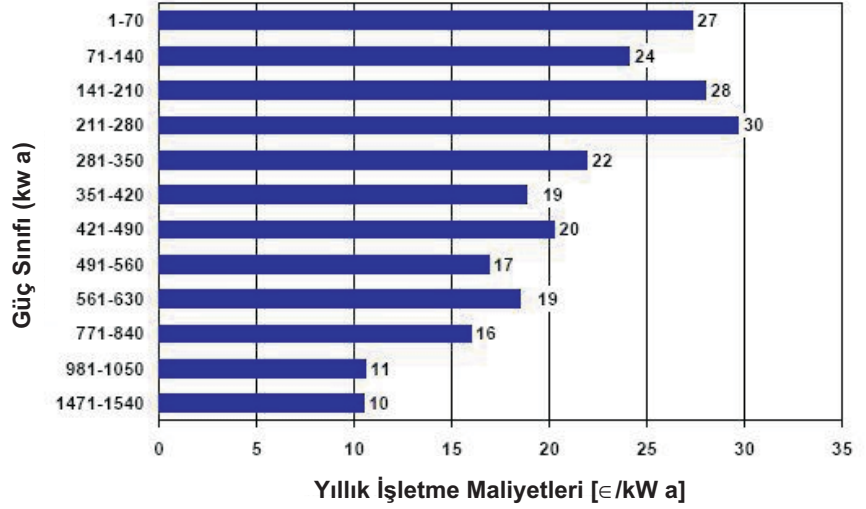
Rüzgâr türbinlerinin verimliliği ve işletim maliyetlerinin minimum yanılma ile tahmini, tesisin devreye alınmasından ancak birkaç yıl sonra mümkün olabilmektedir. Örneğin açık denizlerde konuşlandırılmış ve ulaşımı zor, hatta sadece sınırlı şartlarda mümkün olabilen rüzgâr türbinleri için hedeflenmiş bakım plan ve onarım faaliyetleri, söz konusu tesislerin kârlı işletimleri ve işletim maliyetlerinin düşürülmesi açısından büyük önem



Şekil 1. İlerleyen İşletim Süresince Yıllık Hasar Oluşum Sıklıkları

İhtiva etmektedir. Federal Almanya'da kurulu rüzgâr türbinlerinin işletim ömürleri, tesisi geliştiren uzman mühendislerce ortalama 20 yıl olarak öngörülmektedir. Maalesef söz konusu tesislerde uzun süreler içerisinde elde edilmesi gereken işletim deneyim ve verilerinin günümüzde henüz bilimsel düzeyde yeterli olmaması, rüzgâr türbinlerinin işletim ömürleri hakkında çoğu zaman gerçek tahminlerin yapılmasını zorlaştırmaktadır.

Şekil 1, Rüzgâr türbinlerinde oluşan hasar ve arıza sıklıklarının işletim süreleri ile olan ilişkisini göstermektedir. Diyagramdan da anlaşılacağı üzere, hasar oluşum sıklıkları ile işletim süreleri arasında ters bir orantı gözlemlenmektedir. Bu durum üç farklı güç sınıfına ait tüm rüzgâr türbinlerinde geçerli olmakla birlikte, 1000 kW üzerinde güç üreten söz konusu tesislerde hasar sıklıklarının ve onarım faaliyetlerinin diğer güç sınıflarına oranla daha fazla olduğu tespit edilmektedir. Aynı diyagrama göre ikinci işletim yılından itibaren 1000 kW altı güç sınıfına ait rüzgâr türbinlerinde, işletim ömürleri süresince neredeyse değişmeyen, yılda bir ya da iki kez tekrarlanan arıza sıklıkları gözlemlenmektedir. Buna karşılık Megawatt sınıfındaki büyük tesislerde ise oluşan arıza ve hasar sıklıklarının fazlalığı dikkati çekmekte ve ilk beş yıl içinde ortalama üç arıza kaydı tespit edilmektedir. İlerleyen işletim sürelerine bağımlı olarak bu oranların hızla azaldığı gözlenmektedir. Rüzgâr türbinleri ile enerji üretiminde oluşan maliyetlerin büyük bir kısmını gerekli yatırımlar oluşturmaktadır. Diğer bir deyimle, ortalama 20 yıl işletim süresi öngörülen bu tesislerde oluşan tüm maliyetlerin 1/3'lük oranı işletim maliyetlerine aittir. Beklentilere uygun olarak 1.000 kW üzeri güç sınıfına ait rüzgâr türbinlerinin işletim maliyetleri alt güç grubuna ait tesislere göre çok daha düşüktür. Şekil 2'de rüzgâr türbinlerinin ait oldukları güç



Şekil 2.1993 Yılı İtibarıyla İki Yaş Üzerindeki Rüzgâr Türbinlerinin Güç Sınıflarına Göre Yıllık İşletim Maliyetleri

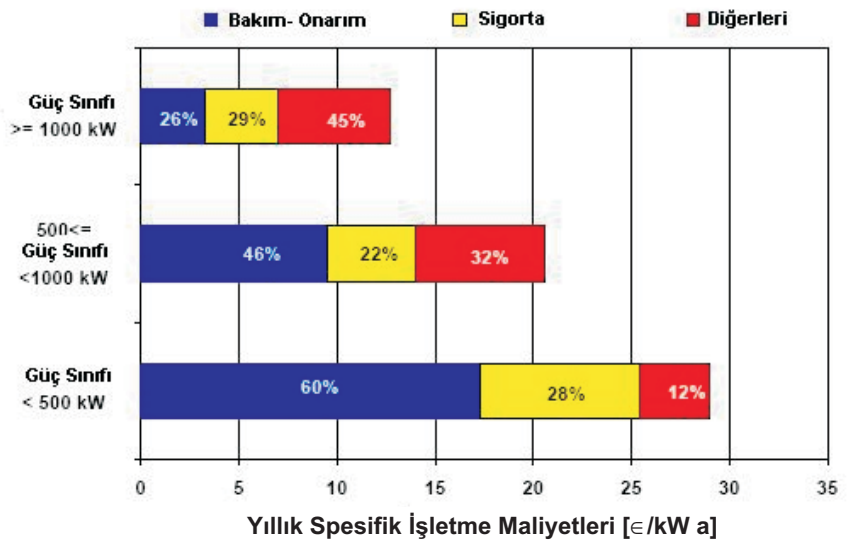
sınıflarına göre yıllık işletim maliyetlerinin değişimi gösterilmektedir. Özellikle bakım ve onarım maliyetlerinde, tesisin ait olduğu güç sınıfına bağımlı olarak bariz değişimler tespit edilmektedir.

### GÜÇ SINIFLARINA BAĞLI OLARAK MALİYET DAĞILIMI

Güç üretimleri baz alınarak üç sınıfta incelenen rüzgâr türbinlerindeki “bakım

ve onarım” (bakım kontratları, hasar giderme ve onarım maliyetleri), “sigorta” (zorunlu sigortalar, tesis kaza ve hasar sigortaları ve diğer sigortalar) ve diğerleri (kontratlar arsa ve inşaat sigortaları vb.) olmak üzere 1993 yılı itibarıyla işletim maliyetlerinin dağılımını Şekil 3'teki diyagram göstermektedir.

Özellikle 5 MW ve üstünde güç üretebilen, rotor çapları 100 metre



Şekil 3. 1993 Yılı İtibarıyla İki Yaş ve Üzeri Rüzgâr Türbinlerinde Güç Sınıflarına Göre İşletme Maliyetlerinin Dağılımı

üzerindeki modern rüzgâr türbinleri yüksek şiddette dinamik yüklere maruz kalmaktadır. Söz konusu bu yükler öncelikle güç iletiminde görevli sistem elemanlarını etkilemekte, böylelikle yatakla ve dişli arızalarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Rüzgâr gücünün değişimine göre ortalama bir verimlilikte çalışan bir rüzgâr türbini için bir günlük duruş maliyeti sadece enerji kazanımı dikkate alındığında 4000 euro üzerindedir. Bu nedenle rüzgâr türbinlerindeki arızaların erken evrede tanı ve teşhisi, takip edebilecek arızaların ve plansız duruşların önlenmesi, ancak bilimsel bakım stratejilerinin geliştirilmesiyle sağlanabilecektir.

## BAKIM STRATEJİLERİ

Rüzgâr türbinlerinde duruşa neden olan ana arıza ve bunu takip eden arızaların mümkün olduğunca erken önlenmesi için üretici firmalar tarafından bakım işletme kılavuzları oluşturulmakta, böylelikle sistem elemanlarının kontrolü ve gerektiğinde aşınan parçaların ve özellikle riskli sistem elemanlarının belirli intervallerde değişimleri talimatlandırılmıştır. Söz konusu kontrol önlemleri genel olarak:

- Frenleme fonksiyonları ve fren balatalarındaki aşınma
- Bağlantı elemanlarının kontrolü
- Açık dişlilerin yağlanması
- Dişli yağ seviyesi ve aşınma
- Filtre değişimleri
- Korozyon koruma kontrolleri
- Sistemin genel görsel kontrolüdür.

Söz konusu bu kontrol faaliyetleri, türbin üreticisi firmalar tarafından üstlenildiği gibi üretici firmadan bağımsız ve sadece bakım faaliyetinden sorumlu firmalar tarafından da sağlanabilmektedir. Tesis dizaynına bağımlı olarak riskli sistem elemanlarının daha sık

kontrol edilmesi, tabii olarak farklı kontrol intervallerini ortaya çıkarmaktadır. Örneğin;

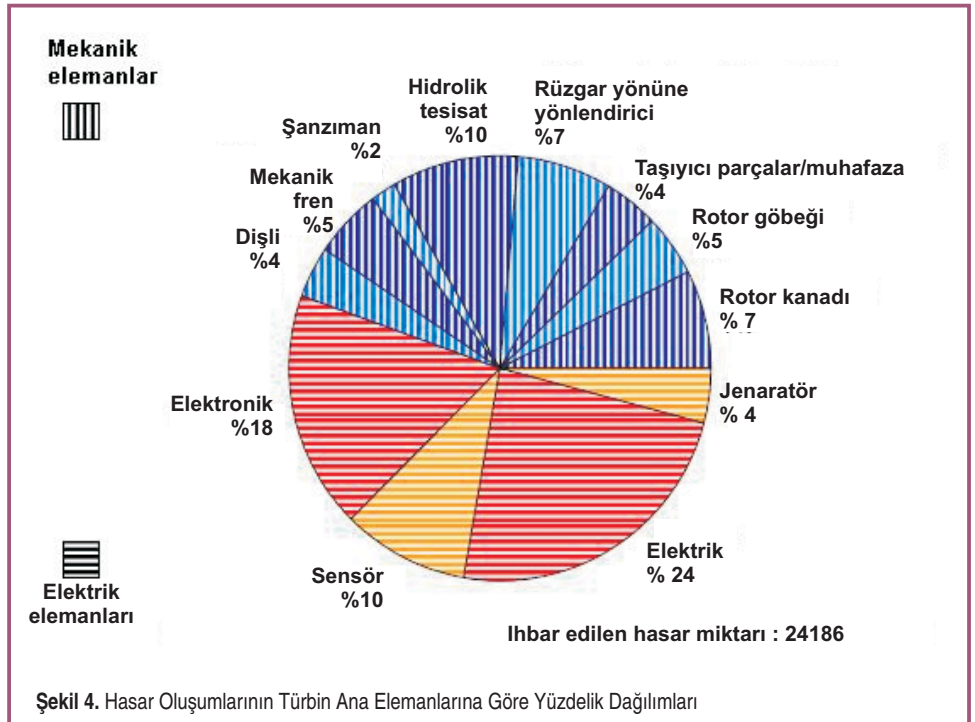
- Bakım A : x işletim saatinden sonra
- Bakım B : 6 aylık
- Bakım C : yıllık
- Bakım D : her iki yılda bir
- Bakım E : her beş yılda bir

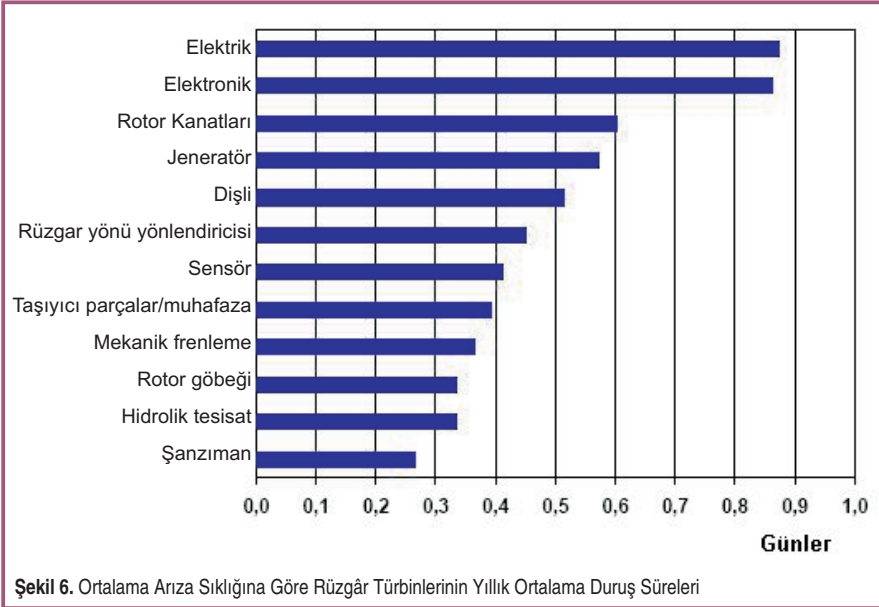
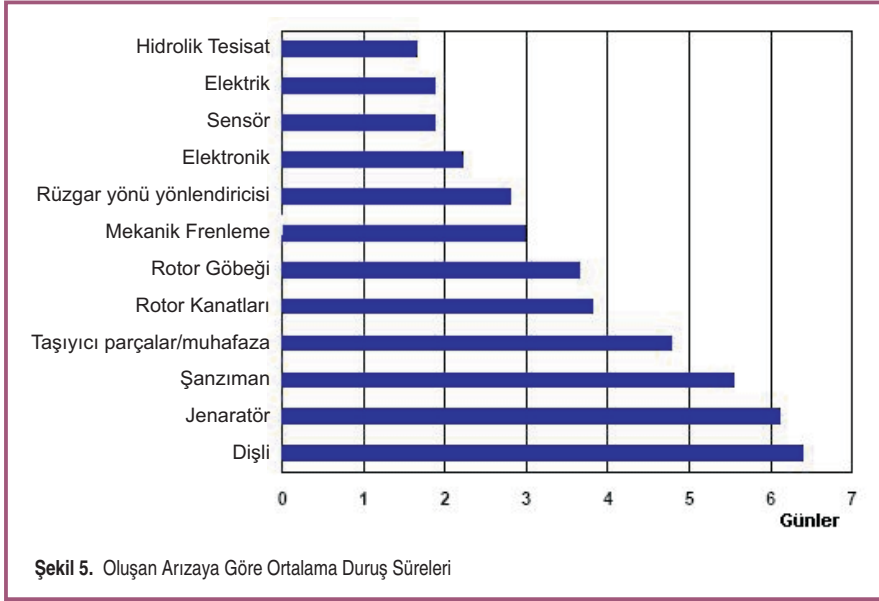
Rüzgâr türbinlerinde sarf edilen tüm çabalara rağmen işletim süreleri içerisinde fark edilemeyen ya da oluşturulan FMEA çıktılarında kayıt altına henüz alınmamış arıza veya teknik problemler sonucu farklı boyutlarda beklenmeyen hasarlar oluşabilmektedir (Şekil 4). Söz konusu oluşabilecek bu arıza ve duruşların asgari seviyede tutulabilmesi için özellikle servis-team reaksiyon süreleri ve iyi bir yedek parça tedarik stratejisi çok büyük önem taşımaktadır.

Federal Almanya'da yapılan bir çalışmada yaklaşık 1500 adet rüzgâr türbininde oluşan hasar ve arızaların yüzdeleri Şekil 4 göstermekte ve bu hasarlar sonucu oluşan ortalama duruş süreleri Şekil 5'teki diyagramı oluşturmaktadır [3]. Bu dağılıma göre rüzgâr türbinlerinde

oluşan arızaların büyük bir bölümünü sisteme ait elektrik ve elektronik elemanlar oluşturmaktadır. Şekil 6'da gösterildiği gibi söz konusu bu elemanlar, mekanik elemanlara oranla daha fazla hasar ve arızalara neden olmaktadır; ancak oluşan arızaların giderilmesi ve sistemin tekrar devreye alınması bir ile iki gün gibi oldukça kısa sürelerde gerçekleştirilebilmektedir.

Söz konusu veriler incelendiğinde gerekli bakım stratejilerinin geliştirilmesi ve bu stratejilerde oluşacak bakım ve onarım maliyetlerinin özellikle dikkate alınması gerekmektedir. Sistemin teknik dayanıklılık ve verimliliği göz önüne alındığında rüzgâr türbinlerinin elektrik ve elektronik tüm elemanlarında ivedi optimizasyonların yapılması kaçınılmazdır. Daha önce belirtildiği üzere erişimi zor; örneğin off- shore uygulamalarda da söz konusu duruşlar büyük finansal götürülere neden olabilmektedir (Şekil 6). Bu amaç doğrultusunda bir otomasyon sistemine bağlı Condition Monitoring Sistemleri ile rüzgâr türbinlerinde arızalara neden olabilecek tehditler hakkında düzenli olarak bilgi akışı sağlanabilmekte;





üretilen akıllı stratejiler sayesinde kabul edilebilir maliyetlerde bakım faaliyetleri planlanabilmektedir.

Rüzgâr türbinlerine ait mekanik sistem elemanlarının bakım ve onarım faaliyetlerinde, elektrik ve elektronik (sensörük) elemanla günümüzde akıllı entegrasyonlar sayesinde son derece efektif stratejiler geliştirilebilmektedir. Otomasyon CM sistem entegrasyonunda hedeflenen, verimlilik odaklı ve öngörülü bakımdır. Burada tesise ait durum tespiti, ölçüm verileri analizi için önemli rol oynamaktadır. Condition

monitoring sistemlerinde prensip, örneğin sistemde mevcut dişli hareketlerinde ve yataklamalarda ses titreşimlerinin kaydedilmesi ve değerlendirilmesidir. Sistemin bu tür mekanik aksamalarında, tanımlanan bölgelere yerleştirilen ivme sensörleri ile elde edilen ölçümler sinyal analizlerine dönüştürülmekte ve sistem için tanımlanan ve olması gereken değerler ile mukayese edilmektedir. Rüzgâr türbinine ait bu veriler otomasyon sistemine implimante edilmiş bir MMS-Server sayesinde toplanmakta ve IEC 61850

ile tanımlanan enerji tesislerinde uzaktan etkili protokol ile CM sistemine servis edilebilmektedir.

Tesise ait veriler yardımıyla elde edilen bu sinyaller filtre edilebilmekte, mevcut olan sapma ve değerler böylelikle otomatik olarak tespit edilip, arıza önleyici ve planlı bakım hizmetleri için on-line sinyal ya da sinyaller düzenli olarak elde edilebilmektedir. Söz konusu tüm veriler sistemde hafızaya alınabilmekte ve ihtiyaç dahilinde her an tekrar çağrılabilir. Böylelikle her bir tesise ait tüm veriler ayrı ayrı incelenebilirken, gerek üretici firma gerekse işletmeci her an tesisi verimlilik ve maliyet açısından değerlendirme şansına sahip olabilmektedir. Bu şekilde tesise ait spesifik bir know-how geliştirilmiş olunacak ve bu know-how sayesinde sistem optimizasyonu ve aynı zamanda optimal ve kalıcı bakım stratejilerine önemli katkı sağlanmış olunacaktır.

## SONUÇ

Rüzgâr türbini tesislerinde bakım stratejileri mutlaka verimlilik dikkate alınarak oluşturulmalıdır. Bunun için de bu tesislerin çalışma koşulları, tesisi oluşturan elemanların bir bütünlük içinde düşünülmesi gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

1. **Durstewitz, M. et al:** "Windenergie Report Deutschland 2005", ISET, Kassel, 2005
2. **Hahn, B. et al:** "Reliability of Wind Turbines", in Tagungsband Euromech Colloquium 464b "Wind Energy", Oldenburg, 2005
3. **Hahn, B.:** "Reliability Assessment of Wind Turbines in Germany", in Tagungsband EWEC 1999, Nice, 1999
4. **Hentzschel, J.; Jung, H.:** "Die Integration von Felddatenerfassung und Zuverlässigkeitsmanagement im Produktentstehungsprozess und Kundenservice", in VDI-Berichte 1713, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2002
5. **Hentzschel, J.:** "RAMS-Analysen mit zensierten Stichproben", in Dresdner Schriften zur mathematischen Stochastik, 4/2001