

TÜRKİYE'DE İLERİ YAŞ ÖLÜMLÜLÜK MODELLEMESİ

OLD AGE MORTALITY MODELLING IN TÜRKİYE

İREMSU MENEKŞE*
MURAT BÜYÜKYAZICI**

ÖZET

Beklenen yaşam sürelerinin artması ve doğurganlık hızının azalması, dünya genelinde yaşlı nüfus oranının giderek artmasına sebep olmaktadır. Bu durum sosyal güvenlik sistemleri, sigortacılık sektörü ve ekonomik politikalar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'de ileri yaş ölümlülüğü için Gompertz, Makeham-Gompertz, Perks, Weibull, Beard ve Kannisto ölümlülük modelleri karşılaştırılmış ve en uygun model tespit edilmiştir. 80-98 yaş aralığındaki ölüm hızları pürüzsüzleştirilmiş (smoothing) ve 99-120 yaşları için uzatma işlemleri yapılarak 2009-2022 yıllarını kapsayan ileri yaş hayat tabloları oluşturulmuştur. En uygun modelin Kannisto olduğu belirlenmiş ve elde edilen ölüm hızları Lee-Carter yöntemi yardımıyla 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 ve 2050 yılları için tahmin edilmiştir. Sonuçlar ilerleyen yıllarda ileri yaşlarda ölüm hızlarındaki artışın azalacağına ve bununla birlikte beklenen yaşam sürelerinde artış trendi olacağına işaret etmektedir. Toplumdaki ileri yaş nüfusunun artması ekonomik ve sosyal politikalarda düzenlemeler gerektirmektedir. Bu nedenle ileri yaş nüfusunun incelenmesi ve modellenmesi önem arz etmektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Ölümlülük Modelleri, Kannisto Modeli, Hayat Tabloları, Lee Carter Yöntemi, Beklenen Yaşam Süresi

* Hacettepe Üniversitesi, Fen Enstitüsü, Aktüerya Bilimleri, iremsumenekse@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0009-0007-0184-0473, H.Ü. Fen Fakültesi, Aktüerya Bilimleri Bölümü, 06800 Beytepe/ANKARA

** Hacettepe Üniversitesi, Fen Enstitüsü, Aktüerya Bilimleri, muratby@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8622-4659

Makale Gönderim Tarihi / Received on: 02/11/2025.

Makale Kabul Tarihi / Accepted on: 19/12/2025.

ABSTRACT

Increasing life expectancy and decreasing fertility rates are leading to a gradual increase in the proportion of elderly people worldwide, which has significant implications for social security systems, the insurance sector, and economic policies. This study compared the Gompertz, Makeham-Gompertz, Perks, Weibull, Beard, and Kannisto mortality models for elderly mortality in Türkiye, and determined the most suitable model. Death rates for the 80-98 age group were smoothed, and life tables were created for the years 2009-2022 by extending the model for those aged 99-120. After determining that Kannisto was the most suitable model, the resulting death rates were projected for the years 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, and 2050 using the Lee-Carter method. The findings indicate that mortality rates will decrease in older age groups in the coming years, and a corresponding upward trend in life expectancy will occur. The increasing number of older adults in society requires adjustments to economic and social policies. Therefore, examining and modeling the older adult population is crucial.

KEYWORDS: Mortality Models, Kannisto Models, Life Tables, Lee Carter Method, Life Expectancy

GİRİŞ

Son yüzyılda tıp ve sağlık sistemindeki gelişmeler, insanların yaşam tarzlarındaki değişiklikler, ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre temel ihtiyaçlara daha kolay erişilebilmesi ve sosyal güvenlik sistemlerindeki gelişmeler sayesinde insanların doğuştan beklenen yaşam süreleri uzamaktadır. Dünya genelinde 1950 yılında doğuştan beklenen yaşam süresi 46,5 iken 2021 yılında 71 yıla yükselmiştir (Dattani ve diğerleri, 2023). Türkiye’de ise 1950 yılında 47,7 olan doğuştan beklenen yaşam süresi 2020-2022 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) hayat tabloları sonuçlarına göre 77,5 yıla yükselmiştir (Tüik, 2023).

Toplam doğurganlık hızı, belirli bir nüfustaki bir kadının çocuk sahibi olabildiği dönemler boyunca dünyaya getirebileceği ortalama çocuk sayısını ifade etmektedir. Kadınların çalışma hayatına daha fazla katılım göstermeye başlaması, eğitim düzeylerinin artması, ilk evlenme yaşlarının yükselmesi toplam doğurganlık hızının düşmesine neden olan faktörlerden bazılarıdır (Coşan, 2022). Aynı zamanda doğurganlık hızının düşmesine 1950-65 yılları arasında dünya genelinde olan doğum kontrolüne yönelik çalışmalar da etkili olmuştur (Saydam ve Aktel, 2019). Dünya genelinde 1960 yılında toplam doğurganlık hızı 4,7 çocuk iken 2021 yılında 2,3 çocuk olarak gerçekleşmiştir (The World Bank, 2024). Türkiye’de ise 1963 yılında 6,3 olan toplam doğurganlık hızı 2023 yılında 1,51’e, 2024 yılında ise 1,48 çocuğa kadar gerilemiştir. Bu durum Türkiye’deki toplam doğurganlık hızının nüfusun yenilenme düzeyi

2,1'in altında kaldığını göstermektedir (Tüik, 2025). Doğurganlık hızının mevcut nüfusu korumak ve yenilemek için gerekli olan nüfus yenileme düzeyi 2,1'in altına düşmesi, nüfusun kendini yenileyemeyeceğini ve uzun vadede azalmaya başlayacağını göstermektedir. Bu durum genç nüfusun da zamanla azalmaya başlayacağı anlamına gelmektedir.

Beklenen yaşam süresinin artması ve doğurganlık hızının azalması dünya genelinde yaşlı nüfus oranının gün geçtikçe artmasına sebep olmaktadır. Türkiye'de 65 yaş ve daha yukarı yaştaki nüfus 2017 yılında 6 milyon 895 bin 385 iken son beş yılda %22,6 artarak 2022 yılında 8 milyon 451 bin 669 kişi olmuştur. 2024 yılında %10,6 olan yaşlı nüfus oranının nüfus projeksiyonlarına göre 2030 yılında %13,5, 2040 yılında %17,9, 2060 yılında %27, 2080 yılında %33,4, 2100 yılında ise %33,6 olacağı öngörülmektedir (Tüik, 2025). Toplumda yaşlı nüfusun artması sosyal güvenlik sistemini, üretimi, emeklilik ve hayat sigortası şirketlerini olumsuz yönde etkilemektedir (Yıldırım ve Sucu, 2013). Aynı zamanda nüfusun yaşlanması ile birlikte aktif/pasif sigortalı dengesinin bozulması ve bireylerin daha uzun süre emekli aylığı alması sosyal güvenlik finansmanı için çalışan kişilere daha fazla yük binmesine neden olmaktadır (Erol, 2012). Bu negatif etkilerin yaşlı nüfusun giderek artmasıyla birlikte daha da belirginleşeceği tahmin edilmektedir.

Ölümlülük modellemesi yaşa ve zamana göre ölüm desenlerini tahmin etmeyi amaçlar. Ölümlülük modellerinin ölüm desenlerini doğru şekilde yansıtmaları ileriye yönelik mantıklı tahminlerin yapılabilmesi açısından da önemlidir. Bu doğrultuda çalışmada; elde edilen bulguların güvenilirliğini ve tutarlılığını artırmak amacıyla, literatürde kabul görmüş temel referans kaynaklardan biri olan Human Mortality Database (HMD) protokollerinden metodolojik bir dayanak olarak yararlanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye ileri yaş anlık ölüm hızları için Gompertz, Makeham Gompertz, Perks, Weibull, Beard ve Kannisto ölümlülük modellerinden en kullanışlı olan modeli belirlemek ve seçilen model ile ileriye yönelik tahminlerde bulunmaktır. Seçilen model ile 80-98 yaş arası olan ölüm hızları pürüzsüzleştirilecek (smoothing), 98-120 yaşlar için ölüm hızları ise tahmin edilecek ve tahmin edilen ölüm hızları ile 80-120 yaş için 2009-2022 yılları arası her yıl için ileri yaş hayat tablosu oluşturulacaktır. Oluşturulan hayat tablolarındaki beklenen yaşam süreleri TÜİK hayat tablolarındaki beklenen yaşam süresi değerleriyle karşılaştırılacaktır. Ayrıca Lee Carter yöntemi ile 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 ve 2050 yılları için 80-98 yaşlar arası ölüm hızları tahmin edilecektir. Tahmin edilen ölüm hızları 80-98 yaş arası düzeltililecek ve 120 yaşına kadar uzatılacaktır. Tahmin edilen ölüm hızlarıyla yapılan hayat tabloları ile 80-120 yaş beklenen yaşam süreleri hesaplanacaktır. Bu tür çalışmalar sigorta ve emeklilik şirketlerinin, sosyal güvenlik, sosyal hizmetler, sağlık ve ekonomi politikalarının ileriye yönelik planlamalarına yardımcı olacaktır.

LİTERATÜR

Ölümlülük modellemesi yaşa ve zamana göre ölüm desenlerini yaklaşık olarak tahmin etmeyi amaçlar. Ölüm desenlerinin matematiksel modellerle tanımlanması demografideki en eski ve önemli konulardan biridir. Bu amaca yönelik tarihte pek çok girişim olmuştur (Gavrilov ve Gavrilova, 2011).

İlk olarak Gompertz, anlık ölüm hızının yaşla birlikte üstel olarak arttığını öne sürmüştür (Gompertz, 1825). Makeham, genç yaştaki ölümleri daha iyi modelleyebilmek için Gompertz'in denklemine bir parametre daha eklemiştir ve yeni bir anlık ölüm hızı fonksiyonu oluşturmuştur (Makeham, 1860). Veri kalitesindeki artış ile zamanla ileri yaş anlık ölüm hızlarının artışında düşüş meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu yavaşlamayı ilk olarak Gompertz'in kendisi de olmak üzere o dönemde bu konu üzerinde çalışan aktüerler fark etmiştir (Gavrilov ve Gavrilova, 2011). 1939 yılında ise iki İngiliz araştırmacı Greenwood ve Irwin, anlık ölüm hızının ileri yaşlarda yaşla birlikte artmayı bırakıp sabit hale geldiğini gösteren bir makale yayımlamışlardır (Greenwood, 1939). Başka biyolojik türler için yapılan çalışmalarda gözlemlenen anlık ölüm hızının artışıdaki yavaşlamanın sadece insanlara özgü olmadığı tespit edilmiştir (Carey, Liedo, Orozco ve Vapuel, 1992). Ardından Perks, deneysel olarak incelediği yaşam tablosundaki anlık ölüm hızlarının zamanla artış hızının azaldığı eğrilere benzediğini keşfetmiş ve kendi fonksiyonunu oluşturmuştur (Perks, 1932). Perks'in meslektaşı olan Beard, Perks'in keşfettiği fonksiyonun lojistik bir fonksiyon olduğunu tanımlamıştır ve bunun heterojen bir popülasyonun basit bir modelinde nasıl ortaya çıkabileceğini göstermiştir (Beard, 1959). Weibull teknik sistemlerin aşınma ve yıpranma nedeniyle bozulmasını temsil etmek için bir model önermiştir (Weibull, 1951). Kannisto, yüksek yaşlara ilişkin modern ölüm verilerinin, lojistik modelin en basit formlarından birine çok yakın olduğunu fark etmiştir (Kannisto, 1994). Kannisto modeli, yaşlılık ölüm desenlerini tahmin etmek için en yaygın kullanılan parametrik modellerden biridir.

Çekya'da 60 yaş üzeri nüfustaki ölümlülük deseninin Kannisto ve Weibull modellerinden hangisine daha uygun olduğunun belirlenebilmesi için yapılan çalışmada 2015-2018 Eurostat Çek Cumhuriyeti ölüm verileri kullanılmıştır. Model seçimi için ağırlıklı kare sapmalar toplamı ve düzeltilmiş r kare yöntemleri kullanılmıştır. Sonuç olarak Kannisto modelinin daha uygun olduğu belirlenmiştir (Dotlačilová, 2021).

İtalya'da uzun ömürlülüğü tarihsel açıdan incelemek ve modellemek amacıyla 1871-2001 yılları arasındaki nüfus sayımları baz alınarak ileri yaştaki ölümlülük Kannisto ile modellenip, elde edilen değerler cinsiyete ve zamana göre karşılaştırılmıştır (Giulia, 2008).

2005 ve 2010 Japonya hayat tablosundaki veriler kullanılarak 80-110

ileri yaş ölümlülüğü için Gompertz, Makeham, Logistic, Beard ve Kannisto modellerinden hangisinin daha uygun olduğu incelenmiştir. Model seçimi için ortalama karekök sapması, toplam kareler toplamı ve r kare yöntemlerini kullanılmıştır. Sonuç olarak tek bir model seçilememiştir. Logistic, Makeham ve Beard modelleri en uygun modeller olarak belirlenmiştir (Saikia ve Borah, 2014a).

İleri yaş ölüm hızı artışındaki yavaşlamanın genel bir biyolojik olgu olup olmadığının test edilmesi amacıyla laboratuvar farelerinin hayatta kalma ve ölüm verileri incelenmiştir ve ölüm hızlarının Kannisto ve Gompertz modellerinden hangisine daha iyi uyum sağladığını BIC kullanarak araştırılmıştır. Sonuç olarak ileri yaşlardaki farelerin (1 yaş ve üzeri), Gompertz modeline daha iyi uyum sağladığını tespit edilmiştir. Aynı çalışmada 1937-2010 Amerika Sosyal Güvenlik İdaresinden alınan 88-106 yaş ölümlülük verileri ve Human Mortality Database'den alınan Amerika 80-106 yaş aralığındaki ölüm hızları incelenmiştir. Veriler Gompertz ve Kannisto modellerine uydurulup sonuçlar Akaike Bilgi Kriterleri(AIC) ve Bayesyen Bilgi Kriterleri(BIC) ile karşılaştırılmıştır. Tüm incelemelerde Gompertz modelinin verilere daha iyi uyum sağladığı bulunmuştur. Sonuç olarak ileri yaş ölüm hızı artışındaki yavaşlamanın genel bir olgu olmadığı, veri heterojenliğinden ve yaşınn yanlış bildirilmesinden kaynaklı olarak ortaya çıkan bir olgu olduğu savunulmuştur (Gavrilov ve Gavrilova, 2015).

1998 yılında yapılan araştırmada 13 ülke (Avusturya, Danimarka, İngiltere, Finlandiya, Fransa, Batı Almanya, İzlanda, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, İsviçre ve İsveç) için 6 model (Gompertz, Weibull, Helligman ve Pollard, Quadratic, Logistic ve Kannisto) üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Tüm modeller için en çok olabilirlik yöntemi kullanılmıştır ve Standart Hata yöntemiyle parametre tahmini yapılmıştır. Sonuç olarak Logistic, Kannisto ve Quadratic modellerin hepsinin sonuçları gözlemlenen değerlere diğer modellere göre daha yakın çıkmıştır. Hem olabilirlik hem de ki-kare yöntemleri kullanılarak yapılan uyum iyiliği testleri kesin bir sonuç vermemiştir. Ancak diğer modellerle kıyaslanırsa Kannisto modelinin yalnızca iki parametreye sahip olması nedeniyle parametre tahminini kolaylaştırması ve ileri yaş ölüm hızları hakkında mantıklı tahminler vermesi gibi avantajları olduğu görülmektedir. Bu nedenle Kannisto modelinin altı model içinde en iyisi olduğu sonucuna varılmıştır (Thatcher, Kannisto ve Vapuel, 1998).

85 yaş ve üzerindeki ölümlülüğü en iyi açıklayabilecek modelin bulunması için Avustralya, Hong Kong, Kanada, İngiltere, İsrail, Japonya, Yeni Zelanda, Polonya, Singapur ve Birleşik Krallık olmak üzere 10 ülkedeki ölüm verileri üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmada Gompertz, Makeham, Logistic ve Coale Kisker modelleri karşılaştırılmıştır. Bu modeller 10 farklı ülkeye uyarlandıktan sonra ortalama karekök sapması ve artık kareler toplamı ile değerlendirme

yapılmıştır. Sonuç olarak lojistik modelin diğer modellere göre daha uygun olduğu görülmüştür (Saikia ve Borah, 2014b).

İnsan Ölümleri Veri Tabanı (Human Mortality Database, HMD) Projesi, Rostock'taki Demografik Araştırma Enstitüsü, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley Üniversitesi ve Max-Planck Demografik Araştırma Enstitüsündeki araştırmacılar tarafından ortaklaşa geliştirilen bir bilimsel proje olarak kurulmuştur. HMD, gelişmiş ülkelerdeki ölüm verilerine ilişkin en önemli bilimsel veri kaynaklarından biri olup şu an için 41 ülkenin ölüm sayıları, nüfus sayıları, doğum sayıları verilerini içermektedir. İnsan Ölümleri Veri Tabanı anlık ölüm hızlarındaki artışın belirli bir yaştan sonra düşmeye başladığı fikrini benimser ve hesaplamalarında Kannisto Modelini kullanır. HMD veritabanında ölüm ve nüfus sayıları 110+ yaşına kadar uzatılır. Ölüm sayılarının uzatılması için Kannisto yaşam fonksiyonu, nüfus sayılarının uzatılması için ise soyu tükenmiş kohortlar (extinct cohort) ve yaşam oranı (survival ratio) yöntemleri kullanılır. Uzatma işlemi tamamlandıktan sonra hayat tabloları hesaplanır. (Human Mortality Database, t.y.).

Türkiye'de genel nüfus ölümlülüğünün daha doğru tahmin edilebilmesi için 1930-2000 yılları arası Türkiye ölüm sayıları verileri ve demografik yöntemlerle derlenen model hayat tablolarından elde edilen ölüm hızları kullanılarak Lee Carter modeli ile ölüm hızlarını modellemiş ve 2000-2020 yılları için ölümlülük öngörüsünde bulunulmuştur (Yıldırım ve Sucu, 2013).

Türkiye ölümlülüğünün incelenmesi ve kuşak etkisi olup olmadığının araştırılması için ölüm sayıları ve riske maruz kişi sayıları cinsiyet ayrımında modellenmiştir. Karşılaştırma için BIC değerleri, standartlaştırılmış artıklar, yaşlara ve takvim yılına göre tanımlanmış, bazı artık karakteristikleri kullanılmıştır. Sonuç olarak kadın ve erkek ölüm hızlarının modellemesinde takvim yılı ve kuşak etkilerinin önemli olduğu görülmüştür (Kul ve Sucu, 2016).

Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Aktüerya Bilimleri Bölümünün yöneticiliğinde, BNB Danışmanlık Şirketi, Marmara Üniversitesi ve Başkent Üniversitesi uzmanları ile "Türkiye Hayat ve Hayat Annüite Tablolarının Oluşturulması" projesi kapsamında Türkiye nüfus istatistikleri, Sosyal Güvenlik Kurumu ve sigorta şirketlerinin verileri kullanılarak Türkiye Kadın-Erkek Hayat (TRH 2010), Türkiye Kadın-Erkek Sigortalı Hayat (TRSH 2010), Türkiye Kadın-Erkek Hayat Annüite (TRHA 2010) ve Sosyal Güvenlik Kurumu Kadın-Erkek Hayat (SGK 2008) tabloları oluşturulmuştur (Hacettepe Üniversitesi Aktüerya Bölümü, 2010).

Türkiye İstatistik Kurumundan 2010, 2012, 2014, 2016 ve 2018 yılları için alınan yaş grupları ve cinsiyete göre nüfus ve ölümlerin sayısal dağılımı ile ortalama ölüm yaşı verileri kullanılarak Türkiye için nax değerleri

hesaplanmıştır. Ölüm verilerinin kalitesi değerlendirilmiş ve hayati kayıtlardan doğuşta beklenen yaşam süreleri belirlenmiştir. Türkiye’de doğuşta beklenen yaşam sürelerinin 2010-2018 döneminde erkekler için 63,2’den 67,2’ye, kadınlar için ise 68,8’den 73,6’ya yükseldiği tespit edilmiştir (Yayla Enfiyeci ve Koç, 2019).

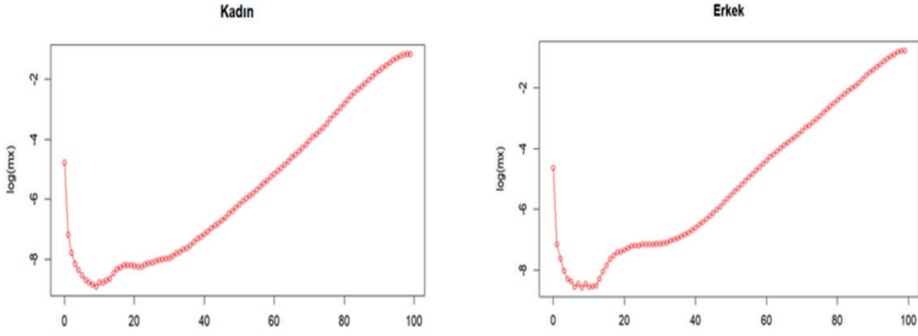
ÖLÜMLÜLÜK MODELLERİ

Ölümlülük modelleri, belirli bir yaş aralığında ölüm riskinin matematiksel bir yapı ile temsil edilmesini amaçlayan istatistiksel modellerdir. Bu modeller, ölüm hızlarının yaşla birlikte nasıl değiştiğini sistematik olarak açıklayarak karmaşık ölümlülük yapısını sade ve parametrik bir formda ifade etmeye imkân tanır. Ölümlülüğün modellenmesi; sigortacılık, sosyal güvenlik, emeklilik sistemi, nüfus projeksiyonları ve ileri yaş demografik analizleri gibi alanlarda geleceğe yönelik daha güvenilir tahminler üretebilmek için kritik bir gerekliliktir. Özellikle ileri yaşlarda ölüm hızlarının doğrudan gözlemlenmesi örneklem küçüklüğü ve veri kıtlığı nedeniyle güçleştiğinde uygun ölümlülük modeli seçimi daha da önemli hale gelmektedir. Bu nedenle ölümlülük modelleri hem mevcut ölümlülük yapısının anlaşılmasında hem de uzun dönemli nüfus ve aktüeryal karar süreçlerinin tasarımında temel analitik araçlardır. Bu modellerin nasıl çalıştığını daha iyi anlayabilmek için, ölüm hızlarının yaşlara göre genel davranışının da kısaca incelenmesi gerekir. Çünkü yaşamın her döneminde ölüm riski aynı değildir ve yaşlara göre önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

Doğum travmaları, prematüre doğumlar, doğumsal anomaliler, kan uyumsuzluğu, kromozom hastalıkları, enfeksiyonlar, yenidoğan tetanosu, sepsis, sinir sistemi, endokrin, beslenme ve metabolizma hastalıkları gibi pek çok nedenden ötürü yenidoğanlarda ölüm hızları yüksek seyretmektedir (Öner ve Çatak, 2024). Yenidoğanlardaki yüksek ölüm hızlarının ardından ölümlülük hızı azalmaya başlar ve 8-14 yaşlarında en düşük noktasına ulaşır. Ergenliğe girilmesiyle birlikte riskli hareketler yapılmaya başlanması, kazara olan ölümlerin artması, çalışma hayatına girilmeye başlanması, anne ölümlerinin başlamasıyla birlikte ölüm hızları tekrar hızlı şekilde artmaya başlar. Bu artışa literatürde genç yetişkin kamburu denilmektedir (Riffe, Nepomuceno ve Basellini, 2020).

Genç yetişkin kamburundan sonra, ergenliğin de bitmesiyle birlikte ölümler ileri yaşlara kadar üstel bir şekilde artma eğilimindedir. İleri yaşlara gelindiğinde ölüm hızlarındaki artışın yavaşlamaya başladığı gözlemlenir. Bu yavaşlamaya literatürde ölümlülük platosu denilmektedir (Riffe, 2020).

Aşağıdaki grafikler TÜİK Türkiye 2020-2022 hayat tablosundaki ölüm hızlarının logaritması alınarak çizdirilmiştir.

Şekil 1: Kadınlar ve Erkeklerde Ölüm Hızındaki Yaşa Bağlı Değişim

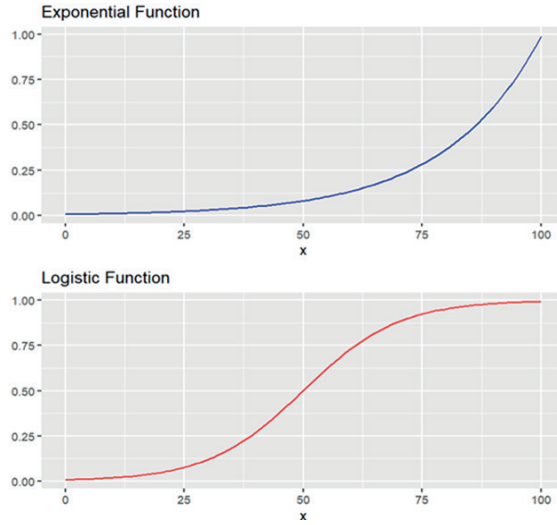
Şekil 1’de yenidoğanlardaki yüksek ölüm hızları, genç yetişkin kamburu kavramları net olarak görülmektedir.

Ölümlülük modellemesi yaşa ve zamana göre ölüm desenlerini tahmin etmeyi amaçlar. Ölümlülük modellerinin ölüm desenlerini ve dinamiklerini doğru şekilde yansıtmaları ileriye yönelik gerçekçi tahminlerin yapılabilmesi açısından önem teşkil etmektedir.

Parametrik ölüm modelleri genellikle ölümlülüğün gücünü tanımlamak için tasarlanmıştır. Bu modellerden, kalan yaşam beklentisi ya da her yaşta hayatta kalanların sayısı gibi fonksiyonlar türetilbilir (De Beer ve Jansen, 2016).

Bir modelde parametreler, verilerin özelliklerini belirleyen ve tahmin edilmesi gereken değişkenlerdir. Parametreler, bir modelin belirli bir veri kümesine en iyi uyumunu sağlamak için kullanılır.

İlk parametrik model olan Gompertz modelinde anlık ölüm hızının yaşla birlikte üstel olarak arttığı düşünülmüş fakat zamanla ileri yaşlarda ölüm hızlarındaki artışta düşüş meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu yavaşlamayı ilk olarak Gompertz’in kendisi ve bu konu üzerinde çalışan aktüerler fark etmiştir. İleri yaşlarda ölüm hızlarının azalmasını da yansıtabilmek için üstel fonksiyonlar yerine lojistik ve güç fonksiyonları kullanılmaya başlanmıştır (Gavrilov ve Gavrilova, 2011). Lojistik fonksiyonlarda ileri yaşlarda ölüm hızlarındaki artış yavaşlamaktadır (Horiuchi ve Wilmoth, 1998). Şekil 2’de görüldüğü gibi üstel fonksiyonlarda ileri yaşlarda ölüm hızının artışı üstel olarak devam ederken lojistik fonksiyonlarda ölüm hızlarındaki artış yavaşlamaktadır. Burada bahsedilen yavaşlama, ölüm hızının azalması değil, ölüm hızındaki artış ivmesinin düşmesidir. Üstel yapı riskin sonsuza kadar katlanarak büyüyeceğini varsayarken, lojistik yapı biyolojik bir üst sınır olduğunu ve hızın bu sınıra yaklaştıkça frenlendiğini ifade eder.

Şekil 2: Üstel ve Lojistik Fonksiyonlar

İleri yaşlarda ölüm hızı artışındaki yavaşlamanın heterojenlik hipotezi ve bireysel risk hipotezi olmak üzere olası iki açıklaması vardır (Khazaeli, Xiu ve Curtsinger, 1995). Heterojenlik hipotezinde zayıf olanların daha genç yaşlarda ölme eğiliminde olduğu, ileri yaşlara kadar hayatta kalabilenlerin daha olumlu sağlık koşullarına sahip olduğu görüşü savunulmaktadır. Bireysel risk hipotezinde ise yaşlılıkta metabolik olayların daha yavaş olması nedeniyle yaşlanma hızının gittikçe yavaşlaması ve yakalanan hastalıkların da gençliğe göre daha yavaş ilerlediği görüşüdür. Bu yavaşlamalar dolayısıyla ölüm hızlarının artış ivmesi yavaşlayacaktır (De Beer ve Jansen, 2016).

Ancak ileri yaşlardaki ölüm hızındaki artışın yavaşlaması hakkında tartışmalar devam etmektedir. Verilerin kalitesizliğinden dolayı ileri yaşta anlık ölüm hızı artışında düşüşün yaşandığını, aslında anlık ölüm hızının artışının üstel olarak devam ettiğini savunan görüşler de mevcuttur (Gavrilov ve Gavrilova, 2017). Ölümlülük modelleri yalnızca ileri yaş ölümlülüğüne ilişkin değerlerin elde edilmesinde değil, aynı zamanda pürüzsüzleştirme için de kullanılabilirler (Wilmoth, Andreev, Jdanov, Glej ve Riffe, 2021).

Bu çalışmada Türkiye’de ileri yaş ölümlülüğünün modellenmesi amacıyla literatürde ileri yaşlarda yaygın olarak kullanılan altı parametrik ölümlülük modeli değerlendirilmiştir. Gompertz, Makeham-Gompertz, Perks, Weibull, Beard ve Kannisto modelleri; yaşa bağlı ölüm riskinin fonksiyonel yapısını farklı varsayımlar altında temsil ederek ileri yaş ölümlülük eğrisinin karakteristiğini yakalamayı hedeflemektedir. Aşağıda her bir modelin temel yapısı ve kuramsal yaklaşımı kısaca açıklanmıştır.

Gompertz Modeli

Literatürdeki parametrik ölümlülük modellemesi geliştirmeye yönelik ilk girişim Gompertz modelidir. Gompertz modelinde yaşla birlikte ölüm hızlarında üstel bir artış olduğu öne sürülmüştür (Gompertz, 1825). Gompertz kendi modeliyle ilgili fizyolojik bir açıklama öne sürmüştür: “Bir insanın ölümden kaçınma gücü, yaşı arttıkça yavaş yavaş tükenir” (Thatcher ve Kannisto, 1998).

$$\mu(x) = ae^{bx}$$

x, yaşı; a ve b, parametreleri göstermektedir.

a parametresi genel ölüm seviyesini ifade ederken b parametresi ölüm riskinin yaşa göre gelişimini göstermektedir. Gompertz, yasasını yaşam tablolarındaki hayatta kalma eğrilerini inceleyerek keşfetmiştir. Bazı araştırmalar Gompertz modelinin 40 yaş altındaki ölüm hızını olduğundan daha düşük, 80 yaş ve üstünü ise daha yüksek tahmin ettiğini göstermiştir (Bongaarts, 2005).

Makeham Gompertz Modeli

Makeham Gompertz modelinde, Gompertz modeline sabit bir c parametresi eklemiştir (Makeham, 1860). Bu sabit yaşa bağlı olmayan tüm nedenlerden ölüm riski olarak açıklanabilir.

$$\mu(x) = c + ae^{bx}$$

x, yaşı; a ve b, parametreleri göstermektedir.

Bu modelde genç yaş ölümlülüğü Gompertz modeline göre daha mantıklı bir şekilde tahmin edilmesine rağmen ileri yaş ölümlülük hızını tanımlamada yetersiz kalmaktadır (Bongaarts, 2005).

Perks Modeli

Perks (1932), incelemekte olduğu yaşam tablosundaki değerlerin zamanla hızın azaldığı bir eğriye uygun olabileceğini deneysel olarak bulmuştur. Bu model İngiltere’de düzenlenen bir hayat tablosunun düzenlenmesi için kullanılmıştır (Kul, 2016).

$$\mu(x) = c + \frac{ae^{bx}}{1 + de^{bx}}$$

x, yaşı; a, b, parametreleri göstermektedir.

Beard Modeli

Nüfus heterojenliği, ilk olarak Beard tarafından önerilmiştir. Nüfusta belirli bir x yaşına ulaşabilen hayatta kalanlar için ortalama ölüm deseninin lojistik forma sahip olacağı fikrini savunmuştur (Saikia ve Borah, 2014a). Beard Modeli, Lojistik modelinin özel bir hali olan ($c=0$) üç parametrelili bir şekilde yazılabilir.

$$\mu(x) = \frac{ae^{bx}}{1 + de^{bx}}$$

x , yaşı; a , b , ve parametreleri göstermektedir.

Kannisto Modeli

İleri yaşlardaki ölümlülük hızına ilişkin modern verilerin lojistik model biçimlerine çok yakın olması dikkate değer bir gerçektir. Bu durum Kannisto tarafından fark edilmiştir. Kannisto modeli ileri yaş ölümlülük modellemesinde sıklıkla kullanılan, ileri yaşlarda daha yavaş bir ölüm hızı artışı öngören lojistik bir fonksiyondur (Kannisto, 1994). HMD’de ileri yaş ölümlülük için Kannisto modeli kullanılmıştır.

Kannisto modeli, lojistik modelinin özel bir hali olan ($c=0$, $d=a$) iki parametrelili bir şekilde yazılmaktadır.

$$\mu(x) = \frac{ae^{bx}}{1 + ae^{bx}}$$

x , yaşı; a ve b , parametreleri göstermektedir.

Kannisto modeli, şu şekilde de yazılabilir:

$$\log it(\mu_x) = \ln(a) + bx$$

Burada, a parametresi genel ölüm seviyesini ifade ederken b parametresi ölüm riskinin yaşa göre gelişimini göstermektedir.

Kannisto modeli tüm yaş aralığındaki verilere uymamaktadır, sadece ileri yaştaki veriler için uygulanabilmektedir.

Diğer lojistik modellerle kıyaslanırsa Kannisto modelinin yalnızca iki parametreye sahip olması, daha kolay uygulanabilmesi ve ileri yaş ölüm hızları tahmininde daha mantıklı tahminler vermesi gibi avantajları olduğu görülmektedir (Thatcher ve Kannisto, 1998).

Weibull Modeli

Weibull modeli, anlık ölüm hızını yaş değişkenine bağlı bir kuvvet fonksiyonu olarak düşünmüştür. Genellikle teknolojik cihazlardaki bozulma zamanını tanımlamak için kullanılır (Weibull, 1951).

$$\mu(x) = a \cdot x^b$$

x, yaşı; a ve b, parametreleri göstermektedir.

VERİ

Bu çalışmada Türkiye tekli yaşlarda, cinsiyet ayrımında 2009-2022 yılları arası 0-100+ yaş nüfus ve ölüm verileri kullanılmıştır. TÜİK internet sitesinde tekli yaşlardaki verilere ölüm sayıları için 98+ yaşa kadar, nüfus sayılarında ise 75+ yaşa kadar ulaşılabilir. Bu nedenle 100+ yaşa kadar tekli yaşlardaki veriler TÜİK'ten özel olarak elde edilmiştir. Aynı zamanda beklenen yaşam sürelerinde karşılaştırma yapmak için 2013-2022 yılları TÜİK hayat tablolarındaki beklenen yaşam süreleri ile TRH 2010 hayat tablolarındaki beklenen yaşam süreleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada 2009 yılından önceki veriler kullanılamamıştır çünkü 2008 yılındaki ölüm sayıları ile 2009 yılındaki ölüm sayıları arasında olağan dışı bir değişim görülmektedir. Bu değişimin sebebi 2009 yılından önce dikkate alınmayan kırsal kesime ait ölüm verisinin artık dikkate alınıyor olması olarak bilinmektedir.

TÜİK tarafından idari kayıtlara dayalı ölüm istatistikleri, Türkiye genelini kapsayacak şekilde 2009 yılında üretilmeye başlamıştır. Bu nedenle analizler 2009 yılı ve sonrasına ait veriler kullanılarak yapılmıştır. 2009 öncesi verilerde kapsam yalnızca il ve ilçe merkezleri ile sınırlı olup, köylerdeki ve kırsal alanlardaki ölümler tam olarak yansıtılamamıştır (TÜİK, t.y.). Bu kapsam eksikliği, zaman serisinde yapısal bir kırılmaya ve veri tutarsızlığına yol açabileceğinden, çalışmanın güvenilirliği adına 2009 öncesi veriler analiz kapsamına dahil edilmemiştir.

Türkiye'de ileri yaşlardaki (80 yaş ve üzeri) kayıtların güvenilirliği konusunda tartışmalar mevcuttur. Türkiye'de Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) ile veri kalitesinde önemli iyileşmeler sağlanmış olsa da geçmiş yıllardaki kayıt sisteminden kaynaklanan yaş abartması veya ölümlerin kayıtlara geç işlenmesi gibi sorunların ileri yaş gruplarındaki veri setinde yanlılığa neden olabileceği göz ardı edilmemelidir (Keskin, Çağatay ve Türkyılmaz, 2024). Bu çalışmada resmi TÜİK verileri baz alınmış olmakla birlikte model sonuçları yorumlanırken ileri yaş gruplarındaki bu potansiyel veri kısıtı dikkate alınmalıdır.

YÖNTEM VE UYGULAMA

TÜİK'ten aldığımız 100+ yaşına kadar olan ölüm ve nüfus verilerinden merkezi ölüm hızları (central death rates) hesaplanacaktır. Merkezi ölüm hızı belirli bir yaş grubundaki ölümlerin yıl ortası nüfusa oranıdır. İlk olarak daha doğru hesaplamalar yapılabilmesi için bilinmeyen yaşlarda gerçekleşen ölüm sayıları tüm bilinen yaşlardaki ölümlere orantılı olarak dağıtılacaktır. Bilinmeyen yaşlarda gerçekleşen ölüm sayıları dağıtıldıktan sonra merkezi ölüm hızları hesaplanacaktır. Merkezi ölüm hızları, belirli yaş ve zamandaki ölüm sayılarının riske maruz değere bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu veriler anlık ölüm hızlarına dönüştürülerek analize dahil edilmiştir. Hesaplanan anlık ölüm hızlarına en uygun olan model AIC ve Hata Kareleri Toplamı (SSE) değerlerine göre karşılaştırılacaktır, parametre tahmini ise en küçük kareler yöntemi ile yapılacaktır. Daha güvenilir bir sonuca ulaşabilmek için model seçim yöntemlerinden iki yöntem uygulanıp değerlendirilecektir. Uygun model bulunduğundan sonra ölüm hızları 80-98 yaş arası pürüzsüzleştirilecek, 98 yaşından 120 yaşına kadar uzatılıp yeni tahminlerimizle 2009-2022 yılları için hayat tablosu oluşturulacaktır. Lee Carter yöntemi yardımıyla 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 ve 2050 yılları için 80-98 yaşlar arası ölüm hızları tahmin edilecektir. Tahmin edilen ölüm hızları Kannisto modeli ile 80-98 yaş arası pürüzsüzleştirilecek ve 120 yaşına kadar uzatılacaktır. Tahmin edilen ölüm hızlarıyla yapılan hayat tabloları ile beklenen yaşam süreleri hesaplanacaktır.

Bilinmeyen Yaşlarda Gerçekleşen Ölüm Sayılarını Dağıtma

Kurumlardan alınan ölüm verilerinde çeşitli nedenlerle yaşı bilinmeyen kişiler bulunmaktadır. Daha doğru hesaplamalar yapılabilmesi için hangi yaşta gerçekleştiği bilinmeyen ölüm sayıları tüm bilinen yaşlardaki ölümlere orantılı olarak dağıtılmaktadır. Bu işlem her sene için aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

$$D^*(x, t) = D(x, t) * \left(\frac{D_{toplam}(t)}{D_{toplam}(t) - D_{bilinmeyen}(t)} \right)$$

$D(x, t)$ = t yılında x yaşında ölen kişi sayısı

Merkezi Ölüm Hızını Hesaplama

Belirli bir zaman dilimi içinde ve belirli bir yaştaki insanların ölüm sıklığı ölçüsü ölüm hızı veya merkezi ölüm hızı olarak adlandırılır (Debon, Montes, De Beer ve Puig, 2008). Merkezi ölüm hızı belirli bir yaşın tamamını temsil eder ve bu nedenle kesikli bir kavramdır. Demografik verileri analiz etmek, bir toplumun sağlık durumunu ve yaşlanma yapısını anlamak için

kullanılan önemli bir göstergedir. Belirli yaş ve zamandaki ölüm sayılarının riske maruz değere bölünmesiyle elde edilir. Riske maruz değerin, yıl ortası nüfusa yakınsadığı varsayılmaktadır.

$$M(x, t) = \frac{D(x, t)}{E(x, t)}$$

$E(x, t)$ = t yılında $[x, x+1]$ yaş aralığında riske maruz değer

Bu çalışmada TÜİK'ten alınan nüfus verilerinden yıl ortası nüfus hesaplanarak her yaş ve her yıl için tahmini riske maruz değerler bulunmuştur. Belirli bir yıl ve belirli bir yaştaki ölüm verileri aynı yaş ve yıl için olan riske maruz değere yani yıl ortası nüfusa bölünerek her yaş ve yıl için ölüm hızları hesaplanmıştır. 2009-2022 seneleri için hesaplanan merkezi ölüm hızları Ek A'da verilmiştir.

Anlık Ölüm Hızı Hesaplama

Anlık ölüm hızı ise belirli bir yaştaki ölümlülüğün anlık etkisi olarak tanımlanabilir (Pascariu ve Torres, 2020). Anlık ölüm hızı literatürde ölümlülüğün gücü (the force of mortality) olarak da bilinmektedir. Merkezi ölüm hızının sürekli olan versiyonu olarak da düşünülebilir. Bir nüfusun ölümlülük yapısını anlamak ve gelecekteki ölümlülük eğilimini tahmin etmek açısından kullanılabilir. Anlık ölüm hızı, literatürde hazard rate olarak adlandırılmakta olup belirli bir zamana kadar hayatta kalmış bireyler için o anda maruz kalınan koşullu ölüm riskini ifade eder. Bu kavram, belirli bir zaman aralığında gerçekleşen toplam ölümlere dayanan ve ortalama bir oran sunan normal ölüm hızından farklıdır. Normal ölüm hızı zamana bağlı değişimleri dikkate almazken, anlık ölüm hızı ölüm riskinin zaman içerisindeki değişimini modelleyebilmektedir. Ölümlülüğün gücü merkezi ölüm hızına yakın seyreder bu yüzden hesaplamalarda aşağıdaki yakınsamayı kullanabiliriz.

$$\mu_{x+0.5} = M_x$$

İleri Yaş Başlangıcı İçin Uygun Yaş Seçimi

Ölüm hızlarının yaşa göre olan değişimi Horiuchi ve Coale tarafından 'nün göreceli türevi olarak tanımlanan $k(x)$ hız parametresi ile ölçülür (Horiuchi ve Coale, 1990).

$$k(x) = \frac{d \ln(\mu_x)}{dx}$$

Bu hesaplama anlık ölüm hızlarındaki değişimi göstermektedir. Fakat pratikte ileri yaşlarda ölüm hızlarındaki dalgalanmadan ötürü bir yaş belirleyebilmek kolay olmamaktadır (Coale ve Kisker, 1990).

Verilere beş yıllık yaş grupları halinde ulaşılabilirse içinde bulunulan yılın ve beş yıl önceki ölüm hızlarının doğal logaritmaları alınıp birbirinden çıkarılır ve bu beş yıla bölünür (Gavrilov ve Gavrilova, 2014).

$$\hat{k}(x) = \frac{\ln(M_x) - \ln(M_{x-5})}{5}$$

Burada M_x ve M_{x-5} ardışık 5 yıllık ölüm hızlarıdır.

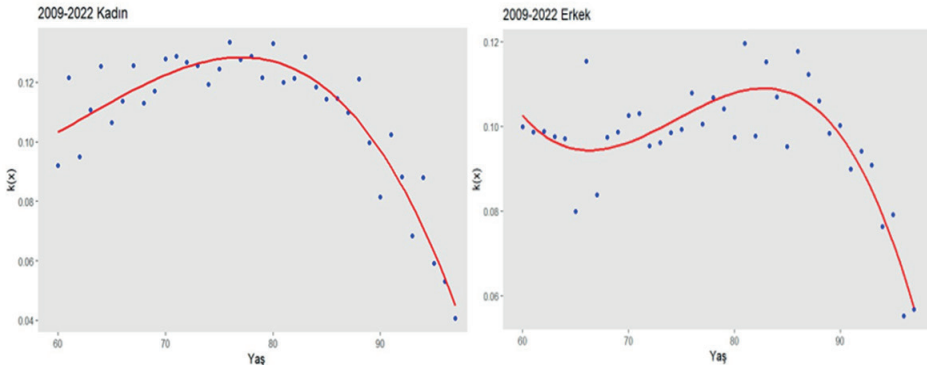
Eğer verilere tekli yaşlar için ulaşılabilirse $k(x)$ hız parametresi şu şekilde tahmin edilmektedir (Gavrilov ve Gavrilova, 2014):

$$\hat{k}(x) = \ln(M_x) - \ln(M_{x-1})$$

İleri yaşta ölüm hızlarının düşmeye başladığı nokta ileri yaşa başlangıç yaşı olarak kabul edilecek ve hesaplamalar bu yaştan başlayarak yapılacaktır.

Çalışmamızda Houriuchi ve Coale'ın ileri yaşlardaki ölüm eğilimini anlamak için geliştirdikleri yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem 2009-2022 Türkiye tekli yaşlarda kadın ve erkek için ayrı olarak merkezi ölüm hızlarına uygulanarak ve elde edilen oranların ortalaması alınarak genel eğilim incelenmiştir.

Şekil 3: Kadın ve Erkeklerde İleri Yaş Ölüm Analizi



Şekil 3'te görüldüğü gibi ortalama olarak 80 yaşlarında ölüm hızındaki artış azalmaya başlamaktadır, ayrıntılı olarak incelendiğinde bu yaşın

kadınlar için 76, erkekler için 81 yaş olduğu görülmektedir. Hayat tabloları 80 yaşından itibaren oluşturmaya başlanacağı için erkeklerde ileri yaş başlangıcı yaşı 80, kadınlar için ise 76 yaş olarak kabul edilmiştir.

Parametre Tahmini

Gerçek veriden elde edilen anlık ölüm hızlarında dalgalanmalar olur. Bu dalgalanmaları giderip pürüzsüzleştirmek ve veride olmayan sonraki yaşlar için uzatma yapmak için anlık ölüm hızları belli modellere uydurulur. Bu çalışmada Gompertz, Makeham-Gompertz, Weibull, Perks, Beard ve Kannisto modelleri için parametre tahminleri en küçük kareler yöntemi ile hesaplanmıştır. En küçük kareler yöntemi, tahmin edilen değerlerle gerçek değerler arasındaki hata karelerinin toplamını minimize ederek parametre tahminini gerçekleştirir.

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2$$

Artık kareler toplamını minimize eden bir denklem olarak formüle edilebilir.

Bu çalışmada parametre tahminleri için R programında bütün modellerin anlık ölüm hızı fonksiyonları tanımlanmış ve R programında “MortalityLaws” paketi ile 2009-2022 yılları için En Küçük Kareler yöntemi ile parametre tahminleri yapılmıştır. 2020-2022 yılları için tahmin edilen parametreler aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir, diğer yıllar için değerler Ek B’de verilmiştir.

Çizelge 1: Kadınlar ve Erkekler 2020-2022 Yılları Modeller İçin Parametre Tahminleri

Kadın	2022				2021				2020			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
Gompertz	0.045542	0.096810			0.050701	0.091326			0.044577	0.092231		
Kannisto	0.037481	0.127050			0.043461	0.119164			0.039224	0.116131		
Makeham Gompertz	0.045565	0.096786	6.52E-09		0.050720	0.091309	2.12E-08		0.044588	0.092211	2.51E-08	
Perks	0.026050	0.173211	0.000139	0.048525	0.019041	0.188484	0.022104	0.039792	0.024797	0.158674	0.011357	0.047505
Beard	0.026164	0.172915	-	0.048657	0.034631	0.152174	-	0.059589	0.033430	0.140622	-	0.056078
Weibull	0.005030	1.387516			0.007016	1.273655			0.006081	1.284032		

Erkek	2022				2021				2020			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
Gompertz	0.094798	0.097768			0.104699	0.091810			0.093641	0.093748		
Kannisto	0.076207	0.152560			0.088922	0.142760			0.082870	0.137338		
Makeham Gompertz	0.094807	0.097765	5.20E-08		0.104737	0.091787	3.81E-06		0.093638	0.093752	4.38E-08	
Perks	0.014612	0.284710	0.079030	0.026081	0.021517	0.251658	0.081732	0.036887	0.080234	0.125657	0.009321	0.059041
Beard	0.069534	0.170459	-	0.082927	0.085514	0.151772	-	0.094917	0.088456	0.118228	-	0.057435
Weibull	0.022735	1.087132			0.029841	0.988237			0.026527	1.000508		

Model Seçim Ölçütleri

Model seçimi ölüm desenlerini ve dinamiklerini doğru şekilde yansıtmayı ileriye yönelik gerçekçi tahminler üretilebilmesi bakımından önemlidir. Birden çok ölçütün birlikte kullanılıp değerlendirilmesi daha güvenilir sonuçlar çıkmasını sağlayacaktır. Bu nedenle bu çalışmada AIC ve SSE birlikte kullanılıp değerlendirilecektir.

Akaike Bilgi Ölçütü (AIC) istatistiksel model seçiminde kullanılan bir ölçüttür. AIC, Hirotugu Akaike tarafından geliştirilmiş ve 1973 yılında yayımlanmıştır (Akaike, 1973). Karşılaştırılan modellerden hangisinin gerçek model ile en iyi uyum sağladığını tespit etmek için kullanılır. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir.

$$AIC = 2K - 2 \ln(L)$$

K modelin parametre sayısını, $\ln(L)$ ise modelin log-olabilirlik fonksiyonunun maksimum değerini gösterir (Gavrilov ve Gavrilova, 2019).

Artık Değerler Toplamı (SSE), Gözlemlenen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki farkın toplamını verir. Model seçiminde ve modellerin karşılaştırılmasında sıklıkla kullanılan bir ölçüttür. Daha düşük artık kareler toplamı daha iyi bir model uyumunu gösterir. SSE'nin sıfıra yaklaşması tahminlerin gerçek değerleri iyi bir şekilde açıkladığını gösterir (Borah ve Mahanta, 2013).

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2$$

x_i gözlemlenen değerleri, $\hat{x}_i$ ise tahmin edilen değerleri göstermektedir.

Çalışmamızda gerçek verilerin, parametrelerini tahmin etmiş olduğumuz Gompertz, Makeham-Gompertz, Perks, Beard, Weibull ve Kannisto modellerinden hangisine daha uygun olduğunu bulabilmek için AIC ve SSE ölçütleri kullanılacaktır. AIC ve SSE ölçütlerinden en küçük değere sahip olan model en iyi model olarak düşünülmektedir. Aşağıdaki çizelgelerde hesaplanan AIC ve SSE değerleri 2020-2022 yılları için kadın ve erkek cinsiyet ayrımında verilmiştir, 2009-2019 yılları için Ek C'de verilmiştir

Çizelge 2: Kadınlar ve Erkekler 2020-2022 Yılları İçin AIC ve SSE Değerleri

Kadın	2022		2021		2020	
Ölçütler	SSE	AIC	SSE	AIC	SSE	AIC
Gompertz	0.008388	-112.806256	0.005230	-123.669935	0.003003	-136.428921
Kannisto	0.004017	-127.743929	0.002122	-142.420373	0.001361	-152.633159
Makeham Gompertz	0.008388	-110.806293	0.005230	-121.669973	0.003003	-134.429075
Perks	0.001604	-146.863154	0.000691	-166.233434	0.000817	-162.384132
Beard	0.001606	-148.821550	0.000853	-163.371717	0.000806	-164.678603
Weibull	0.006317	-119.330340	0.003618	-132.146292	0.001987	-145.935069
Erkek	2022		2021		2020	
Ölçütler	SSE	AIC	SSE	AIC	SSE	AIC
Gompertz	0.013032	-80.490629	0.016637	-75.850868	0.004867	-99.203614
Kannisto	0.005075	-96.409758	0.010920	-81.850181	0.004566	-98.418920
Makeham Gompertz	0.013032	-78.490620	0.016637	-73.850578	0.004867	-97.203603
Perks	0.002606	-107.070682	0.009482	-82.533575	0.004109	-98.422384
Beard	0.004562	-98.433265	0.010788	-82.081971	0.004093	-100.497031
Weibull	0.010593	-84.428309	0.014676	-78.233416	0.004263	-101.720576

Çizelge 2 incelendiğinde tüm yıllar ve cinsiyetler için ayrı ayrı karşılaştırıldığında genel olarak verileri en iyi temsil eden modellerin Kannisto, Beard ve Perks lojistik modelleri olduğu görülmüştür.

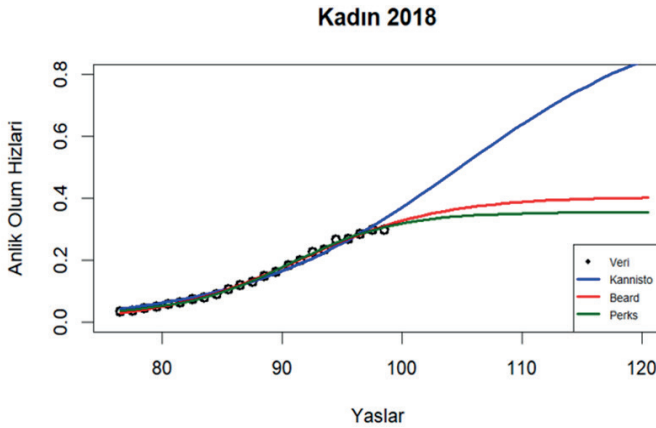
Bu modeller arasında Perks ve Beard modellerinin AIC ve SSE değerlerinden daha iyi sonuçlar aldığı görülmektedir. Fakat bu durum, Perks ve Beard modellerinin ölüm hızı uzatmada Kannisto modelinden daha iyi olacağı anlamına gelmemektedir (Kannisto, 1994). Kannisto modelinin yalnızca iki parametreye sahip olması, uyum sağlamayı kolaylaştırması ve ileri yaş ölüm hızlarını uzatmada diğer modellerden daha mantıklı tahminler vermesi gibi avantajları olduğu için altı modelin içinde en iyisi olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda Human Mortality Database'de ölüm sayılarının 110+ yaşına kadar uzatılması ve ileri yaşlardaki anlık ölüm hızlarının pürüzsüzleştirme işlemlerinde Kannisto modeli kullanılmıştır.

Model seçiminde hata kriterlerinin yanı sıra tahminlerin biyolojik gerçeklerle uyumu da incelenmiştir. Şekil 4'te 2018 yılı için Türkiye'deki 80 yaş ve üzeri kadınların anlık ölüm hızları gösterilmiştir. Bu veriler Perks, Kannisto ve Beard modelleriyle 120 yaşına kadar uzatılmıştır. Perks ve Beard modelleri, Türkiye verisinde 100 yaş sonrası anlık ölüm hızlarını 0,40-0,50 bandında sabitleyerek yatay bir seyir izlemektedir. Ancak Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2024) verilerine göre Türkiye'den (77,6 yıl) daha yüksek yaşam süresine sahip olan Güney Kore (83,2 yıl), İspanya (82,8 yıl) ve Almanya (80,6 yıl) verileri farklı bir tablo sunmaktadır. Human Mortality Database (HMD, t.y.) üzerinden alınan merkezi ölüm hızı verileri, Türkiye anlık ölüm hızı verileriyle kıyaslanabilir olması için anlık ölüm hızına dönüştürülmüştür.

Bu gelişmiş ülkelerde 105 yaş üzeri anlık ölüm hızları 0,60-0,80 aralığında olduğu görülmektedir.

Beklenen yaşam süresinin daha düşük olduğu bir popülasyonda, ileri yaştaki anlık ölüm hızlarının gelişmiş ülkelere düşük çıkması biyolojik akışa aykırıdır. Bu durum, Perks ve Beard modellerinin ileri yaşlardaki ölüm riskini olduğundan düşük tahmin ettiğini ve veriye aşırı uyum sağlayarak gerçekçi olmayan bir düzlük oluşturduğunu kanıtlamaktadır. Buna karşın Kannisto modeli, ileri yaşlarda artan ölüm riskini uluslararası verilerle uyumlu şekilde 0,80 seviyelerine doğru yükselen bir şekilde yansıtmakta olup uzun vadeli projeksiyonlar için demografik açıdan en tutarlı model olarak belirlenmiştir. Analizde yıl olarak pandemi öncesi en son doğal ölümlülük trendini yansıtan 2018 yılı; cinsiyet olarak ise ileri yaşlarda daha geniş bir örneklem sunan kadın verileri tercih edilmiştir.

Şekil 4: 2018 yılı kadınlar 80 yaş ve üzeri anlık ölüm hızları ve model uzatmaları



Çizelge 3: 2018 yılı kadınlar 105 yaş ve üzeri Kore, Almanya ve İspanya anlık ölüm hızları (HMD, t.y.)

Yaş (x)	Almanya Anlık Ölüm Hızı (μ_x)	Kore Anlık Ölüm Hızı (μ_x)	İspanya Anlık Ölüm Hızı (μ_x)
100	0.463250	0.387780	0.396480
101	0.503000	0.423860	0.434770
102	0.542720	0.460760	0.473870
103	0.581890	0.498100	0.513280
104	0.620060	0.535460	0.552530
105	0.656810	0.572420	0.591140
106	0.691770	0.608600	0.628660
107	0.724660	0.643620	0.664680
108	0.755290	0.677170	0.698890
109	0.783540	0.709000	0.731030
110	0.809350	0.738900	0.760910

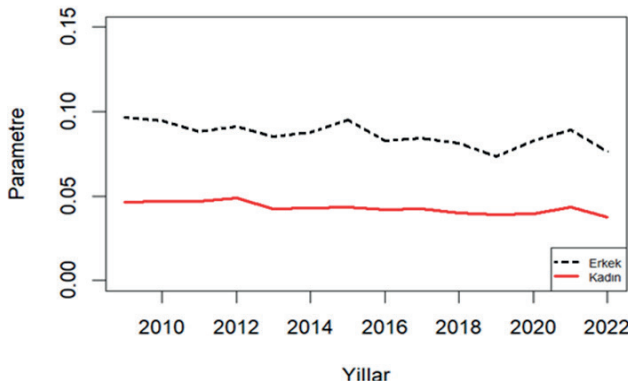
Kannisto modelinde eğrinin kırılma noktasındaki yaşı gösteren parametreye parametresi denmektedir. Bu parametre aynı zamanda ölüm hızının 0,5'e, ölüm olasılığının ise 0,4'e ulaştığı noktayı göstermektedir. $-\ln(a)$ değerinin b parametresine oranı şeklinde hesaplanır (Thatcher, 1999). Kadın ve erkek için yıllar içinde hesaplanan değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Covid döneminde bu değerlerin belirgin şekilde düştüğü gözlenmektedir.

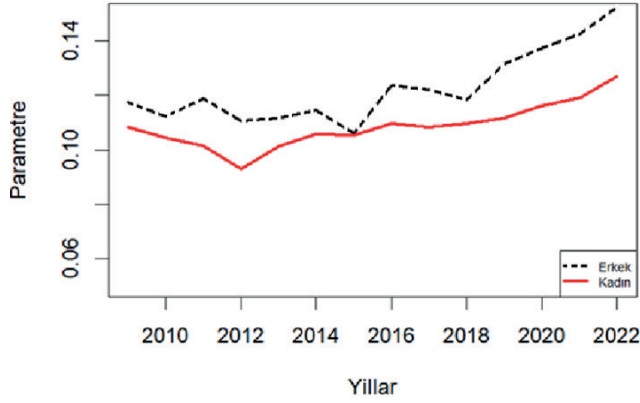
Çizelge 4: Kadın ve Erkek 2009-2022 Yılları İçin Değerleri

Yıl	Kadın	Erkek
2009	104,3996	99,91555
2010	105,3455	101,0253
2011	106,2093	100,4047
2012	108,5192	101,6369
2013	107,1823	102,0343
2014	105,8141	101,2803
2015	105,7859	102,1672
2016	104,8755	100,1695
2017	105,1962	100,2670
2018	105,3526	101,1546
2019	105,0939	99,82965
2020	103,8862	98,13401
2021	102,3158	96,95154
2022	101,8476	96,87402

Kannisto modeli için en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmiş a ve b parametrelerinin yıllar içindeki değerleri cinsiyet ayrımında Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.

Şekil 5: Yıllar İçerisindeki a Parametresi Değişimi

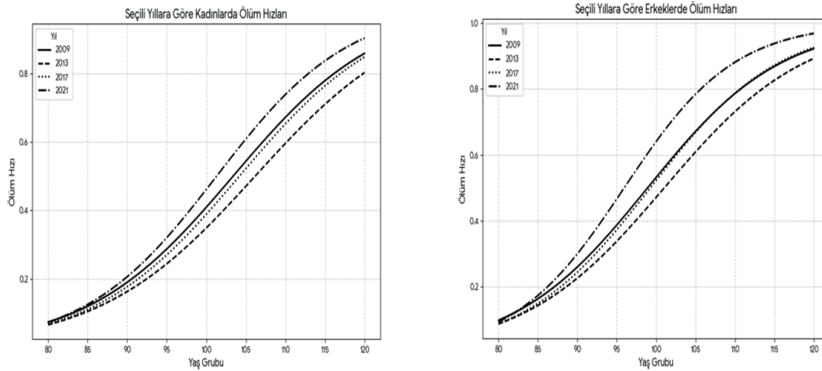


Şekil 6: Yıllar İçinde b Parametresi Değişimi

Ölüm Hızlarının 120+ Yaşına Kadar Uzatılması

Bu bölümde Kannisto Modeli fonksiyonuyla ölüm hızları 98 yaşından 120 yaşına kadar uzatılmıştır. Kadın ve erkek için uzatılan anlık ölüm hızları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. Covid-19 salgınının Aralık 2019 tarihinde başladığı bilinmektedir. Salgın başladıktan sonra, 2020 yılından itibaren anlık ölüm hızındaki artış dikkat çekmektedir. 2009-2022 için tahmin edilen anlık ölüm Ek D’de verilmiştir.

Şekil 7’de 2009, 2013, 2017 ve 2021 yılları için Kannisto Modeli ile tahmin edilen ölüm hızlarının yıllar içindeki değişimi görülmektedir. Grafiklerde kadın ve erkek için yıllara göre elde edilen ölüm hızları verilmiş olup özellikle 2021 yılında Covid-19 nedeniyle ölüm hızlarındaki artış iki cinsiyet için de belirgin bir biçimde görülmektedir.

Şekil 7. Erkekler ve Kadınlar İçin Yıllara Göre Uzatılmış Ölüm Hızları

Hayat Tablosu Oluşturma

Hayat tabloları nüfus yapısının incelenmesinde önemli bir olgudur. Hayat tabloları ilgilenilen bölgenin nüfus ve ölüm istatistikleri kullanılarak hesaplanır ve o bölgedeki her yaş için ölüm olasılıklarını, ölüm hızlarını, beklenen yaşam sürelerini verir (Şençelikel ve Önel, 2017). Hayat tabloları sosyal güvenlik, hayat sigortalarında prim, rezerv ve annüite hesaplamalarında; demograflar ve aktüerler tarafından yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılır (Tuzgöl, Sucu ve Hoşgör, 2016).

Hayat tablolarında genellikle daha kolay kıyaslama yapabilmek amacıyla başlangıçtaki yaşayan kişi sayısına 1.000, 10.000 ve 100.000 gibi bir sayı ile başlanır ve bu sayı radix olarak adlandırılır. Hayat tabloları göç hareketlerine kapalıdır, nüfus sadece ölümler ile azalmaktadır.

Hayat tabloları bir dizi sütundan oluşur, her sütunda hayat tablosu fonksiyonları yer alır. Kannisto modeli ile elde edilen pürüzsüz ölüm hızları ile hayat tablosu hesaplaması yapılacaktır. Aşağıda hayat tablosu fonksiyonlarının nasıl hesaplanacağı verilmiştir.

Hayat tablosunda yaşayan kişi sayısı (l_x), x yaşında hayatta olan kişi sayısını ifade eder. Başlangıçtaki yaşayan kişi sayısı ile gösterilir ve genellikle standart bir değer atanır. Atanan değere radix değeri denir.

Belirli bir zaman dilimi içinde seçilen bir grup insanın ölüm sıklığı ölçüsü ölüm hızı olarak adlandırılır, ile gösterilir (Debon ve diğerleri, 2008). Belirli bir yaştaki ve belirli bir yıldaki ölüm sayılarının yıl ortası nüfusa bölünmesiyle hesaplanır. Hesaplamalarımızda, Kannisto modeli kullanılarak tahmin edilen merkezi ölüm hızları kullanılacaktır.

$$m_x = \frac{d_x}{L_x}$$

Hayat tablosunda ölüm olasılığı (q_x), bir kişinin x yaşındaki ölme olasılığını ifade eder. Belirli bir yaştaki ve belirli bir yıldaki ölüm sayılarının başlangıç nüfusa bölünmesiyle hesaplanır.

$$q_x = \frac{d_x}{l_x}$$

Ölüm olasılığını hesaplamak için aşağıdaki yaklaşım kullanılabilir (Rowland, 2003):

$$q_x = \frac{2m_x}{2 + m_x}$$

Bu formül belirli bir yaştaki ölüm olasılığını hesaplamak için ölüm sayıları ve yıl ortası nüfus kullanılarak türetilmiştir. Ölüm olasılığını daha doğru ve pratik bir biçimde hesaplamak için kullanılır.

Hayat tablosunda belirli bir yaşta ölen kişi sayısı d_x notasyonu ile gösterilir, x yaşında ölen kişilerin sayısını ifade eder. Ölen kişi sayısı x yaşında yaşayan kişi sayısı ile x yaşındaki ölüm olasılığının çarpılmasıyla elde edilir.

$$d_x = l_x * q_x$$

x yaşında ölen kişi sayısı kullanılarak, $x+1$ yaşında yaşayan kişi sayısı hesaplanabilir. Bu hesaplama x yaşında yaşayan kişi sayısından x yaşında ölen kişi sayısı çıkartılarak bulunmaktadır.

$$l_{x+1} = l_x - d_x$$

Hayat tablosunda x yaşındaki bir kişinin hayatta kalma olasılığına yaşama olasılığı denir ve ile gösterilir. Ölüm olasılığının tamamlayıcısı yaşam olasılığıdır. Aynı yıl ve yaş için ölüm ve yaşam olasılıklarının toplamı 1'e denk gelir.

$$p_x = 1 - q_x$$

Yaşanmış kişi yıl sayısı, bir nüfusun belirli bir zaman içinde yaşadığı toplam yıl sayısını ölçmek için kullanılır, ile gösterilir. Belirli bir nüfustaki yaşayan kişi sayısını ve bu kişilerin ne kadar süre boyunca hayatta kaldığını dikkate alır. Ölümlerin belirli bir yaş içinde uniform dağıldığı varsayımı altında yaşanmış kişi yıl sayısı yıl ortası nüfusa eşit kabul edilir (Carmichael, 2016).

$$L_x = \frac{1}{2}(l_x + l_{x+1})$$

Hayat tablosunda , popülasyon üyelerinin x yaşının üzerinde her yaşta yaşanmış kişi yıl sayısı toplamına eşittir. Hesaplanması şu şekildedir:

$$T_x = \sum_{t=0}^{\infty} L_{x+t}$$

Beklenen yaşam süresi (bir popülasyondaki x yaşındaki kişilerin ortalama kaç yıl daha yaşadıklarını gösteren bir hayat tablosu bileşenidir. Beklenen yaşam süresi değerleri popülasyondaki bireylerin hayatta kalma kapasitelerinin ve zaman içinde genel sağlık seviyesindeki değişikliklerin izlenebilmesi açısından önemli verilerdir (Carmichael, 2016). Kümülatif yaşamış kişi yıl sayısının aynı yıldaki nüfusa bölünmesiyle hesaplanır.

$$e_x = T_x / l_x$$

Yüz yirmi yaşına kadar uzattığımız anlık ölüm hızları ölüm olasılıklarına çevrilip yıllar itibarıyla cinsiyet ayrımında hayat tabloları yapılmıştır. Hayat tablosunda başlangıç yaşayan kişi sayısı 100.000 olarak alınmıştır, 2022 için yapılan hayat tabloları aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir, tüm yıllara ait ölüm olasılıkları ve beklenen yaşam süreleri Ek E ve F’de verilmiştir.

Çizelge 5: Kadınlar 2022 için Hayat Tablosu

Kadınlar	l_x	dx	mx	qx	px	L_x	T_x	e_x
80	100000.00	6395.77	0.066071	0.063958	0.936042	96802.12	772722.91	7.727229
81	93604.23	6710.53	0.074356	0.071691	0.928309	90248.96	675920.80	7.221050
82	86893.70	6971.81	0.083587	0.080234	0.919766	83407.79	585671.83	6.740096
83	79921.89	7164.34	0.093848	0.089642	0.910358	76339.72	502264.04	6.284437
84	72757.55	7273.20	0.105224	0.099965	0.900035	69120.95	425924.32	5.854023
85	65484.35	7284.98	0.117800	0.111248	0.888752	61841.86	356803.38	5.448682
86	58199.37	7189.15	0.131658	0.123526	0.876474	54604.80	294961.52	5.068122
87	51010.22	6979.53	0.146874	0.136826	0.863174	47520.46	240356.73	4.711932
88	44030.69	6655.66	0.163518	0.151160	0.848840	40702.86	192836.27	4.379587
89	37375.03	6223.78	0.181647	0.166523	0.833477	34263.14	152133.40	4.070455
90	31151.25	5697.34	0.201301	0.182893	0.817107	28302.58	117870.26	3.783805
91	25453.91	5096.60	0.222504	0.200228	0.799772	22905.61	89567.68	3.518819
92	20357.31	4447.36	0.245255	0.218465	0.781535	18133.63	66662.08	3.274601
93	15909.95	3778.88	0.269525	0.237517	0.762483	14020.51	48528.45	3.050195
94	12131.07	3121.04	0.295258	0.257276	0.742724	10570.55	34507.94	2.844592
95	9010.03	2501.33	0.322363	0.277616	0.722384	7759.36	23937.39	2.656749
96	6508.70	1942.15	0.350718	0.298392	0.701608	5537.62	16178.03	2.485601
97	4566.55	1458.77	0.380168	0.319447	0.680553	3837.17	10640.40	2.330074
98	3107.78	1058.55	0.410528	0.340612	0.659388	2578.51	6803.23	2.189096
99	2049.23	741.25	0.441584	0.361720	0.638280	1678.61	4224.73	2.061614
100	1307.99	500.44	0.473105	0.382600	0.617400	1057.77	2546.12	1.946595
101	807.55	325.52	0.504841	0.403092	0.596908	644.79	1488.35	1.843042
102	482.03	203.92	0.536538	0.423048	0.576952	380.07	843.56	1.750000
103	278.11	123.02	0.567943	0.442333	0.557667	216.60	463.49	1.666556
104	155.09	71.47	0.598811	0.460835	0.539165	119.36	246.88	1.591851
105	83.62	40.01	0.628915	0.478460	0.521540	63.62	127.53	1.525077
106	43.61	21.59	0.658049	0.495137	0.504863	32.81	63.91	1.465479
107	22.02	11.25	0.686038	0.510818	0.489182	16.39	31.10	1.412359
108	10.77	5.66	0.712737	0.525474	0.474526	7.94	14.70	1.365070
109	5.11	2.76	0.738031	0.539096	0.460904	3.73	6.76	1.323021
110	2.36	1.30	0.761843	0.551692	0.448308	1.71	3.03	1.285668
111	1.06	0.59	0.784124	0.563282	0.436718	0.76	1.32	1.252518
112	0.46	0.26	0.804854	0.573901	0.426099	0.33	0.56	1.223121
113	0.20	0.11	0.824040	0.583589	0.416411	0.14	0.24	1.197072
114	0.08	0.05	0.841710	0.592397	0.407603	0.06	0.10	1.174002
115	0.03	0.02	0.857913	0.600377	0.399623	0.02	0.04	1.153575
116	0.01	0.01	0.872707	0.607585	0.392415	0.01	0.02	1.135480
117	0.01	0.00	0.886166	0.614078	0.385922	0.00	0.01	1.119408
118	0.00	0.00	0.898367	0.619912	0.380088	0.00	0.00	1.105008
119	0.00	0.00	0.909394	0.625143	0.374857	0.00	0.00	1.091760
120	0.00	0.00	0.919332	1.000000	0.000000	0.00	0.00	1.078630

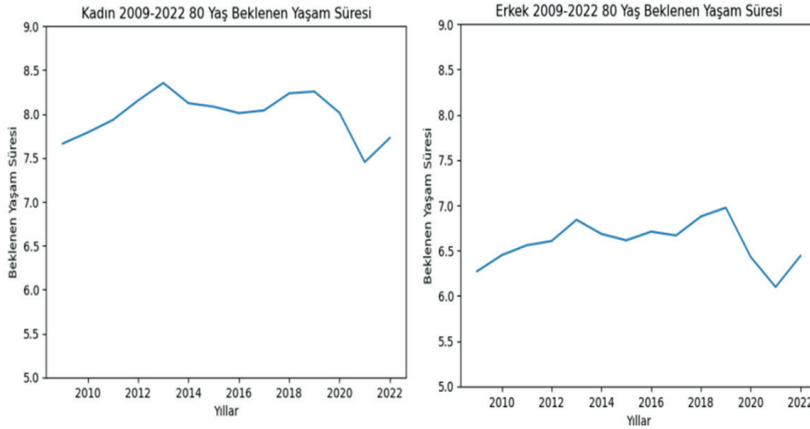
Çizelge 6: Erkekler 2022 İçin Hayat Tablosu

Erkekler	lx	dx	mx	qx	px	Lx	Tx	ex
80	100000.00	7833.64	0.081530	0.078336	0.921664	96083.18	644059.01	6.440590
81	92166.36	8250.15	0.093708	0.089514	0.910486	88041.29	547975.83	5.945508
82	83916.21	8560.23	0.107492	0.102009	0.897991	79636.10	459934.55	5.480878
83	75355.98	8733.67	0.123028	0.115899	0.884101	70989.15	380298.45	5.046692
84	66622.31	8743.52	0.140457	0.131240	0.868760	62250.56	309309.30	4.642728
85	57878.80	8569.88	0.159904	0.148066	0.851934	53593.86	247058.74	4.268553
86	49308.92	8203.96	0.181476	0.166379	0.833621	45206.93	193464.88	3.923527
87	41104.95	7651.43	0.205246	0.186144	0.813856	37279.24	148257.95	3.606815
88	33453.52	6934.37	0.231251	0.207284	0.792716	29986.34	110978.71	3.317400
89	26519.15	6090.84	0.259475	0.229677	0.770323	23473.73	80992.38	3.054109
90	20428.31	5171.56	0.289844	0.253156	0.746844	17842.53	57518.65	2.815634
91	15256.76	4233.93	0.322222	0.277512	0.722488	13139.79	39676.11	2.600561
92	11022.83	3334.36	0.356401	0.302496	0.697504	9355.65	26536.32	2.407397
93	7688.47	2520.55	0.392108	0.327835	0.672165	6428.20	17180.67	2.234603
94	5167.92	1825.50	0.429008	0.353237	0.646763	4255.17	10752.48	2.080619
95	3342.42	1264.80	0.466714	0.378410	0.621590	2710.02	6497.31	1.943893
96	2077.62	837.42	0.504805	0.403069	0.596931	1658.90	3787.29	1.822901
97	1240.19	529.51	0.542840	0.426956	0.573044	975.44	2128.38	1.716172
98	710.69	319.70	0.580382	0.449842	0.550158	550.84	1152.95	1.622300
99	390.99	184.37	0.617016	0.471541	0.528459	298.81	602.11	1.539957
100	206.62	101.64	0.652367	0.491913	0.508087	155.80	303.30	1.467907
101	104.98	53.63	0.686115	0.510861	0.489139	78.17	147.50	1.405003
102	51.35	27.13	0.718004	0.528332	0.471668	37.79	69.33	1.350196
103	24.22	13.18	0.747843	0.544313	0.455687	17.63	31.55	1.302529
104	11.04	6.17	0.775512	0.558824	0.441176	7.95	13.92	1.261139
105	4.87	2.78	0.800953	0.571915	0.428085	3.48	5.97	1.225251
106	2.08	1.22	0.824164	0.583652	0.416348	1.48	2.49	1.194174
107	0.87	0.52	0.845192	0.594120	0.405880	0.61	1.01	1.167293
108	0.35	0.21	0.864120	0.603411	0.396589	0.25	0.40	1.144064
109	0.14	0.09	0.881059	0.611622	0.388378	0.10	0.16	1.124006
110	0.05	0.03	0.896141	0.618852	0.381148	0.04	0.06	1.106696
111	0.02	0.01	0.909506	0.625196	0.374804	0.01	0.02	1.091758
112	0.01	0.00	0.921303	0.630748	0.369252	0.01	0.01	1.078849
113	0.00	0.00	0.931677	0.635593	0.364407	0.00	0.00	1.067625
114	0.00	0.00	0.940772	0.639813	0.360187	0.00	0.00	1.057667
115	0.00	0.00	0.948722	0.643480	0.356520	0.00	0.00	1.048271
116	0.00	0.00	0.955656	0.646663	0.353337	0.00	0.00	1.037842
117	0.00	0.00	0.961690	0.649420	0.350580	0.00	0.00	1.022177
118	0.00	0.00	0.966931	0.651806	0.348194	0.00	0.00	0.989466
119	0.00	0.00	0.971477	0.653868	0.346132	0.00	0.00	0.905727
120	0.00	0.00	0.975413	1.000000	0.000000	0.00	0.00	0.672175

2009-2022 yılları için Kannisto modeli ile tahmin edilmiş 80 yaş beklenen yaşam süreleri grafikte gösterilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde ileri yaş için beklenen yaşam sürelerinin kadınlarda erkeklerden her yaş için daha yüksek

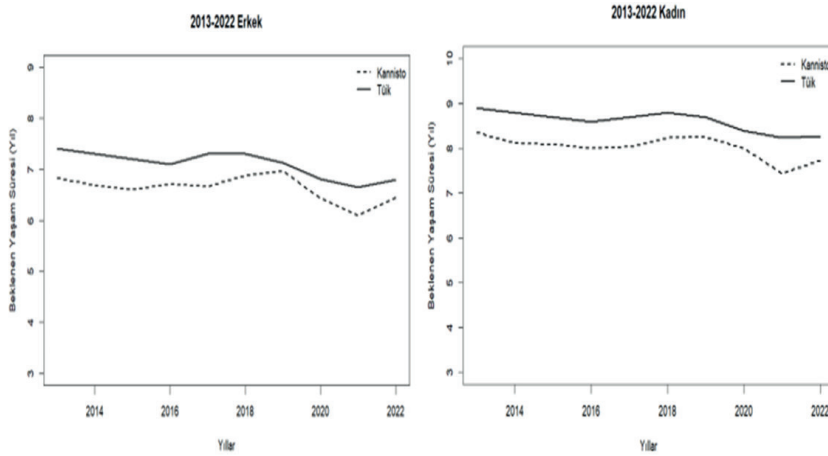
olduğu görülmektedir, paralel olarak her yaş için erkeklerdeki ölüm hızları da kadınlardan daha yüksek seyretmektedir.

Şekil 8: Yıllar İçerisinde Kadın ve Erkeklerde 80 Yaş Beklenen Yaşam Süresi Değişimi



Normal şartlar altında beklenen yaşam süresinin tıp ve sağlık sistemindeki gelişmeler, insanların yaşam tarzlarındaki değişiklikler, temel ihtiyaçlara daha kolay erişilebilmesi ve sosyal güvenlik sistemlerindeki gelişmeler nedenleriyle yıllar geçtikçe artma eğiliminde olması beklenir. Fakat Covid-19 salgını nedeniyle 2020-22 yıllarında beklenen yaşam sürelerinde bir miktar azalma olduğu görülmektedir. Sağlık Bakanlığına göre Covid-19 salgını nedeniyle hayatını kaybedenlerin toplam sayısı 101.492 olarak bildirilmiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı, t.y). Covid-19 salgınından dolayı gerçekleşen ölümlerin büyük bir çoğunluğunun yaşlı nüfusta gerçekleştiği bilinmektedir. 2020 ve 2021 yıllarında da dünya genelinde beklenen yaşam sürelerinde olan düşüş dikkat çekmektedir. 2019 yılında dünya genelinde ortalama beklenen yaşam süresi 72,8 iken 2021 yılında bu ortalamanın 71 seneye gerilediği görülmektedir (Our World in Data, t.y.)

TÜİK hayat tablolarından alınan 80 yaş beklenen yaşam süreleriyle, Kannisto modeli ile tahmin edilmiş 80 yaş beklenen yaşam süreleri karşılaştırmaları Şekil 9'da verilmiştir. TÜİK beklenen yaşam sürelerinin, Kannisto modeli ile elde edilen beklenen yaşam sürelerinden bir miktar daha yüksek olduğu görülmektedir. TRH 2010 hayat tablosunda ise 80 yaş erkek beklenen yaşam süresi 5,99, kadın için ise 7,01'dir (Hacettepe Üniversitesi Aktüerya Bilimleri Bölümü, 2010). Kannisto modeli ile hesaplanan 2010 beklenen yaşam süreleri ise erkek için 6,44 kadın için 7,78 senedir.

Şekil 9: Kadınlar ve Erkekler Beklenen Yaşam Süreleri Karşılaştırması

Lee Carter Yöntemiyle İleriye Yönelik Ölüm Hızı Tahmini

Bu çalışmada ileriye yönelik ölüm hızları Lee Carter modeli yardımıyla tahmin edilmiştir. Lee Carter modeli geçmiş dönemlerde gerçekleşmiş ölüm hızı verilerini hesaba katarak gelecek yıllar için tahminlerde bulunur (Yıldırım, 2010). Lee-Carter modeli, t zamanı ve x yaş grubu için ölüm hızlarının logaritmasının, üç terimin toplamı olduğunu öngörmektedir.

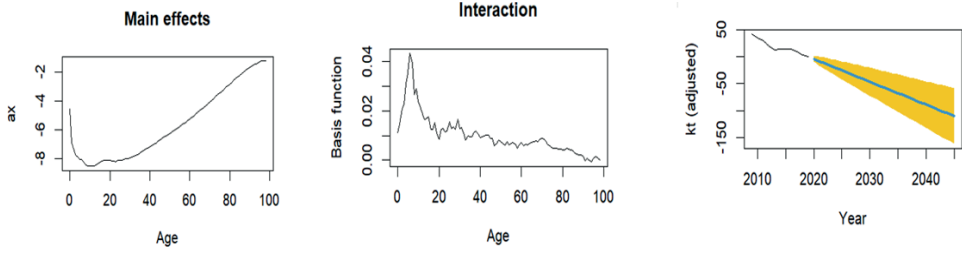
$$\ln(M_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}$$

Denklemdaki ilk terim yaşa özel ortalama ölüm hızını ifade etmektedir, ikinci terim olan k_t , tüm yaş gruplarındaki ölüm hızının zamanla etkileşimini gösteren parametreleridir. Bu terimde ölümlülük değişiminin yaşa göre etkisini gösterirken, logaritmik ölçekte tüm yaşların ölüm hızının zamanla olan değişimini göstermektedir (Yıldırım ve Sucu, 2013). Üçüncü terim hata terimini ifade etmektedir.

2020-2022 yılları arasında anlık ölüm hızlarındaki olağan dışı artışlar nedeniyle bu dönemler beklenen yaşam süresi tahmini hesaplamalarına katılmamıştır. 2009-2019 yıllarındaki ölüm hızları için Lee Carter yöntemi ile 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 ve 2050 yılları 80-98 yaş ölüm hızları tahmin edilmiştir, bulunan ölüm hızları Kannisto modeli ile pürüzsüzleştirilmiş ve 120 yaşına kadar uzatılmıştır. Lee Carter yöntemi, R programında “demography” paketindeki “lca” fonksiyonuyla uygulanmıştır. Tahmin edilen ölüm hızları ve beklenen yaşam süreleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. Aşağıda kadın ve erkek için olan parametre grafikleri de verilmiştir. Bu grafiklerde a_x parametresi ölüm hızlarının yaşlara göre logaritmasını, k_t ölüm hızlarındaki zamanla tahmin edilen düşüşü, ise ölümlülük değişiminin yaşa göre etkisini

göstermektedir. Grafiklerden de görüldüğü üzere gelecek yıllarda ölüm hızlarında düşüş olacağı tahmin edilmektedir. Kadın ve erkeklerde 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 ve 2050 yılları için Lee Carter ile tahmin edilen ölüm hızları ve beklenen yaşam süreleri Ek G ve H’de verilmiştir.

Şekil 10: Kadın Lee Carter Parametre Grafikleri



Şekil 11: Erkek Lee Carter Parametre Grafikleri



Şekil 10 ve 11’de Lee Carter modeline ait parametre tahminleri ve projeksiyon sonuçları yer almaktadır. Soldaki panelde (Main effects) yer alan grafik, yaşa özgü ortalama ölüm yapısını (ax) göstermektedir. Ortadaki panel (Interaction), ölüm hızlarındaki zamanla meydana gelen değişimin yaş gruplarına göre duyarlılığını ifade eden (bx) parametresini; en sağdaki panel ise ölüm oranlarının genel seviyesindeki zamana bağlı değişimi, gelecek projeksiyonunu ve güven aralığını gösteren ölüm endeksi (kt) parametresini temsil etmektedir.

TÜİK’in nüfus projeksiyonlarına paralel olarak pandemi, savaş, deprem, afet vb. gibi olağanüstü durumlar olmadıkça belirli bir yaşa kadar beklenen yaşam sürelerinin yıllar içinde artması, ölüm hızlarının ise azalması beklenmektedir. Bu tahminler yıllar içerisinde yaşlı nüfus oranının artmasına işaret etmektedir.

Çalışmada, veri erişim kısıtları nedeniyle 2009-2022 dönemini kapsayan 14 yıllık veri seti temel alınarak 2050 yılına kadar projeksiyon yapılmıştır.

Kısa vadeli bir seriden uzun vadeli tahminler üretilmesi, projeksiyonda belirsizlik riskini artırmaktadır. Bu nedenle, elde edilen 2050 yılı bulguları kesin öngörülerden ziyade mevcut demografik eğilimlerin ve ölümlülük kalıplarının değişmeden devam edeceği varsayımı altındaki temel senaryo sonuçları olarak değerlendirilmelidir.

DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada TÜİK'ten alınan 2009-2022 yılları için kadın ve erkek tekli yaşlardaki nüfus ve ölüm verileri kullanılarak ölüm hızları hesaplanmıştır. Model seçim kriterlerinden AIC ve SSE ölçütleri kullanılarak Gompertz, Weibull, Makeham Gompertz, Kannisto, Perks, Beard ölüm modellerinden hangisinin Türkiye verisi için daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu altı modelin içinden lojistik modellerin (Perks, Beard, Kannisto) yaşa göre anlık ölüm hızı verilerine daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Lojistik modellerden de Kannisto modelinin yalnızca iki parametreye sahip olması, uyum sağlamayı kolaylaştırması ve ileri yaş ölüm hızlarını uzatmada diğer modellerden daha mantıklı tahminler vermesi gibi avantajları olduğu için altı modelin içinde en iyisi olduğu sonucuna varılmıştır. Literatürde ileri yaş ölümlülüğü için sıklıkla Kannisto modelinin tercih edildiği görülmektedir. Bu çalışmada bulunan sonuçlara paralel olarak 1998 yılında yapılmış "The Force of Mortality at Ages 80 to 120" çalışmasında 13 ülke (Avusturya, Danimarka, İngiltere, Finlandiya, Fransa, Batı Almanya, İzlanda, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, İsviçre ve İsveç) için 6 model (Gompertz, Weibull, Helligman ve Pollard, Quadratic, Logistic ve Kannisto) üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Sonuç olarak Logistic, Kannisto ve Quadratic modellerin hepsinin sonuçları gözlemlenen değerlere diğer modellere göre daha yakın çıkmıştır. Yapılan uyum iyiliği testleri kesin bir sonuç vermemiştir. Ancak Kannisto modelinin sahip olduğu avantajlar nedeniyle altı model içinde en uygunu olduğu sonucuna varılmıştır (Thatcher ve Kannisto, 1998).

Horiuchi ve Coale'nin ileri yaşlardaki ileri yaşa başlangıç olan yaşı bulmak için geliştirdikleri yöntem kullanılarak ölüm hızlarındaki artışın kadınlar için 76 yaştan, erkekler için ise 81 yaş civarlarında düşmeye başladığı görülmüştür. Bu nedenle Kannisto Modeli kullanılmaya bu yaşlardan itibaren başlanmıştır. Literatürde HMD'de ileri yaş ölümlülük 80 yaştan (Human Mortality Database, t.y.), İtalya'da yaşlılık ölümlerini tahmin etmek ve karşılaştırmak için yapılan çalışmada ise 70 yaşından başladığı görülmektedir (Giulia, 2008).

Kannisto Modeli ile hem 80-98 yaş arası anlık ölüm hızları pürüzsüzleştirilmiş hem de 98-120 yaş aralığında ölüm hızları tahminleri ile uzatma yapılmıştır. Tahmin edilen ölüm hızlarından ölüm olasılıkları hesaplanmış ve bu olasılıklarla 2009-2022 yılları arası hayat tabloları oluşturulmuştur. 80 yaş için bulunan beklenen yaşam süreleri TÜİK hayat

tabloları ile karşılaştırılmıştır.

İleriye yönelik ölüm hızı tahminleri Lee Carter yöntemi yardımıyla yapılmıştır. 80-98 yaş için tahmin edilen ölüm hızları Kannisto modeli ile 120 yaşa kadar uzatılmış ve 80-98 yaş ölüm hızları düzeltilmiştir. Covid döneminde ölüm verilerindeki tutarsızlıklardan ötürü Covid-19 pandemi dönemi ileriye yönelik ölüm hızı tahmini hesaplamalarına katılmamıştır. Çünkü bu dönemde ölüm hızlarındaki olağan dışı artış, tahmini beklenen yaşam sürelerini düşürmektedir. Bu nedenle 2009-2019 beklenen yaşam süresi verileri kullanılarak, 2025-2050 yılları 80-120 yaşlar için ölüm hızları ve beklenen yaşam süreleri tahmin edilmiştir. Olağan dışı bir durum olmadığı müddetçe beklenen yaşam sürelerinin yıllar içinde artacağı tahmin edilmektedir.

Kannisto modeli ile yapılan hayat tablolarında beklenen yaşam sürelerinin TÜİK hayat tablolarındaki beklenen yaşam sürelerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Covid döneminde ileri yaş ölüm hızlarında olan artış, Kannisto modeli ile yapılan tahminlerde, TÜİK verilerine göre daha belirgin olarak görülmektedir. TÜİK metaverilerinde belirtilen kapsam eksikliği (kırsal alanların tam yansıtılamaması) nedeniyle oluşan yapısal kırılma ve veri tutarsızlığından kaçınmak amacıyla, çalışmada yalnızca 2009 ve sonrası veriler kullanılmıştır.

Giriş bölümünde belirtildiği üzere, Türkiye'deki toplam doğurganlık hızının son yıllarda oldukça düşük seyretmesi (2023 yılı için 1,51) ve ileri yaşlarda (80+) ölüm hızı artışındaki yavaşlama, önümüzdeki yıllar için ileri yaşlarda yaşayan kişi sayısında yığılma olabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma, Türkiye'de ileri yaş ölümlülüğünü istatistiksel modeller aracılığıyla inceleyerek sadece geçmiş eğilimleri değil, gelecekteki demografik dönüşümleri de anlamayı hedeflemektedir. Elde edilen bulgular, özellikle yaşlı nüfusun artış hızına bağlı olarak sosyal güvenlik, sağlık hizmetleri ve ekonomik sürdürülebilirlik politikalarının yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, ileri yaş ölümlülüğüne ilişkin bu tür modelleme çalışmalarının, nüfus yapısındaki değişimlerin uzun vadeli etkilerini öngörmeye ve kamu politikalarının yönlendirilmesinde önemli bir araç olacağı düşünülmektedir.

İlerleyen çalışmalarda Türkiye için ham ölüm ve nüfus sayılarındaki olağan dışı kalıplar değerlendirilebilir ve düzeltilebilir, kuşak hayat tabloları hesaplanabilir. Merkezi ölüm hızlarının hesaplanmasında, standart yıl ortası nüfus varsayımı yerine; doğumların yıl içindeki aylık dağılımını ve Lexis üçgenlerini dikkate alarak riske maruz kalma süresini çok daha hassas ölçen HMD protokolündeki ayrıntılı hesaplama yöntemi benimsenebilir, ayrıca yaşlı nüfusun artmasının sosyal güvenliğe getireceği tahmini yük hesaplanarak

ileriye yönelik planlamalar yapılabilir.

Türkiye’de ölüm istatistiklerinin kapsam ve güvenilirliğinde önemli gelişmeler kaydedilmiş olsa da geçmiş kayıt sistemlerinden kalan yaş abartması ve geç bildirim gibi sorunlar ileri yaş verilerinde hala tartışma konusudur (Keskin vd., 2024). Veri kalitesine ilişkin bu hususların yanı sıra çalışmanın bir diğer kısıtı projeksiyon modelinin dayandığı veri setinin uzunluğudur. Analizde, veri erişim kısıtları nedeniyle 2009-2022 dönemini kapsayan 14 yıllık veri setine dayalı olarak 2050 yılına kadar projeksiyon yapılmıştır. Kısa vadeli bir seriden uzun vadeli tahminler üretilmesi, projeksiyonda belirsizlik riskini artırmaktadır. Bu nedenle, elde edilen 2050 yılı bulguları kesin öngörülerden ziyade mevcut demografik eğilimlerin ve ölümlülük kalıplarının değişmeden devam edeceği varsayımı altındaki temel senaryo sonuçları olarak değerlendirilmelidir.

Bununla birlikte, Türkiye’de MERNİS ve ADNKS altyapısıyla veri kalitesinin gün geçtikçe yükseltilmesi bu tür demografik analizlerin ve projeksiyon çalışmalarının gelecekte daha uzun veri setleriyle çok daha hassas ve düşük hata payına sahip olarak yapılabilmesine doğrudan katkı sağlayacaktır.

EKLER

EK A – Merkezi Ölüm Hızları

Erkek	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
80	0,095218	0,091146	0,090068	0,086165	0,085332	0,083164	0,072927	0,086281	0,080076	0,081272	0,077384	0,098853	0,098029	0,088603
81	0,106547	0,103505	0,104831	0,096227	0,093433	0,094759	0,093730	0,084813	0,095003	0,089250	0,088160	0,102895	0,115794	0,099530
82	0,113283	0,109922	0,111451	0,111471	0,101881	0,105558	0,105486	0,104764	0,093107	0,099709	0,098145	0,116905	0,123868	0,112350
83	0,128592	0,123557	0,124977	0,120607	0,115443	0,116774	0,119722	0,117108	0,116289	0,100127	0,112272	0,130290	0,140810	0,125857
84	0,139213	0,141621	0,136127	0,136909	0,129896	0,133836	0,131014	0,132349	0,130806	0,124444	0,109021	0,147588	0,152010	0,138387
85	0,157759	0,144547	0,160092	0,144011	0,138593	0,148688	0,149345	0,143583	0,141746	0,134687	0,137134	0,141717	0,173345	0,154888
86	0,173257	0,170748	0,167486	0,168080	0,158657	0,163686	0,168299	0,162988	0,161602	0,155435	0,155384	0,171852	0,172037	0,175498
87	0,193090	0,188565	0,187777	0,173788	0,182775	0,174985	0,182858	0,184555	0,182359	0,169485	0,177154	0,207285	0,215497	0,184544
88	0,210231	0,200268	0,208600	0,195556	0,189827	0,208837	0,198592	0,210160	0,197501	0,191100	0,189588	0,224030	0,246463	0,227550
89	0,239396	0,233154	0,223348	0,215709	0,207977	0,210587	0,226351	0,226859	0,223865	0,209430	0,216395	0,242633	0,265972	0,255526
90	0,269869	0,249599	0,243406	0,239547	0,232773	0,233430	0,243867	0,251065	0,244102	0,240128	0,237622	0,272607	0,286440	0,289375
91	0,282394	0,274571	0,257630	0,255258	0,247664	0,262313	0,269087	0,280228	0,284334	0,255407	0,268861	0,294041	0,323086	0,312139
92	0,311524	0,276381	0,300981	0,290477	0,255606	0,301039	0,290655	0,295258	0,295071	0,284303	0,287928	0,331425	0,372214	0,364624
93	0,372412	0,331443	0,313652	0,316729	0,289686	0,317024	0,311058	0,308158	0,316142	0,302802	0,331015	0,354723	0,401599	0,395028
94	0,356027	0,340361	0,338459	0,329933	0,317837	0,318896	0,332344	0,358630	0,369588	0,329241	0,353616	0,406712	0,433270	0,452047
95	0,386543	0,379701	0,376999	0,366737	0,323224	0,343767	0,363158	0,364112	0,401544	0,401724	0,371937	0,412546	0,487734	0,471138
96	0,437482	0,396986	0,420469	0,380593	0,367781	0,366788	0,354182	0,364428	0,389297	0,383757	0,412220	0,470014	0,482061	0,543297
97	0,484570	0,427597	0,375231	0,370575	0,420826	0,403487	0,348692	0,404420	0,467626	0,386446	0,434323	0,455529	0,607568	0,541392
98	0,393257	0,399572	0,494574	0,417730	0,390805	0,440514	0,409012	0,513308	0,392283	0,402532	0,464171	0,571429	0,508756	0,533220

Kadın	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
76	0,042201	0,038430	0,036208	0,037039	0,035003	0,036728	0,035279	0,037645	0,034410	0,033739	0,032070	0,037113	0,040367	0,032315
77	0,047217	0,045674	0,042704	0,039335	0,039943	0,039818	0,040130	0,039375	0,041961	0,036874	0,038193	0,040529	0,047374	0,038664
78	0,052200	0,050457	0,050326	0,046365	0,042290	0,046901	0,046367	0,047591	0,044436	0,044591	0,041743	0,049034	0,050744	0,043779
79	0,060609	0,055753	0,056270	0,054023	0,047811	0,049156	0,053993	0,052108	0,050804	0,048616	0,050238	0,051946	0,060513	0,050203
80	0,066075	0,065533	0,061128	0,061894	0,057533	0,057223	0,055538	0,061704	0,058775	0,057209	0,054667	0,064074	0,066915	0,058792
81	0,077303	0,070623	0,070867	0,066075	0,065558	0,067378	0,064480	0,064147	0,066513	0,063282	0,064971	0,066652	0,080161	0,067420
82	0,085122	0,083208	0,078149	0,078956	0,071316	0,075124	0,075075	0,074238	0,069169	0,072429	0,070710	0,079717	0,085392	0,079947
83	0,099647	0,090486	0,091527	0,084669	0,084141	0,084819	0,085310	0,086473	0,083485	0,078357	0,081674	0,087643	0,100926	0,087591
84	0,104957	0,107390	0,100015	0,097532	0,093066	0,099353	0,094470	0,098003	0,096916	0,089743	0,086600	0,101156	0,106688	0,104328
85	0,121075	0,115416	0,119171	0,107593	0,104817	0,106173	0,109662	0,105462	0,109787	0,104390	0,101656	0,103692	0,123778	0,114869
86	0,132140	0,129818	0,127574	0,125340	0,115013	0,120411	0,119191	0,122764	0,120664	0,118252	0,118741	0,122428	0,132163	0,129272
87	0,144835	0,146210	0,142334	0,130436	0,137873	0,134516	0,138465	0,133324	0,136340	0,128799	0,131576	0,140259	0,148701	0,141466
88	0,165949	0,161228	0,155479	0,152179	0,142679	0,154740	0,152024	0,158514	0,151255	0,148943	0,146927	0,154828	0,175787	0,164607
89	0,181270	0,180203	0,165785	0,170092	0,165044	0,168727	0,173220	0,168316	0,167018	0,161699	0,163933	0,167884	0,194850	0,186472
90	0,189728	0,195292	0,186592	0,175876	0,173245	0,180225	0,177489	0,193734	0,188326	0,182106	0,173035	0,190293	0,209209	0,205081
91	0,209951	0,203346	0,200048	0,194651	0,188139	0,207694	0,210029	0,203920	0,214246	0,198723	0,200590	0,203414	0,237393	0,231042
92	0,233536	0,227177	0,219293	0,214040	0,203967	0,224972	0,210152	0,231511	0,218707	0,225662	0,220226	0,232056	0,254384	0,255889
93	0,254857	0,234638	0,234943	0,208459	0,219507	0,239743	0,232885	0,245697	0,248081	0,233395	0,243906	0,246248	0,282610	0,274108
94	0,268369	0,261113	0,254789	0,229563	0,218741	0,249778	0,266667	0,264545	0,276758	0,266904	0,251992	0,285662	0,305635	0,317178
95	0,287926	0,291433	0,275058	0,247056	0,246703	0,244431	0,278464	0,285615	0,279249	0,269613	0,283018	0,272709	0,337387	0,347259
96	0,332498	0,291329	0,280709	0,266101	0,271348	0,260887	0,283010	0,294687	0,291486	0,285280	0,300336	0,301344	0,333719	0,365155
97	0,330652	0,309840	0,293359	0,268491	0,274334	0,303935	0,290229	0,302419	0,291588	0,296972	0,304528	0,329452	0,375449	0,358999
98	0,322681	0,311138	0,291577	0,240308	0,278641	0,315457	0,291798	0,316637	0,303900	0,297297	0,290568	0,355006	0,374091	0,371167

EK B – Parametre Tahminleri

Erkek	Yıl	a	b	c	d	Kadın	Yıl	a	b	c	d
Gompertz	2019	0.082190	0.093930			Gompertz	2019	0,043879	0,089368		
Kannisto	2019	0.073527	0.131626			Kannisto	2019	0,038977	0,111528		
Makeham Gompertz	2019	0.082185	0.093939	1.12E-06		Makeham Gompertz	2019	0,043855	0,089400	5,81E-09	
Perks	2019	0.042372	0.181068	0.031075	0.066133	Perks	2019	0,010398	0,225016	0,024617	0,030862
Beard	2019	0.069637	0.145024	-	0.085923	Beard	2019	0,025761	0,170127	-	0,062146
Weibull	2019	0.022664	1.012488			Weibull	2019	0,006392	1,243883		
Gompertz	2018	0.087207	0.086040			Gompertz	2018	0,044608	0,088137		
Kannisto	2018	0.081214	0.118682			Kannisto	2018	0,039919	0,109731		
Makeham Gompertz	2018	0.087197	0.086051	9.99E-08		Makeham Gompertz	2018	0,044588	0,088157	2,63E-07	
Perks	2018	0.018472	0.256077	0.061688	0.045221	Perks	2018	0,010955	0,223613	0,023874	0,033150
Beard	2018	0.068636	0.161856	-	0.118096	Beard	2018	0,026238	0,170416	-	0,065506
Weibull	2018	0.028440	0.905487			Weibull	2018	0,006828	1,218821		
Gompertz	2017	0.091744	0.086366			Gompertz	2017	0,047148	0,086462		
Kannisto	2017	0.084252	0.122068			Kannisto	2017	0,042324	0,108316		
Makeham Gompertz	2017	0.091744	0.086366	1.65E-07		Makeham Gompertz	2017	0,047139	0,086471	1,49E-07	
Perks	2017	0.019621	0.258691	0.062708	0.045578	Perks	2017	0,009992	0,234931	0,026900	0,031053
Beard	2017	0.069669	0.168426	-	0.117446	Beard	2017	0,026815	0,174649	-	0,067700
Weibull	2017	0.029597	0.911635			Weibull	2017	0,007636	1,188590		
Gompertz	2016	0.088390	0.089252			Gompertz	2016	0,046867	0,087561		
Kannisto	2016	0.082557	0.123665			Kannisto	2016	0,041932	0,109840		
Makeham Gompertz	2016	0.088387	0.089253	1.52E-09		Makeham Gompertz	2016	0,046863	0,087561	1,37E-08	
Perks	2016	0.083749	0.115998	0.000786	0.068679	Perks	2016	0,013319	0,211694	0,023383	0,037554
Beard	2016	0.084089	0.117091	-	0.071765	Beard	2016	0,029138	0,163997	-	0,067496
Weibull	2016	0.028612	0.925221			Weibull	2016	0,007379	1,205064		
Gompertz	2015	0.097542	0.077506			Gompertz	2015	0,047491	0,084839		
Kannisto	2015	0.095128	0.106127			Kannisto	2015	0,043198	0,105485		
Makeham Gompertz	2015	0.097542	0.077507	6.77E-08		Makeham Gompertz	2015	0,047496	0,084830	1,15E-08	
Perks	2015	0.061260	0.184499	0.015990	0.133363	Perks	2015	0,013184	0,215014	0,022793	0,040269
Beard	2015	0.077732	0.168407	-	0.157474	Beard	2015	0,028521	0,168715	-	0,073038
Weibull	2015	0.039131	0.779492			Weibull	2015	0,008247	1,153836		
Gompertz	2014	0.091374	0.083696			Gompertz	2014	0,046640	0,085608		
Kannisto	2014	0.087462	0.114498			Kannisto	2014	0,042678	0,105791		
Makeham Gompertz	2014	0.091373	0.083695	1.29E-07		Makeham Gompertz	2014	0,046656	0,085584	3,43E-08	
Perks	2014	0.084011	0.127605	0.000364	0.107452	Perks	2014	0,028602	0,161196	0,003443	0,069849
Beard	2014	0.084301	0.127905	-	0.108624	Beard	2014	0,031371	0,155605	-	0,074286
Weibull	2014	0.033065	0.852040			Weibull	2014	0,008128	1,157074		
Gompertz	2013	0.088454	0.082949			Gompertz	2013	0,045916	0,082963		
Kannisto	2013	0.085320	0.111705			Kannisto	2013	0,042648	0,101172		
Makeham Gompertz	2013	0.088472	0.082939	5.63E-08		Makeham Gompertz	2013	0,045921	0,082944	2,39E-07	
Perks	2013	0.072901	0.129119	0.011058	0.095697	Perks	2013	0,030690	0,156439	6,57E-06	0,080793
Beard	2013	0.083596	0.120070	-	0.100632	Beard	2013	0,030697	0,156483	-	0,080853
Weibull	2013	0.032625	0.840334			Weibull	2013	0,008761	1,108650		
Gompertz	2012	0.094631	0.080686			Gompertz	2012	0,051326	0,076135		
Kannisto	2012	0.091227	0.110663			Kannisto	2012	0,048607	0,092991		
Makeham Gompertz	2012	0.094619	0.080696	9.32E-07		Makeham Gompertz	2012	0,051312	0,076155	5,76E-08	
Perks	2012	0.032757	0.206799	0.054300	0.072559	Perks	2012	0,027057	0,181706	0,003669	0,087987
Beard	2012	0.083496	0.140686	-	0.132412	Beard	2012	0,030109	0,175518	-	0,095567
Weibull	2012	0.035844	0.818140			Weibull	2012	0,011967	0,995795		
Gompertz	2011	0.093039	0.085814			Gompertz	2011	0,050449	0,081744		
Kannisto	2011	0.088260	0.118966			Kannisto	2011	0,046588	0,101506		
Makeham Gompertz	2011	0.093024	0.085824	7.36E-08		Makeham Gompertz	2011	0,050461	0,081735	4,76E-08	
Perks	2011	0.088062	0.105040	0.003409	0.053801	Perks	2011	0,022383	0,181331	0,014055	0,062510
Beard	2011	0.090554	0.107861	-	0.066225	Beard	2011	0,033325	0,157641	-	0,083342
Weibull	2011	0.032607	0.875366			Weibull	2011	0,009969	1,088776		
Gompertz	2010	0.098395	0.080562			Gompertz	2010	0,050995	0,083394		
Kannisto	2010	0.094242	0.112335			Kannisto	2010	0,046647	0,104450		
Makeham Gompertz	2010	0.098385	0.080568	7.82E-09		Makeham Gompertz	2010	0,050989	0,083398	7,08E-08	
Perks	2010	0.028093	0.222705	0.063088	0.063486	Perks	2010	0,026571	0,168833	0,010527	0,065658
Beard	2010	0.085205	0.144799	-	0.134850	Beard	2010	0,034963	0,152469	-	0,079261
Weibull	2010	0.037023	0.820092			Weibull	2010	0,009560	1,117452		
Gompertz	2009	0.102808	0.081691			Gompertz	2009	0,051217	0,085539		
Kannisto	2009	0.096314	0.117503			Kannisto	2009	0,046157	0,108301		
Makeham Gompertz	2009	0.102795	0.081700	2.16E-08		Makeham Gompertz	2009	0,051234	0,085521	1,30E-07	
Perks	2009	0.016013	0.277327	0.081623	0.038989	Perks	2009	0,024105	0,168917	0,017221	0,054102
Beard	2009	0.082422	0.160099	-	0.134039	Beard	2009	0,037568	0,142411	-	0,071961
Weibull	2009	0.036917	0.844615			Weibull	2009	0,008883	1,157832		

EK C – AIC ve SSE Değerleri

Erkek AIC	Gompertz	Kannisto	Makeham	Perks	Beard	Weibull
2009	-77,634586	-82,552532	-75,634585	-87,404195	-86,449585	-79,979635
2010	-94,639580	-104,203837	-92,639581	-112,193819	-110,709102	-98,834421
2011	-97,430318	-96,699403	-95,430311	-94,990472	-97,157264	-98,920120
2012	-101,734794	-113,738574	-99,734643	-123,972178	-122,441592	-107,032917
2013	-106,558334	-111,929092	-104,558305	-110,352974	-112,419328	-110,369069
2014	-109,501640	-121,233323	-107,501617	-121,375453	-123,397550	-115,721599
2015	-90,725361	-98,773923	-88,725352	-115,341442	-117,185845	-94,875712
2016	-94,249618	-94,309824	-92,249618	-92,401297	-94,437964	-96,156484
2017	-80,518920	-86,777127	-78,518905	-92,744237	-92,400177	-83,300377
2018	-89,543760	-97,903885	-87,543748	-108,741806	-106,087372	-93,205065
2019	-107,285564	-133,920945	-105,285192	-141,215222	-139,614794	-115,279365

Erkek SSE	Gompertz	Kannisto	Makeham	Perks	Beard	Weibull
2009	0,015146	0,010524	0,015146	0,007338	0,008572	0,013388
2010	0,006189	0,003367	0,006189	0,001990	0,002391	0,004963
2011	0,005343	0,004998	0,005343	0,004922	0,004879	0,004941
2012	0,004260	0,002039	0,004260	0,001071	0,001289	0,003224
2013	0,003305	0,002242	0,003305	0,002193	0,002185	0,002704
2014	0,002831	0,001374	0,002831	0,001228	0,001226	0,002040
2015	0,007605	0,004481	0,007605	0,001687	0,001700	0,006112
2016	0,006317	0,005668	0,006317	0,005641	0,005630	0,005714
2017	0,013013	0,008426	0,013013	0,005540	0,006267	0,011241
2018	0,008093	0,004691	0,008093	0,002387	0,003050	0,006674
2019	0,003181	0,000705	0,003181	0,000432	0,000522	0,002089

Kadın AIC	Gompertz	Kannisto	Makeham	Perks	Beard	Weibull
2009	-127,566789	-140,029962	-125,566771	-154,654162	-155,372111	-135,133060
2010	-126,774152	-139,075171	-124,774128	-174,336342	-175,253935	-134,933123
2011	-125,227928	-135,748666	-123,227936	-182,230072	-181,288447	-132,872481
2012	-115,211764	-119,958381	-113,211769	-150,009401	-151,359846	-120,200653
2013	-129,694237	-138,948163	-127,694202	-174,610267	-176,609705	-137,433208
2014	-125,971577	-134,775350	-123,971700	-153,881252	-155,864243	-132,856324
2015	-119,126658	-127,888108	-117,126675	-164,695285	-161,223988	-125,415839
2016	-123,374467	-135,659330	-121,374476	-192,670440	-179,015472	-130,933596
2017	-116,373156	-125,446755	-114,373127	-169,931912	-160,860222	-122,461794
2018	-120,969190	-131,155247	-118,969125	-180,318533	-169,929549	-127,717380
2019	-118,396266	-127,612044	-116,396290	-158,204797	-153,960843	-124,434732

Kadın SSE	Gompertz	Kannisto	Makeham	Perks	Beard	Weibull
2009	0,004415	0,002354	0,004415	0,001143	0,001208	0,003178
2010	0,004570	0,002454	0,004570	0,000486	0,000509	0,003205
2011	0,004888	0,002836	0,004888	0,000345	0,000392	0,003506
2012	0,007555	0,005635	0,007555	0,001398	0,001439	0,006082
2013	0,004025	0,002468	0,004025	0,000480	0,000480	0,002875
2014	0,004732	0,002959	0,004732	0,001182	0,001183	0,003508
2015	0,006373	0,003991	0,006373	0,000739	0,000937	0,004848
2016	0,005298	0,002847	0,005298	0,000219	0,000432	0,003814
2017	0,007183	0,004438	0,007183	0,000588	0,000952	0,005513
2018	0,005882	0,003463	0,005882	0,000374	0,000642	0,004386
2019	0,006578	0,004040	0,006578	0,000979	0,001285	0,005059

EK D – Ölüm Hızları

Erkek	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
80	0.097736	0.095388	0.090421	0.092478	0.087095	0.089313	0.093747	0.085442	0.086916	0.083786	0.077381	0.086816	0.093026	0.081530
81	0.108599	0.105532	0.100694	0.102194	0.096395	0.099074	0.103138	0.095614	0.097105	0.093358	0.087317	0.098340	0.105791	0.093708
82	0.120508	0.116615	0.111990	0.112804	0.106574	0.109773	0.113350	0.106856	0.108346	0.103900	0.098392	0.111207	0.120075	0.107492
83	0.133527	0.128695	0.124379	0.124362	0.117686	0.121472	0.124430	0.119244	0.120715	0.115481	0.110702	0.125524	0.135995	0.123028
84	0.147717	0.141826	0.137924	0.136922	0.129790	0.134230	0.136422	0.132856	0.134283	0.128168	0.124339	0.141390	0.153658	0.140457
85	0.163130	0.156056	0.152688	0.150533	0.142936	0.148102	0.149368	0.147761	0.149117	0.142025	0.139393	0.158897	0.173154	0.159904
86	0.179813	0.171428	0.168723	0.165237	0.157174	0.163137	0.163305	0.164021	0.165277	0.157110	0.155945	0.178123	0.194555	0.181476
87	0.197798	0.187978	0.186072	0.181072	0.172544	0.179378	0.178264	0.181689	0.182813	0.173473	0.174065	0.199124	0.217905	0.205246
88	0.217106	0.205729	0.204765	0.198064	0.189080	0.196854	0.194266	0.200804	0.201758	0.191154	0.193806	0.221932	0.243210	0.231251
89	0.237740	0.224692	0.224818	0.216230	0.206805	0.215587	0.215639	0.221385	0.222134	0.210179	0.215204	0.246549	0.270438	0.259475
90	0.259685	0.244864	0.246226	0.235572	0.225728	0.235578	0.234130	0.243433	0.243939	0.230557	0.238266	0.272938	0.299508	0.289844
91	0.282904	0.266225	0.268966	0.256079	0.245847	0.256817	0.253694	0.266924	0.267149	0.252281	0.262970	0.301023	0.330289	0.322222
92	0.307337	0.288737	0.292989	0.277723	0.267140	0.279271	0.274306	0.291808	0.291715	0.275319	0.289264	0.330684	0.362595	0.356401
93	0.332901	0.312343	0.318225	0.300457	0.289570	0.302888	0.295930	0.318005	0.317561	0.299617	0.317056	0.361755	0.396191	0.392108
94	0.359487	0.336964	0.344574	0.324217	0.313078	0.327595	0.318510	0.345407	0.344584	0.325098	0.346217	0.394027	0.430797	0.429008
95	0.386965	0.362502	0.371915	0.348919	0.337587	0.353295	0.352235	0.373876	0.372650	0.351658	0.376582	0.427250	0.466092	0.466714
96	0.415181	0.388842	0.400101	0.374460	0.363001	0.379873	0.377229	0.403246	0.401601	0.379169	0.407948	0.461143	0.501730	0.504805
97	0.443966	0.415846	0.428964	0.400719	0.389205	0.407191	0.402942	0.433326	0.431255	0.407479	0.440082	0.495399	0.537350	0.542840
98	0.473131	0.443366	0.458319	0.427562	0.416064	0.435095	0.429255	0.463905	0.461411	0.436418	0.472726	0.529698	0.572593	0.580382
99	0.502481	0.471237	0.487966	0.454838	0.443432	0.463417	0.456036	0.494759	0.491852	0.465796	0.505605	0.563719	0.607114	0.617016
100	0.531814	0.499289	0.517697	0.482387	0.471147	0.491977	0.483145	0.525652	0.522353	0.495413	0.538436	0.597151	0.640597	0.652367
101	0.560928	0.527346	0.547304	0.510045	0.499041	0.520589	0.510432	0.556351	0.552689	0.525062	0.570937	0.629704	0.672765	0.686115
102	0.589629	0.555231	0.576580	0.537640	0.526941	0.549067	0.537745	0.586625	0.582637	0.554535	0.602837	0.661119	0.703387	0.718004
103	0.617733	0.582772	0.605329	0.565007	0.554674	0.577226	0.564930	0.616258	0.611988	0.583630	0.633886	0.691176	0.732283	0.747843
104	0.645070	0.609807	0.633366	0.591984	0.582070	0.604893	0.591837	0.645052	0.640548	0.612154	0.663862	0.719697	0.759328	0.775512
105	0.671492	0.636183	0.660528	0.618417	0.608970	0.631904	0.618322	0.672833	0.668146	0.639929	0.692573	0.746550	0.784444	0.800953
106	0.696872	0.661765	0.686674	0.644168	0.635223	0.658112	0.644249	0.699452	0.694635	0.666798	0.719867	0.771647	0.807604	0.824164
107	0.721105	0.686435	0.711685	0.669110	0.660695	0.683389	0.669496	0.724791	0.719896	0.692625	0.745628	0.794941	0.828818	0.845192
108	0.744112	0.710094	0.735469	0.693137	0.685270	0.707627	0.693952	0.748762	0.743838	0.717299	0.769778	0.816425	0.848133	0.864120
109	0.765837	0.732663	0.757957	0.716159	0.708849	0.730741	0.717523	0.771303	0.766398	0.740734	0.792273	0.836121	0.865622	0.881059
110	0.786248	0.754084	0.779109	0.738107	0.731355	0.752666	0.740132	0.792383	0.787538	0.762868	0.813104	0.854082	0.881379	0.896141
111	0.805332	0.774317	0.798902	0.758929	0.752727	0.773360	0.761716	0.811993	0.807246	0.783664	0.832289	0.870380	0.895511	0.909506
112	0.823096	0.793341	0.817337	0.778592	0.772928	0.792799	0.782232	0.830148	0.825532	0.803107	0.849867	0.885102	0.908135	0.921303
113	0.839561	0.811153	0.834433	0.797080	0.791934	0.810978	0.801648	0.846881	0.842421	0.821202	0.865900	0.898348	0.919371	0.931677
114	0.854765	0.827763	0.850222	0.814392	0.809741	0.827908	0.819952	0.862239	0.857956	0.837969	0.880462	0.910221	0.929340	0.940772
115	0.868752	0.843194	0.864749	0.830541	0.826358	0.843615	0.837142	0.876281	0.872193	0.853444	0.893637	0.920830	0.938159	0.948722
116	0.881580	0.857481	0.878070	0.845552	0.841807	0.858133	0.853228	0.889076	0.885193	0.867675	0.905515	0.930281	0.945941	0.955656
117	0.893307	0.870666	0.890245	0.859458	0.856121	0.871509	0.868231	0.900698	0.897027	0.880717	0.916191	0.938679	0.952794	0.961690
118	0.904000	0.882798	0.901340	0.872301	0.869341	0.883795	0.882182	0.911224	0.907769	0.892633	0.925760	0.946124	0.958815	0.966931
119	0.913725	0.893930	0.911426	0.884129	0.881515	0.895047	0.895117	0.920732	0.917493	0.903488	0.934315	0.952711	0.964098	0.971477
120	0.922549	0.904120	0.920572	0.894993	0.892694	0.905327	0.907077	0.929301	0.926275	0.913353	0.941946	0.958527	0.968725	0.975413

Kadın	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
80	0.073495	0.072906	0.071832	0.071822	0.066056	0.067539	0.068209	0.067705	0.067810	0.064631	0.063736	0.065509	0.073096	0.066071
81	0.081219	0.080288	0.078901	0.078274	0.072578	0.074514	0.075227	0.074976	0.074986	0.071590	0.070724	0.072988	0.081592	0.074356
82	0.089676	0.088347	0.086600	0.085251	0.079690	0.082146	0.082902	0.082958	0.082853	0.079235	0.078414	0.081245	0.090978	0.083587
83	0.098919	0.097129	0.094973	0.092788	0.087432	0.090483	0.091283	0.091707	0.091465	0.087620	0.086862	0.090346	0.101325	0.093848
84	0.109000	0.106682	0.104064	0.100918	0.095849	0.099575	0.100418	0.101275	0.100873	0.096798	0.096125	0.100355	0.112703	0.105224
85	0.119972	0.117053	0.113915	0.109674	0.104982	0.109470	0.110357	0.111720	0.111130	0.106825	0.106261	0.111338	0.125181	0.11780
86	0.131885	0.128288	0.124570	0.119089	0.114875	0.120217	0.121146	0.123094	0.122289	0.117756	0.117328	0.123357	0.138824	0.131658
87	0.144786	0.140429	0.136067	0.129195	0.125570	0.131863	0.132833	0.135449	0.134398	0.129642	0.129380	0.136474	0.153692	0.146874
88	0.158719	0.153516	0.148446	0.140022	0.137106	0.144452	0.145461	0.148834	0.147506	0.142535	0.142470	0.150747	0.169839	0.163518
89	0.173720	0.167586	0.161741	0.151599	0.149521	0.158024	0.159070	0.163292	0.161652	0.156479	0.156646	0.166225	0.187307	0.181647
90	0.189818	0.182666	0.175979	0.163951	0.162848	0.172615	0.173692	0.178860	0.176874	0.171515	0.171950	0.182949	0.206126	0.20130
91	0.207035	0.198780	0.191186	0.177098	0.177115	0.188251	0.189356	0.195564	0.193199	0.187673	0.188415	0.200951	0.226308	0.22250
92	0.225379	0.215940	0.207376	0.191059	0.192344	0.204952	0.206081	0.213424	0.210646	0.204978	0.206064	0.220247	0.24785	0.245255
93	0.244847	0.234148	0.224556	0.205846	0.208552	0.222729	0.223875	0.232442	0.229220	0.223439	0.224909	0.240837	0.270725	0.269525
94	0.265420	0.253395	0.242724	0.221463	0.225744	0.241579	0.242735	0.252612	0.248915	0.243055	0.244945	0.26270	0.294883	0.295258
95	0.287064	0.273659	0.261865	0.237910	0.243915	0.261487	0.262646	0.273907	0.269711	0.263807	0.266153	0.285807	0.320251	0.322363
96	0.309729	0.294904	0.281953	0.255179	0.263053	0.282426	0.283580	0.296285	0.291569	0.285663	0.288496	0.310089	0.346727	0.350718
97	0.333347	0.317078	0.302950	0.273251	0.283130	0.304350	0.305490	0.319687	0.314436	0.308571	0.311917	0.335464	0.374188	0.380168
98	0.357833	0.340114	0.324804	0.292102	0.304107	0.327200	0.328317	0.344034	0.338241	0.332460	0.336340	0.361827	0.402483	0.410528
99	0.383083	0.363933	0.347448	0.311695	0.325932	0.350900	0.351986	0.369228	0.362893	0.357244	0.361671	0.389049	0.431443	0.441584
100	0.408981	0.388438	0.370804	0.331986	0.348538	0.375359	0.376405	0.395156	0.388288	0.382815	0.387795	0.416981	0.46088	0.47310
101	0.435393	0.413520	0.394780	0.352921	0.371847	0.400471	0.401468	0.421688	0.414305	0.409052	0.414580	0.445456	0.490592	0.504841
102	0.462177	0.439058	0.419273	0.374435	0.395769	0.426117	0.427058	0.448679	0.440808	0.435818	0.441881	0.474294	0.520371	0.536538
103	0.489182	0.464924	0.444171	0.396458	0.420199	0.452166	0.453043	0.475976	0.467654	0.462962	0.469536	0.502390	0.550005	0.567943
104	0.516250	0.490980	0.469352	0.418909	0.445027	0.478481	0.479287	0.503418	0.494687	0.490328	0.497381	0.532292	0.579289	0.598811
105	0.543223	0.517085	0.494690	0.441700	0.470133	0.504915	0.505647	0.530839	0.521752	0.517753	0.525241	0.561063	0.608025	0.628915
106	0.569944	0.543097	0.520055	0.464740	0.495390	0.531322	0.531974	0.558075	0.548690	0.545070	0.552945	0.58943	0.636032	0.658049
107	0.596265	0.568876	0.545318	0.487932	0.520672	0.557555	0.558125	0.584966	0.575346	0.572119	0.580325	0.617214	0.663146	0.686038
108	0.622042	0.594287	0.570349	0.511175	0.545847	0.583470	0.583958	0.611360	0.601570	0.598744	0.607218	0.644253	0.689228	0.712737
109	0.647148	0.619203	0.595026	0.534370	0.570791	0.608932	0.609337	0.637117	0.627224	0.624799	0.633477	0.67040	0.71416	0.738031
110	0.671467	0.643507	0.619231	0.557418	0.595379	0.633815	0.634138	0.662111	0.652182	0.650150	0.658966	0.695537	0.737853	0.761843
111	0.694900	0.667093	0.642859	0.580221	0.619499	0.658004	0.658248	0.686230	0.676330	0.674680	0.683568	0.719557	0.760241	0.784124
112	0.717365	0.689871	0.665811	0.602686	0.643042	0.681397	0.681566	0.709384	0.699575	0.698288	0.707184	0.742384	0.781284	0.804854
113	0.738798	0.711764	0.688004	0.624727	0.665915	0.703911	0.704009	0.731498	0.721836	0.720892	0.729734	0.763963	0.800964	0.82404
114	0.759151	0.732710	0.709367	0.646263	0.688033	0.725475	0.725508	0.752516	0.743054	0.742427	0.751159	0.784259	0.819283	0.84171
115	0.778394	0.752663	0.729841	0.667221	0.709325	0.746035	0.746008	0.772400	0.763185	0.762847	0.771417	0.803259	0.83626	0.857913
116	0.796512	0.771591	0.749383	0.687538	0.729736	0.765553	0.765472	0.791131	0.782200	0.782124	0.790486	0.820968	0.85193	0.872707
117	0.813503	0.789475	0.767960	0.707159	0.749219	0.784005	0.783877	0.808702	0.800089	0.800244	0.808360	0.837406	0.866341	0.886166
118	0.829379	0.806311	0.785554	0.726038	0.767746	0.801381	0.801212	0.825121	0.816853	0.817209	0.825046	0.852606	0.879547	0.898367
119	0.844163	0.822104	0.802158	0.744141	0.785296	0.817685	0.817481	0.840409	0.832505	0.833033	0.840566	0.866611	0.891612	0.909394
120	0.857885	0.836869	0.817775	0.761441	0.801862	0.832929	0.832696	0.854596	0.847069	0.847744	0.854951	0.879473	0.90260	0.919332

EK E – Beklenen Yaşam Süreleri

Erkek	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
80	6.269569	6.448827	6.557484	6.604781	6.839000	6.683566	6.611750	6.708523	6.666090	6.875843	6.972794	6.429094	6.096860	6.440590
81	5.862437	6.044695	6.131146	6.196711	6.416229	6.261653	6.212884	6.262667	6.226373	6.433408	6.493825	5.967192	5.642911	5.945508
82	5.478229	5.662433	5.728231	5.810231	6.015406	5.862233	5.834139	5.841324	5.810808	6.014465	6.041079	5.532639	5.217370	5.480878
83	5.116609	5.301728	5.348473	5.445050	5.636287	5.485046	5.475092	5.444290	5.419171	5.618816	5.614486	5.125256	4.819989	5.046692
84	4.777152	4.962187	4.991510	5.100803	5.278551	5.129747	5.135212	5.071249	5.051131	5.246165	5.213842	4.744713	4.450351	4.642728
85	4.459343	4.643343	4.656884	4.777053	4.941800	4.795908	4.813848	4.721780	4.706256	4.896122	4.838810	4.390529	4.107868	4.268553
86	4.162592	4.344657	4.344053	4.473294	4.625561	4.483022	4.510208	4.395357	4.384013	4.568206	4.488919	4.062076	3.791797	3.923527
87	3.886232	4.065529	4.052389	4.188959	4.329295	4.190510	4.223324	4.091356	4.083780	4.261849	4.163575	3.758596	3.501247	3.606815
88	3.629534	3.805301	3.781194	3.923422	4.052400	3.917728	3.952006	3.809066	3.804850	3.976406	3.862064	3.479204	3.235198	3.317400
89	3.391711	3.563264	3.529703	3.676009	3.794219	3.663974	3.694760	3.547698	3.546443	3.711161	3.583570	3.222911	2.992521	3.054109
90	3.171933	3.338667	3.297097	3.446005	3.554047	3.428494	3.466930	3.306394	3.307715	3.465334	3.327180	2.988635	2.771994	2.815634
91	2.969330	3.130727	3.082510	3.232658	3.331138	3.210495	3.253678	3.084239	3.087768	3.238096	3.091904	2.775222	2.572329	2.600561
92	2.783011	2.938635	2.885045	3.035191	3.124715	3.009151	3.053756	2.880276	2.885666	3.028577	2.876685	2.581465	2.392191	2.407397
93	2.612064	2.761564	2.703779	2.852807	2.933975	2.823612	2.865617	2.693513	2.700442	2.835873	2.680421	2.406123	2.230223	2.234603
94	2.455573	2.598680	2.537774	2.684699	2.758101	2.653014	2.687246	2.522943	2.531112	2.659061	2.501976	2.247938	2.085062	2.080619
95	2.312626	2.449148	2.386092	2.530055	2.596268	2.496490	2.515868	2.367548	2.376685	2.497208	2.340198	2.105654	1.955363	1.943893
96	2.182318	2.312137	2.247799	2.388068	2.447649	2.353170	2.377714	2.226315	2.236176	2.349379	2.193934	1.978031	1.839814	1.822901
97	2.063765	2.186829	2.121974	2.257939	2.311424	2.222200	2.250699	2.098244	2.108612	2.214647	2.062042	1.863862	1.737148	1.716172
98	1.956108	2.072427	2.007719	2.138885	2.186786	2.102737	2.134111	1.982360	1.993042	2.092103	1.943404	1.761981	1.646157	1.622300
99	1.858516	1.968156	1.904164	2.030144	2.072948	1.993965	2.027253	1.877714	1.888546	1.980860	1.836937	1.671276	1.565700	1.539957
100	1.770194	1.873267	1.810471	1.930978	1.969144	1.895092	1.929454	1.783398	1.794238	1.880059	1.741601	1.590694	1.494710	1.467907
101	1.690386	1.787044	1.725840	1.840678	1.874637	1.805361	1.840067	1.698543	1.709272	1.788878	1.656406	1.519246	1.432193	1.405003
102	1.618374	1.708805	1.649513	1.758565	1.788719	1.724045	1.758471	1.622328	1.632848	1.706531	1.580416	1.456011	1.377235	1.350196
103	1.553483	1.637902	1.580774	1.683995	1.710717	1.650459	1.684078	1.553977	1.564210	1.632273	1.512755	1.400137	1.329000	1.302529
104	1.495082	1.573726	1.518949	1.616357	1.639992	1.583953	1.616326	1.492768	1.502651	1.565404	1.452606	1.350842	1.286725	1.261139
105	1.442582	1.515703	1.463411	1.555076	1.575942	1.523917	1.554688	1.438024	1.447511	1.505266	1.399213	1.307409	1.249723	1.225251
106	1.395436	1.463297	1.413577	1.499613	1.518000	1.469783	1.498666	1.389123	1.398179	1.451245	1.351880	1.269188	1.217372	1.194174
107	1.353138	1.416010	1.368906	1.449463	1.465637	1.421019	1.447794	1.345487	1.354089	1.402771	1.309970	1.235591	1.189116	1.167293
108	1.315221	1.373376	1.328900	1.404155	1.418358	1.377131	1.401635	1.306587	1.314723	1.359317	1.272900	1.206086	1.164460	1.144064
109	1.281255	1.334965	1.293098	1.363250	1.375701	1.337661	1.359778	1.271938	1.279602	1.320395	1.240141	1.180196	1.142960	1.124006
110	1.250842	1.300372	1.261075	1.326336	1.337230	1.302181	1.321841	1.241092	1.248285	1.285550	1.211211	1.157490	1.124222	1.106696
111	1.223609	1.269214	1.232432	1.293017	1.302531	1.270285	1.287450	1.213634	1.220361	1.254356	1.185666	1.137578	1.107890	1.091758
112	1.199187	1.241104	1.206776	1.262894	1.271185	1.241569	1.256233	1.189160	1.195430	1.226394	1.163086	1.120095	1.093635	1.078849
113	1.177172	1.215610	1.183680	1.235513	1.242717	1.215582	1.227762	1.167241	1.173064	1.201205	1.143034	1.104664	1.081120	1.067625
114	1.157022	1.192133	1.162578	1.210245	1.216477	1.191713	1.201449	1.147319	1.152699	1.178184	1.124964	1.090817	1.069924	1.057667
115	1.137779	1.169618	1.142487	1.185977	1.191325	1.168899	1.176248	1.128445	1.133375	1.156295	1.107972	1.077759	1.059320	1.048271
116	1.117356	1.145785	1.121285	1.160329	1.164844	1.144858	1.149909	1.108573	1.113019	1.133327	1.090119	1.063734	1.047663	1.037842
117	1.090601	1.115131	1.093773	1.127618	1.131300	1.114104	1.117006	1.082659	1.086533	1.103936	1.066581	1.044235	1.030638	1.022177
118	1.044051	1.063607	1.046422	1.073504	1.076276	1.062622	1.063673	1.037447	1.040567	1.054360	1.024492	1.006926	0.996233	0.989466
119	0.941536	0.954316	0.942992	0.960740	0.962451	0.953573	0.953375	0.937052	0.939112	0.948083	0.928488	0.917117	0.910185	0.905727
120	0.684334	0.688677	0.684797	0.690848	0.691397	0.688391	0.687976	0.682757	0.683463	0.686494	0.679822	0.676012	0.673690	0.672175

Kadın	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
80	7.662127	7.789304	7.931964	8.153566	8.353692	8.122614	8.082615	8.009924	8.040011	8.234458	8.255461	8.012475	7.451002	7.727229
81	7.208590	7.340842	7.485703	7.723738	7.890195	7.655430	7.618082	7.536196	7.569244	7.751038	7.766033	7.521279	6.978366	7.221050
82	6.776518	6.913053	7.059516	7.312196	7.446762	7.209243	7.174479	7.084288	7.119986	7.289413	7.298752	7.053157	6.529428	6.740096
83	6.365792	6.505812	6.653280	6.918800	7.023321	6.783987	6.751733	6.654147	6.692179	6.849567	6.853624	6.608115	6.104116	6.284437
84	5.976220	6.118928	6.266812	6.543365	6.619744	6.379525	6.349700	6.245645	6.285689	6.431405	6.430569	6.186069	5.702258	5.854023
85	5.607535	5.752146	5.899868	6.185658	6.235840	5.995653	5.968167	5.858755	5.900307	6.034755	6.029429	5.786843	5.323581	5.448682
86	5.259399	5.405144	5.552149	5.845405	5.871361	5.632098	5.606857	5.492654	5.535754	5.659369	5.649964	5.410168	4.967717	5.068122
87	4.931405	5.077544	5.223295	5.522288	5.525999	5.288520	5.265425	5.147525	5.191677	5.304923	5.291853	5.055685	4.634204	4.711932
88	4.623084	4.768905	4.912897	5.215952	5.199393	4.964520	4.943465	4.822759	4.867656	4.971022	4.954701	4.722952	4.322491	4.379587
89	4.333905	4.478736	4.620495	4.926002	4.891130	4.659636	4.640515	4.517862	4.563209	4.657201	4.638038	4.411442	4.031946	4.070455
90	4.063283	4.206496	4.345585	4.652011	4.600746	4.373352	4.356056	4.232278	4.277793	4.362933	4.341329	4.120556	3.761865	3.783805
91	3.810586	3.951602	4.087620	4.393521	4.327737	4.105105	4.089522	3.965395	4.010814	4.087630	4.063974	3.849625	3.511476	3.518819
92	3.575138	3.713430	3.846021	4.150046	4.071556	3.854285	3.840303	3.716553	3.761630	3.830656	3.805321	3.597920	3.279954	3.274601
93	3.356232	3.491328	3.620175	3.921078	3.831622	3.620244	3.607755	3.485049	3.529559	3.591328	3.564666	3.364663	3.066431	3.050195
94	3.153130	3.284615	3.409447	3.706087	3.607326	3.402306	3.391199	3.270146	3.313885	3.368924	3.341269	3.149030	2.870001	2.844592
95	2.965076	3.092592	3.213181	3.504530	3.398033	3.199766	3.189934	3.071081	3.113868	3.162694	3.134354	2.950168	2.689738	2.656749
96	2.791301	2.914547	3.030709	3.315849	3.203091	3.011902	3.003242	2.887070	2.928746	2.971864	2.943123	2.767201	2.524702	2.485601
97	2.631028	2.749760	2.861351	3.139481	3.021834	2.837980	2.830392	2.717319	2.757749	2.795646	2.766761	2.599236	2.373950	2.330074
98	2.483482	2.597510	2.704429	2.974856	2.853589	2.677261	2.670648	2.561030	2.600100	2.633243	2.604445	2.445381	2.236546	2.189096
99	2.347894	2.457080	2.559262	2.821406	2.697679	2.529005	2.523276	2.417405	2.455025	2.483860	2.455352	2.304743	2.111567	2.061614
100	2.223507	2.327760	2.425179	2.678561	2.553430	2.392478	2.387546	2.285656	2.321755	2.346704	2.318664	2.176444	1.998115	1.946595
101	2.109582	2.208856	2.301518	2.545762	2.420176	2.266958	2.262742	2.165010	2.199537	2.220996	2.193577	2.059624	1.895318	1.843042
102	2.005399	2.099690	2.187630	2.422455	2.297259	2.151736	2.148161	2.054714	2.087635	2.105974	2.079303	1.953447	1.802339	1.750000
103	1.910264	1.999604	2.082886	2.308098	2.184038	2.046126	2.043120	1.954035	1.985335	2.000898	1.975080	1.857108	1.718378	1.666556
104	1.823513	1.907966	1.986676	2.202163	2.079887	1.949461	1.946959	1.862270	1.891948	1.905052	1.880170	1.769834	1.642676	1.591851
105	1.744508	1.824167	1.898412	2.104136	1.984203	1.861102	1.859044	1.778747	1.806813	1.817750	1.793867	1.690891	1.574519	1.525077
106	1.672646	1.747628	1.817532	2.013522	1.896403	1.780436	1.778767	1.702824	1.729302	1.738336	1.715499	1.619584	1.513236	1.465479
107	1.607354	1.677796	1.743499	1.929842	1.815929	1.706880	1.705551	1.633894	1.658815	1.666189	1.644428	1.555258	1.458200	1.412359
108	1.548096	1.614150	1.675802	1.852638	1.742251	1.639882	1.638847	1.571382	1.594789	1.600720	1.580050	1.497298	1.408830	1.365070
109	1.494366	1.556198	1.613958	1.781471	1.674861	1.578919	1.578138	1.514752	1.536691	1.541376	1.521800	1.445133	1.364589	1.323021
110	1.445694	1.503477	1.557511	1.715923	1.613282	1.523501	1.522937	1.463499	1.484024	1.487637	1.469149	1.398231	1.324980	1.285668
111	1.401638	1.455556	1.506032	1.655595	1.557060	1.473168	1.472790	1.417155	1.436323	1.439020	1.421604	1.356100	1.289550	1.252518
112	1.361793	1.412029	1.459119	1.600109	1.505770	1.427489	1.427267	1.375283	1.393153	1.395072	1.378705	1.318287	1.257880	1.223121
113	1.325777	1.372518	1.416392	1.549102	1.459009	1.386062	1.385972	1.337478	1.354110	1.355374	1.340027	1.284373	1.229591	1.197072
114	1.293239	1.336669	1.377495	1.502225	1.416397	1.348510	1.348528	1.303362	1.318820	1.319535	1.305175	1.253974	1.204335	1.174002
115	1.263847	1.304145	1.342085	1.459132	1.377566	1.314474	1.314582	1.272581	1.286925	1.287185	1.273776	1.226733	1.181790	1.153575
116	1.237277	1.274613	1.309819	1.419460	1.342147	1.283602	1.283781	1.244791	1.258079	1.257966	1.245472	1.202307	1.161655	1.135480
117	1.213189	1.247716	1.280323	1.382785	1.309732	1.255515	1.255752	1.219632	1.231917	1.231503	1.219889	1.180350	1.143623	1.119408
118	1.191164	1.223001	1.253111	1.348517	1.279794	1.229742	1.230022	1.196662	1.207987	1.207335	1.196576	1.160451	1.127335	1.105008
119	1.170536	1.199745	1.227398	1.315666	1.251483	1.205535	1.205845	1.175199	1.185584	1.184752	1.174840	1.141986	1.112241	1.091760
120	1.149986	1.176508	1.201630	1.282289	1.223138	1.181425	1.181753	1.153894	1.163321	1.162366	1.153331	1.123734	1.097243	1.078630

EK F – Ölüm Olasılıkları

Erkek	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
80	0.093182	0.091046	0.086510	0.088391	0.083460	0.085495	0.089549	0.081942	0.083296	0.080417	0.074499	0.083204	0.088891	0.078336
81	0.103006	0.100243	0.095868	0.097226	0.091963	0.094398	0.098080	0.091252	0.092609	0.089195	0.083664	0.093731	0.100476	0.089514
82	0.113659	0.110190	0.106052	0.106781	0.101182	0.104062	0.107271	0.101436	0.102778	0.098769	0.093778	0.105349	0.113275	0.102009
83	0.125170	0.120915	0.117097	0.117082	0.111146	0.114517	0.117142	0.112535	0.113844	0.109177	0.104896	0.118111	0.127337	0.115899
84	0.137557	0.132434	0.129026	0.128149	0.121880	0.125788	0.127711	0.124580	0.125834	0.120449	0.117061	0.132054	0.142694	0.131240
85	0.150828	0.144760	0.141858	0.139996	0.133402	0.137891	0.138988	0.137595	0.138771	0.132608	0.130311	0.147202	0.159357	0.148066
86	0.164980	0.157895	0.155597	0.152628	0.145722	0.150834	0.150978	0.151589	0.152662	0.145667	0.144665	0.163556	0.177307	0.166379
87	0.179997	0.171828	0.170234	0.166040	0.158480	0.164614	0.163675	0.166558	0.167502	0.159627	0.160128	0.181094	0.196396	0.186144
88	0.195846	0.186540	0.185748	0.180217	0.172748	0.179215	0.177067	0.182482	0.183270	0.174478	0.176685	0.199765	0.216841	0.207284
89	0.212483	0.201998	0.202100	0.195133	0.187425	0.194609	0.194652	0.199321	0.199929	0.190192	0.194297	0.219491	0.238226	0.229677
90	0.229842	0.218155	0.219236	0.210749	0.202836	0.210754	0.209594	0.217018	0.217420	0.206726	0.212902	0.240163	0.260498	0.253156
91	0.247846	0.234950	0.237082	0.227013	0.218935	0.227592	0.225136	0.235495	0.235669	0.224022	0.232412	0.261643	0.283474	0.277512
92	0.266400	0.252311	0.255542	0.243860	0.235663	0.245053	0.241222	0.254653	0.254582	0.242004	0.252714	0.283766	0.306946	0.302496
93	0.285396	0.270153	0.274552	0.261215	0.252947	0.263051	0.257787	0.274378	0.274408	0.260580	0.273671	0.306344	0.330684	0.327835
94	0.304716	0.288377	0.293933	0.278990	0.270702	0.281488	0.274754	0.294539	0.293940	0.279643	0.295128	0.329175	0.354449	0.353237
95	0.324232	0.306880	0.313599	0.297089	0.288834	0.300256	0.299490	0.314992	0.314121	0.299073	0.316910	0.352045	0.378000	0.378410
96	0.343810	0.325458	0.333403	0.315406	0.307328	0.319328	0.317369	0.335584	0.334444	0.318741	0.338834	0.374739	0.401106	0.403069
97	0.363316	0.344266	0.353207	0.333833	0.325803	0.338312	0.335374	0.356159	0.354759	0.338511	0.360711	0.397050	0.423552	0.426956
98	0.382617	0.362914	0.372872	0.352526	0.344415	0.357354	0.353404	0.376561	0.374916	0.358245	0.382352	0.418784	0.445149	0.449842
99	0.401586	0.381378	0.392261	0.370564	0.362958	0.376239	0.371360	0.396639	0.394768	0.377805	0.403579	0.439767	0.465737	0.471541
100	0.420105	0.399545	0.411247	0.388648	0.381318	0.394849	0.389140	0.416251	0.414179	0.397059	0.424227	0.459851	0.485191	0.491913
101	0.438066	0.417312	0.429713	0.406403	0.399386	0.413069	0.406649	0.435269	0.433025	0.415880	0.444147	0.478916	0.503422	0.510861
102	0.455377	0.434584	0.447555	0.423733	0.417058	0.430798	0.423797	0.453583	0.451195	0.434458	0.463215	0.496783	0.520374	0.528332
103	0.471960	0.451277	0.464685	0.440550	0.434422	0.447944	0.440503	0.471099	0.468599	0.451791	0.481332	0.513661	0.536023	0.544313
104	0.487753	0.467319	0.481031	0.456781	0.450856	0.464428	0.456693	0.487742	0.485163	0.468697	0.498421	0.529248	0.550371	0.558824
105	0.502709	0.482655	0.496359	0.472360	0.466828	0.480188	0.472304	0.503460	0.500832	0.484808	0.514432	0.543627	0.563448	0.571915
106	0.516800	0.497238	0.511170	0.487237	0.482102	0.495172	0.487283	0.518218	0.515569	0.500074	0.529340	0.556815	0.575298	0.583652
107	0.530009	0.511038	0.524902	0.501373	0.496633	0.509348	0.501590	0.531998	0.529356	0.514461	0.543139	0.568843	0.585982	0.594120
108	0.542334	0.524036	0.537728	0.514743	0.510392	0.522692	0.515193	0.544799	0.542188	0.527590	0.555841	0.579760	0.595951	0.603411
109	0.553783	0.536226	0.549651	0.527332	0.523358	0.535196	0.528071	0.556666	0.554076	0.540537	0.567475	0.589623	0.604143	0.611622
110	0.564378	0.547611	0.560690	0.539137	0.535525	0.546863	0.540216	0.567532	0.565042	0.552229	0.578083	0.598499	0.611776	0.618852
111	0.574144	0.558203	0.570688	0.550162	0.546896	0.557706	0.551625	0.577521	0.575116	0.563045	0.587715	0.606456	0.618551	0.625196
112	0.583116	0.568023	0.580220	0.560422	0.557481	0.567745	0.562305	0.586647	0.584337	0.573012	0.596426	0.613567	0.624548	0.630748
113	0.591332	0.577096	0.588783	0.569937	0.567301	0.577008	0.572269	0.594954	0.592749	0.582165	0.604278	0.619903	0.629842	0.635593
114	0.598834	0.584544	0.596601	0.578734	0.575681	0.585527	0.581536	0.604942	0.600909	0.590541	0.611334	0.625534	0.634505	0.639813
115	0.605666	0.593132	0.603717	0.586843	0.584751	0.593340	0.590130	0.609315	0.607336	0.598185	0.617656	0.630526	0.638603	0.643480
116	0.611873	0.600166	0.610180	0.594297	0.592445	0.600485	0.598079	0.615474	0.613611	0.605142	0.623308	0.634943	0.642200	0.646663
117	0.617499	0.606595	0.616034	0.601133	0.599499	0.607004	0.607004	0.621022	0.619274	0.611457	0.628348	0.638844	0.645351	0.649620
118	0.622590	0.612459	0.621327	0.607388	0.605952	0.612939	0.612163	0.626007	0.624375	0.617177	0.632834	0.642284	0.648108	0.651806
119	0.627187	0.617797	0.626103	0.613099	0.611841	0.618330	0.618363	0.630480	0.628960	0.622347	0.636820	0.645313	0.650517	0.653868
120	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

EK G – 2025-2050 Yaşları İçin Lee Carter ile Tahmin Edilen Ölüm Hızları

Erkek	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Kadın	2025	2030	2035	2040	2045	2050
80	0,0811	0,0750	0,0695	0,0645	0,0601	0,0560	80	0,0638	0,0595	0,0556	0,0522	0,0491	0,0463
81	0,0906	0,0841	0,0782	0,0729	0,0681	0,0637	81	0,0706	0,0661	0,0621	0,0584	0,0552	0,0522
82	0,1012	0,0943	0,0880	0,0823	0,0771	0,0724	82	0,0781	0,0734	0,0692	0,0654	0,0619	0,0588
83	0,1128	0,1055	0,0988	0,0928	0,0872	0,0821	83	0,0863	0,0815	0,0771	0,0731	0,0694	0,0662
84	0,1256	0,1179	0,1109	0,1044	0,0985	0,0931	84	0,0954	0,0904	0,0858	0,0816	0,0778	0,0744
85	0,1395	0,1315	0,1241	0,1173	0,1111	0,1053	85	0,1052	0,1001	0,0954	0,0910	0,0871	0,0835
86	0,1548	0,1465	0,1388	0,1316	0,1250	0,1189	86	0,1159	0,1107	0,1059	0,1014	0,0974	0,0936
87	0,1714	0,1628	0,1548	0,1474	0,1404	0,1340	87	0,1276	0,1223	0,1174	0,1129	0,1087	0,1048
88	0,1894	0,1806	0,1723	0,1646	0,1574	0,1507	88	0,1403	0,1350	0,1300	0,1254	0,1212	0,1172
89	0,2088	0,1998	0,1914	0,1834	0,1760	0,1690	89	0,1540	0,1487	0,1438	0,1392	0,1349	0,1309
90	0,2297	0,2206	0,2120	0,2039	0,1963	0,1891	90	0,1688	0,1636	0,1587	0,1542	0,1499	0,1459
91	0,2519	0,2428	0,2342	0,2260	0,2183	0,2110	91	0,1846	0,1797	0,1749	0,1704	0,1662	0,1622
92	0,2756	0,2666	0,2580	0,2498	0,2421	0,2347	92	0,2017	0,1969	0,1924	0,1880	0,1839	0,1800
93	0,3005	0,2917	0,2833	0,2752	0,2675	0,2601	93	0,2198	0,2154	0,2111	0,2070	0,2031	0,1993
94	0,3268	0,3182	0,3100	0,3021	0,2946	0,2873	94	0,2391	0,2351	0,2311	0,2273	0,2237	0,2202
95	0,3541	0,3459	0,3381	0,3305	0,3232	0,3161	95	0,2596	0,2560	0,2525	0,2491	0,2458	0,2425
96	0,3824	0,3747	0,3673	0,3601	0,3532	0,3464	96	0,2811	0,2781	0,2751	0,2721	0,2692	0,2663
97	0,4116	0,4045	0,3976	0,3909	0,3844	0,3780	97	0,3037	0,3013	0,2989	0,2965	0,2941	0,2916
98	0,4413	0,4349	0,4286	0,4225	0,4165	0,4107	98	0,3273	0,3256	0,3238	0,3220	0,3202	0,3182
99	0,4715	0,4659	0,4603	0,4548	0,4494	0,4442	99	0,3518	0,3509	0,3498	0,3487	0,3475	0,3461
100	0,5020	0,4971	0,4922	0,4875	0,4828	0,4782	100	0,3771	0,3770	0,3768	0,3764	0,3758	0,3751
101	0,5324	0,5283	0,5243	0,5203	0,5163	0,5124	101	0,4030	0,4039	0,4045	0,4049	0,4051	0,4049
102	0,5625	0,5593	0,5561	0,5529	0,5496	0,5464	102	0,4296	0,4314	0,4328	0,4340	0,4350	0,4356
103	0,5922	0,5899	0,5875	0,5850	0,5826	0,5801	103	0,4565	0,4593	0,4616	0,4636	0,4654	0,4667
104	0,6213	0,6197	0,6181	0,6165	0,6148	0,6130	104	0,4837	0,4874	0,4906	0,4935	0,4960	0,4980
105	0,6495	0,6487	0,6479	0,6470	0,6460	0,6449	105	0,5110	0,5156	0,5197	0,5234	0,5267	0,5294
106	0,6767	0,6767	0,6766	0,6763	0,6760	0,6756	106	0,5383	0,5438	0,5487	0,5532	0,5572	0,5606
107	0,7028	0,7034	0,7040	0,7044	0,7047	0,7049	107	0,5653	0,5716	0,5773	0,5825	0,5872	0,5913
108	0,7276	0,7288	0,7300	0,7309	0,7318	0,7325	108	0,5919	0,5990	0,6055	0,6113	0,6166	0,6213
109	0,7510	0,7528	0,7545	0,7559	0,7573	0,7584	109	0,6180	0,6258	0,6329	0,6394	0,6452	0,6504
110	0,7731	0,7754	0,7774	0,7793	0,7810	0,7826	110	0,6435	0,6519	0,6595	0,6665	0,6728	0,6784
111	0,7937	0,7964	0,7988	0,8011	0,8031	0,8050	111	0,6681	0,6771	0,6852	0,6926	0,6993	0,7052
112	0,8130	0,8159	0,8186	0,8211	0,8234	0,8256	112	0,6919	0,7013	0,7097	0,7175	0,7244	0,7306
113	0,8308	0,8340	0,8369	0,8396	0,8421	0,8444	113	0,7147	0,7244	0,7331	0,7411	0,7483	0,7546
114	0,8472	0,8506	0,8536	0,8565	0,8591	0,8616	114	0,7364	0,7463	0,7553	0,7634	0,7707	0,7771
115	0,8623	0,8658	0,8689	0,8719	0,8746	0,8771	115	0,7570	0,7671	0,7762	0,7843	0,7917	0,7982
116	0,8762	0,8797	0,8829	0,8858	0,8886	0,8911	116	0,7766	0,7867	0,7957	0,8039	0,8112	0,8176
117	0,8888	0,8923	0,8955	0,8984	0,9012	0,9037	117	0,7950	0,8050	0,8140	0,8221	0,8293	0,8356
118	0,9003	0,9037	0,9069	0,9098	0,9125	0,9150	118	0,8122	0,8221	0,8310	0,8389	0,8460	0,8522
119	0,9107	0,9141	0,9172	0,9200	0,9226	0,9250	119	0,8283	0,8381	0,8467	0,8545	0,8613	0,8673
120	0,9201	0,9234	0,9264	0,9291	0,9317	0,9340	120	0,8433	0,8528	0,8612	0,8687	0,8754	0,8811

EK H – 2025-2050 Yaşları İçin Lee Carter ile Tahmin Edilen Beklenen Yaşam Süreleri

Erkek	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Kadın	2025	2030	2035	2040	2045	2050
80	6,9577	7,2249	7,4862	7,7411	7,9895	8,2313	80	8,3131	8,5536	8,7842	9,0040	9,2122	9,4103
81	6,5033	6,7486	6,9890	7,2240	7,4533	7,6771	81	7,8276	8,0471	8,2581	8,4595	8,6506	8,8330
82	6,0730	6,2973	6,5174	6,7329	6,9436	7,1495	82	7,3638	7,5630	7,7549	7,9384	8,1129	8,2798
83	5,6668	5,8708	6,0713	6,2679	6,4605	6,6490	83	6,9217	7,1014	7,2748	7,4410	7,5993	7,7510
84	5,2843	5,4689	5,6505	5,8290	6,0041	6,1757	84	6,5013	6,6622	6,8179	6,9674	7,1100	7,2471
85	4,9252	5,0913	5,2550	5,4161	5,5744	5,7297	85	6,1022	6,2453	6,3841	6,5175	6,6452	6,7682
86	4,5891	4,7377	4,8844	5,0289	5,1711	5,3109	86	5,7244	5,8506	5,9733	6,0915	6,2047	6,3143
87	4,2753	4,4075	4,5381	4,6670	4,7940	4,9189	87	5,3674	5,4777	5,5852	5,6890	5,7886	5,8853
88	3,9831	4,1000	4,2157	4,3299	4,4425	4,5535	88	5,0309	5,1263	5,2196	5,3098	5,3966	5,4811
89	3,7120	3,8147	3,9163	4,0168	4,1161	4,2139	89	4,7145	4,7961	4,8760	4,9535	5,0283	5,1014
90	3,4610	3,5506	3,6394	3,7272	3,8140	3,8996	90	4,4177	4,4864	4,5540	4,6198	4,6833	4,7458
91	3,2294	3,3069	3,3838	3,4600	3,5353	3,6097	91	4,1397	4,1967	4,2530	4,3079	4,3612	4,4138
92	3,0161	3,0827	3,1488	3,2143	3,2792	3,3433	92	3,8802	3,9263	3,9723	4,0173	4,0611	4,1048
93	2,8203	2,8770	2,9333	2,9892	3,0445	3,0993	93	3,6383	3,6747	3,7112	3,7472	3,7825	3,8179
94	2,6410	2,6888	2,7363	2,7835	2,8303	2,8766	94	3,4133	3,4410	3,4691	3,4970	3,5245	3,5526
95	2,4771	2,5171	2,5567	2,5961	2,6353	2,6740	95	3,2046	3,2244	3,2450	3,2657	3,2863	3,3077
96	2,3278	2,3607	2,3935	2,4260	2,4583	2,4904	96	3,0113	3,0243	3,0382	3,0525	3,0670	3,0826
97	2,1920	2,2188	2,2454	2,2719	2,2982	2,3244	97	2,8327	2,8396	2,8477	2,8564	2,8656	2,8760
98	2,0688	2,0902	2,1115	2,1327	2,1538	2,1748	98	2,6680	2,6697	2,6727	2,6766	2,6811	2,6871
99	1,9573	1,9740	1,9906	2,0073	2,0239	2,0404	99	2,5164	2,5135	2,5123	2,5120	2,5126	2,5148
100	1,8564	1,8691	1,8818	1,8945	1,9073	1,9200	100	2,3771	2,3704	2,3655	2,3617	2,3590	2,3580
101	1,7655	1,7747	1,7841	1,7935	1,8029	1,8124	101	2,2493	2,2395	2,2315	2,2249	2,2194	2,2157
102	1,6835	1,6899	1,6964	1,7030	1,7097	1,7165	102	2,1323	2,1199	2,1095	2,1004	2,0927	2,0868
103	1,6099	1,6138	1,6179	1,6222	1,6266	1,6311	103	2,0254	2,0109	1,9985	1,9876	1,9781	1,9704
104	1,5437	1,5457	1,5478	1,5501	1,5527	1,5553	104	1,9278	1,9117	1,8977	1,8853	1,8744	1,8654
105	1,4844	1,4847	1,4853	1,4860	1,4870	1,4881	105	1,8388	1,8215	1,8064	1,7929	1,7810	1,7710
106	1,4313	1,4303	1,4296	1,4290	1,4288	1,4287	106	1,7578	1,7397	1,7237	1,7095	1,6969	1,6862
107	1,3838	1,3817	1,3800	1,3785	1,3772	1,3762	107	1,6842	1,6655	1,6491	1,6344	1,6213	1,6102
108	1,3413	1,3385	1,3359	1,3336	1,3317	1,3299	108	1,6173	1,5984	1,5817	1,5668	1,5535	1,5421
109	1,3034	1,2999	1,2968	1,2940	1,2914	1,2891	109	1,5566	1,5377	1,5209	1,5060	1,4927	1,4812
110	1,2696	1,2657	1,2621	1,2589	1,2559	1,2532	110	1,5017	1,4829	1,4663	1,4515	1,4383	1,4269
111	1,2395	1,2352	1,2314	1,2278	1,2246	1,2217	111	1,4519	1,4334	1,4171	1,4026	1,3897	1,3785
112	1,2126	1,2082	1,2042	1,2005	1,1971	1,1939	112	1,4069	1,3888	1,3729	1,3588	1,3462	1,3354
113	1,1887	1,1842	1,1801	1,1763	1,1728	1,1696	113	1,3662	1,3487	1,3333	1,3196	1,3075	1,2970
114	1,1674	1,1629	1,1588	1,1550	1,1515	1,1483	114	1,3294	1,3125	1,2977	1,2845	1,2729	1,2629
115	1,1485	1,1440	1,1399	1,1362	1,1328	1,1295	115	1,2961	1,2799	1,2657	1,2532	1,2421	1,2325
116	1,1316	1,1272	1,1232	1,1195	1,1163	1,1128	116	1,2660	1,2505	1,2370	1,2250	1,2145	1,2055
117	1,1163	1,1121	1,1082	1,1047	1,1016	1,0977	117	1,2384	1,2237	1,2109	1,1996	1,1897	1,1812
118	1,1022	1,0982	1,0945	1,0911	1,0885	1,0830	118	1,2126	1,1988	1,1867	1,1762	1,1669	1,1589
119	1,0882	1,0844	1,0809	1,0778	1,0760	1,0662	119	1,1871	1,1742	1,1631	1,1533	1,1448	1,1374
120	1,0717	1,0682	1,0650	1,0621	1,0624	1,0406	120	1,1585	1,1468	1,1367	1,1279	1,1202	1,1136

KAYNAKLAR

- Akaike, H. (1973). Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. In B. N. Petrov & F. Csaki (Eds.), *International Symposium on Information Theory*, 267–281.
- Beard, R. E. (1959). Note on Some Mathematical Mortality Models, The Lifespan of Animals. In: Wolstenholme, G.E.W. and O’Conner, M., Eds., *Ciba Foundation Colloquium on Ageing*, Little, Brown and Company, Boston, 302-311.
- Bongaarts, J. (2005). Long-Range Trends in Adult Mortality: Models and Projection Methods, *Demography*, 42(1), 23-49.
- Borah, M., & Mahanta, D. J. (2013). Rapid Parameter Estimation of Three Parameter Nonlinear Growth Models, *International Journal of Mathematical Archive*, 4(2), 274-282.
- Carey, J. R., Liedo, P., Orozco, D., & Vaupel, J. W. (1992). Slowing of Mortality Rates at Older Ages in Large Medfly Cohorts, *Science*, 258(5081), 457–461.
- Carmichael, G. A. (2016). Fundamentals of Demographic Analysis: Concepts, Measures and Methods, *The Springer Series on Demographic Methods and Population Analysis*, Volume 38, 149-151.
- Coale, A. J., & Kisker, E. E. (1990). Defects in Data on Old-Age Mortality in the United States: New Procedures for Calculating Mortality Schedules and Life Tables at the Highest Ages, *Asian and Pacific Population Forum*, 4(1), 1–31.
- Coşan, B. (2022). Türkiye’de Doğurganlığın Değişimi: Sosyal Politika Açısından Riskler ve Fırsatlar, *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 22 (56), 597- 617
- Dattani, S., Rodés-Guirao, L., Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E., & Roser, M. (2023). Life Expectancy, <https://ourworldindata.org/life-expectancy>, (Erişim tarihi: 9 Nisan 2024)
- Dotlačilová, P. (2021). Modelling of Mortality – Kannisto and Weibull Model, *The 15th International Days of Statistics and Economics*, September 9-11, 2021, Prague, s237-246.
- Debon, A., Montes, F., & Puig, F. (2008). Modelling and Forecasting Mortality in Spain, *European Journal of Operational Research*, 189, 624-637.
- Erol, M. (2012). Avrupa Birliğinde Nüfusun Yaşlanması ve Sağlık Harcamalarına Etkisi, *Sosyal Güvence Dergisi*, 1, 54-81
- Fertility Rate, Total Births (per woman), The World Bank, <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.TFRT.IN>, (Erişim Tarihi: 29 Şubat 2024)
- Gavrilov, L. A., & Gavrilova, N. S. (2011). Mortality Measurement at Advanced Ages: A Study of the Social Security Administration Death Master File, *North American Actuarial Journal*, 15(3), 432-447
- Gavrilov, L. A., & Gavrilova, N. S. (2014). Mortality Trajectories at Extreme Old Ages: A Comparative Study of Different Data Sources on U.S. Old-Age Mortality, *Living to 100 monograph*
- Gavrilov, L. A., & Gavrilova, N. S. (2015). Biodemography of Old Age Mortality in

- Humans and Rodents, The Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 70(1), 1-9.
- Gavrilov L. A., & Gavrilova N. S. (2019). New Trend in Old-Age Mortality: Gompertzialization of Mortality Trajectory, *Gerontology*, 65(5):451-457
- Gompertz, B. (1825). On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and on a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 115, 513-583.
- Greenwood, M., & Irwin, J. O. (1939). The Biostatistics of Senility, *Human Biology*, 11, 1-23
- HMD., Human Mortality Database, Max Planck Institute for Demographic Research (Germany), University of California, Berkeley (USA), and French Institute for Demographic Studies (France), www.mortality.org
- Horiuchi, S., & Coale, A. J. (1990). Age Patterns of Mortality for Older Women: An Analysis Using the Age Specific Rate of Mortality Change with Age, *Mathematical Population Studies*, 2, 245-267.
- Horiuchi, S., & Wilmoth, J. R. (1998). Deceleration in the Age Pattern of Mortality at Older Ages, *Demography*, 35(4), 391-412
- Kannisto, V. (1994). Development of Oldest-Old Mortality, 1950-1990: Evidence from 28 Developed Countries, Odense University Press.
- Keskin, F., Çağatay, P., & Türkyılmaz, A. S. (2024). Türkiye’de Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi’ndeki Yaş Yığılmalarına İlişkin Değerlendirme. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 487-506.
- Khazaeli, A. A., Xiu, L., & Curtsinger, J. W. (1995). Stress Experiments as a Means of Investigating Age Specific Mortality in *Drosophila Melanogaster*, *Experimental Gerontology*, 30(2), 177-184.
- Kul, F. (2016), Heterojen Ölümlülük Yapılarının Modellenmesi ve Projeksiyonu, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kul, F., & Sucu, M. (2016). Türkiye Nüfusu İçin Stokastik Ölümlülük Modelleri, *Nüfusbilim Dergisi*, 34(1), 31-50.
- Makeham, W. M. (1860). On the Law of Mortality and the Construction of Annuity Tables, *Journal of the Institute of Actuaries*, 8, 301-310.
- Our World in Data, Life Expectancy, OurWorldInData.org/life-expectancy, (Erişim tarihi: 23 Mayıs 2024)
- Öner, C., & Çatak, B. (2019). Bebek Ölümünün Temel Nedenleri Değişiyor mu? Kayıt Temelli Kesitsel bir Çalışma, *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 13(3): 311-317.
- Pascariu, M. D., & Torres, C. (2020). Force of Mortality. In: Gu, D., Dupre, M.E. (eds) *Encyclopedia of Gerontology and Population Aging*. Springer, Cham.
- Perks, W. (1932). On Some Experiments in the Graduation of Mortality Statistics, *Journal of the Institute of Actuaries*, 63, 12-57.
- Rowland, D. T. (2003). *Demographic Methods and Concepts*. Oxford: Oxford University Press

- Riffe, T., Nepomuceno, M. R., & Basellini, U. (2020). Mortality Modeling. In: Gu, D., Dupre, M., Encyclopedia of Gerontology and Population Aging. Springer
- Saikia, P., & Borah, M. (2014a). A Study on Mathematical Modelling for Oldest Old Mortality Rates, *International Journal of Mathematical Archive*, 4.
- Saikia, P., & Borah, M. A. (2014b). Comparative Study of Parametric Models of Old-Age Mortality, *International Journal of Science and Research*, 3(5), 406-410.
- Saydam, S., & Aktel, M. (2019). Türkiye’de Askeri Darbe Dönemlerinde Nüfus Politikalarına Yönelik Düzenlemeler, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(30), 764-783.
- Şençelikel T., & Öner K. S. (2017). Türkiye’de 2007-2014 Yılları Arası Yaşam Ümidinin Farklı Yaşam Tablosu Hazırlama Yöntemleri ile Değerlendirilmesi, *Osmangazi Tıp Dergisi*, 39(3), 9-17.
- Thatcher, A. R. (1999). The Long Term Pattern of Adult Mortality and the Highest Attained Age, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, (Statistics in Society)*, 162(1), 5–43.
- Tuzgöl, H., Sucu, M., & Hoşgör, Ş. (2016). Çoklu Artan-Azalan Hayat Tablosu ve Türkiye Sosyal Güvenlik Sistemine Bir Uygulaması, *Nüfusbilim Dergisi*, 32(1), 31-44.
- TRH 2010 Hayat Tablosu. https://aktuerya.hacettepe.edu.tr/HayatTablolari/TRH_2010_1507_k_e.pdf, (Erişim tarihi: 18 Mayıs 2024)
- Thatcher, A. R., Kannisto, V., & Vaupel, J. W. (1998). *The Force of Mortality at Ages 80 to 120*, Odense University Press.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). Aktif Yaşlanma Endeksi, *Haber Bülteni*, sayı: 57937
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Doğum İstatistikleri, *Haber Bülteni*, sayı: 53708
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). Doğum İstatistikleri, *Haber Bülteni*, sayı: 54196
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2022). İstatistiklerle Yaşlılar, *Haber Bülteni*, sayı:49667
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). İstatistiklerle Kadın, *Haber Bülteni*, sayı: 53675
- Türkiye İstatistik Kurumu. (t.y.). Nüfus ve Demografi Kategorisi, Türkiye İstatistik Kurumu Veri Portalı. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1> (Erişim tarihi: 17 Aralık 2025)
- T.C. Sağlık Bakanlığı, <https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66935/genel-koronavirus-tablosu.html>, (Erişim tarihi: 12 Nisan 2024)
- Yayla Enfiyeci, Z., & Koç, İ. (2019). Hayati Kayıtlardan Türkiye İçin Hayat Tablosu nax Değerlerinin Hesaplanması: 2010-2018 , *Nüfus Bilim Dergisi*, 41(1), 68-83.
- Yıldırım, F., & Sucu, M. (2013). Türkiye Ölümlülüğünün Lee-Carter ile Modellenmesi, *Nüfus Bilim Dergisi*, 35, 19-30.
- Yıldırım, F. (2010). Türkiye ölümlülük yapısının Lee-Carter ve Bulanık Lee-Carter ile modellenmesi, *H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Aktüerya Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- Weibull, W. A. (1951). A Statistical Distribution Function of Wide Applicability, *J Appl. Mech.*, 18, 293-297.

- World Health Organization [WHO]. (2024). World Health Statistic, Country Data, <https://data.who.int/countries/> (Erişim Tarihi: 17 Aralık 2025)
- Wilmoth, J. R., Andreev, K., Jdanov, D., Gleijeses, D. A. & Riffe, T. (2021). Methods Protocol for the Human Mortality Database, University of California, Berkeley and Max Planck Institute for Demographic Research, Version 6.