

PAPER DETAILS

TITLE: Yasam Analizi Yöntemleri Kullanilarak Ana Ari Yetistiriciligi Ile Ilgili Bazi Parametrelerin Tahmini

AUTHORS: G Zirhlioglu,K KARA

PAGES: 7-15

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/204895>

Geliş Tarihi: 21.02.2003

Yaşam Analizi Yöntemleri Kullanılarak Ana Arı Yetiştiriciliği İle İlgili Bazı Parametrelerin Tahmini⁽¹⁾

Gürol ZIRHLIOĞLU⁽²⁾

Kazım KARA⁽³⁾

Özet: Zamana bağlı olarak yapılan çalışmalarda yaşam analizi sıklıkla kullanılmaktadır. Yaşam analizi bir popülasyondaki bazı olayların meydana geliş zamanlarını kullanan yöntemler ile ilgilenmektedir. Yaşam analizi yöntemlerinin en önemli özelliği yapılan çalışmalar sırasında herhangi bir sebeple gözlem dışı kalmış gözlemlerin de hesaplamalara dahil edilmesidir. Bu çalışmada ana arı çiftleştirme kutularındaki işçi arıların ağırlığı, larva yaşı ve yüksek boyu faktörlerinin ana arıların yumurtlama öncesi zamanlarına olan etkilerine ait parametre tahminleri elde edilmiştir.

Faktörlerin yumurtlama başlangıç sürelerine olan etkilerini tahminleyebilmek için parametrik olmayan istatistik yöntemlerden ve Cox orantılı risk regresyon modelinden yararlanılmıştır. Cox orantılı risk regresyon modeline göre 7 ayrı model uyumu yapılmıştır.

Elde edilen yaşam eğrisi tahminlerine göre her üç faktörün de yumurtlama başlangıç zamanlarındaki değişime etki etmediği sonucu elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Yaşam analizi, tamamlanmamış veri, Cox orantılı risk regresyon modeli, risk oranı, ana arı

Estimation of Some Parameters in Queen Breeding: A Survival Data Analysis Approach

Abstract: Survival analysis methods are often used in time dependent studies. Survival analysis is related to methods which use occurrence times of some events in a certain population. Censored observation is most important attribute of survival analysis. In this study, estimation parameters belong to the effect of factors of weight of worker bees in mating hive of queen bees, age of larvae and length of queen-cell cup on egg laying time were obtained.

Nonparametric statistical methods and Cox proportional hazard regression model have been used in order to determine the effects of factors on egg laying time. Seven different model fitness were obtained by using Cox proportional hazard regression model.

According to estimation of survival curves each of these three factors did not affect the beginning of egg laying time.

Key words : Survival analysis, censored data, Cox proportional hazard regression model, risk ratio, queen bee

Giriş

Balarılar (*Apis mellifera* L.) koloni adı verilen topluluklar halinde yaşayan ve ileri derecede sosyal bir yapıya sahip olan böceklerdir. Koloni içerisindeki tüm bireyler ana arının yumurtalarından meydana gelirler. Bu nedenle koloninin pek çok özelliği ana arının genetik yapısı, yaşı ve yetiştirme yöntemleri ile ana arı ile çiftleşen erkek arıların genetik yapısına bağlıdır (Kaftanoğlu ve ark., 1988; Kaftanoğlu ve Kumova, 1992; Dodoloğlu ve Genç, 1999).

Ana arıların yumurtlamaya başlamasına çiftleşme uçuşu ve buna bağlı olarak ana arıdaki hormonal ve fizyolojik değişimler, iklim koşulları, kovana nektar ve polen taşınması gibi faktörler etki etmektedir. Ana arılar 16 günde ergin hale geldikten sonra 7-10 gün içerisinde çiftleşme uçuşuna çıkarlar. Çiftleşmeden 2-3 gün sonra yumurtlamaya başlarlar. Bir günde ortalama olarak 1500-2000 civarında yumurta bırakma yeteneğine sahiptirler (Doğaroğlu, 1978; Kaftanoğlu ve Kumova, 1992).

Ana arı yetiştiriciliğinde doğal yöntemin yanı sıra değişik araştırmacılar tarafından geliştirilmiş çeşitli suni yöntemler de bulunmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan ve geniş çapta üretim kolaylığı sağlayan yöntemlerden biri Doolittle (larva transfer) yöntemidir. Bu yöntem ile yetiştirilen ana arılarda yumurtlama öncesi süre ortalama olarak 11.00 ± 0.33 gün olarak belirtilmiştir (Kaftanoğlu ve ark, 1988; Dodoloğlu ve Genç, 1999).

Yumurtlama öncesi süre mevsime göre değişerek, Mayıs ve Haziran aylarında 7-11 gün, Temmuz ayında 10-15 gün ve Ağustos ayında 10-25 gün arasında olabilmektedir (Kaftanoğlu ve Kumova, 1992).

Doolittle yöntemiyle yetiştirilen ana arı yüksek boylarının ortalama 2.4 ± 0.37 cm arasında olduğu sonucu elde edilmiştir (Dodoloğlu ve Genç, 1999).

⁽¹⁾ Bu çalışma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Proje Başkanlığı tarafından desteklenen Doktora çalışmasından özetlenmiştir.

⁽²⁾ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, 65080 - VAN

⁽³⁾ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 65080 - VAN

Ana arı yetiştiriciliğinde ana arının ergin hale geldikten sonra 15 gün içerisinde yumurtlamaya başlayacakları esas alınır ve üretim planları buna göre yapılır. Böylece bir çiftleşme kovanından bir ayda iki ana arı üretimi gerçekleştirilebilir (Gül ve Kaftanoğlu, 1990).

Yaşam analizi yöntemleri, araştırmacılar tarafından daha önce belirlenmiş olan zaman aralıklarında meydana gelen olaylar hakkında değerlendirmeler yapar. Bu yöntem, tamamlanmış ve tamamlanmamış bireyleri kapsamaktadır. İlgilenilen olayın belirlenen zaman aralığında meydana gelmemesi, bireylerin araştırma devam ederken herhangi bir sebepten dolayı araştırma dışında kalması gibi durumlarda elde edilemeyen gözlem tamamlanmamış gözlem olarak nitelendirilmektedir (Vukasinovic ve ark., 2001). Yaşam ifadesinden anlaşılan, belli bir başlangıç noktasından sonra, bir izleme süresi içindeki gözlemin araştırılmak istenen konuma erişmesi veya erişmeden eski özelliklerini sürdürmesi halidir (Şenocak, 1992; Başar, 1998).

İki olay arasındaki zamanın uzunluğuna dayanan özelliklerin değerlendirilmesinde bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Bu sorunlardan ilki, konuya ilişkin tanımlanacak zaman aralığının bitiş noktasıdır. İkinci sorun doğrudan konuyla ilgili olmayan herhangi bir etmenden dolayı çalışmadan çıkan gözlemlerin bulunmasıdır. Üçüncü olarak veri toplama amacı ile belirlenen zaman aralığının sonunda beklenen sonuca ulaşmayan bireylerin olması ve dolayısıyla bu bireylere ait yaşam sürelerinin sadece alt sınırlarının bilinmesidir. Son olarak ise, elde edilen verilere ait dağılımın çarpık olmasıdır (Kachman, 1999; Ducrocq ve Sölkner, 1994). Bu nedenlerden dolayı, yaşam sürelerinin t-testi ve varyans analizi gibi istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmesi hatalı sonuçlara neden olabilmektedir (Hintze, 2001; Bishop, 2002).

Yaşam analizlerine yaşam sürelerinin gösterilebilmesi için yaşam tablosunun hazırlanması ile başlanır. Bu tablo hazırlanırken bireylerin gözlem süreleri, gözlem süresinin başlangıcı ve bu süre sonundaki durumlarının çok iyi bilinmesi gereklidir (Hayran ve Özdemir, 1996; Zhang, 1997). Yaşam analizinde belirtilen bitiş noktası olayın herhangi bir tipine uygun olabilir (Ducrocq, 1997; Vukasinovic, 1998).

Yaşam fonksiyonu, araştırmacı tarafından belirlenmiş olan herhangi bir t süresinden sonra ortaya çıkan olayın veya yaşamın olasılığını verir. Yaşam fonksiyonu olarak belirtilen $S(t)$ pozitif değere sahip olup 0-1 arasında herhangi bir değer alır. $S(0)=1$ olarak belirtilir. t değeri sonsuza yaklaşırken $S(t)$ sıfıra yaklaşır (Smith ve Smith, 2001).

Yaşam analizlerinde, yaşam sürelerinin değişik etmenlerce etkilenip etkilenmediği incelenir (Şenocak, 1992). Bu yöntemde değişkenlere ait etkileri belirleyebilmek için parametrik olmayan ve yarı parametrik yöntemler kullanılmaktadır (Li ve ark., 1994). Bir yaşam fonksiyonunun diğerinden farklı olup olmadığını

belirleyebilmek amacıyla yaklaşık olarak Ki-kare dağılışı gösteren log-rank testi, Wilcoxon testi ve Tarone-Ware testi gibi çeşitli parametrik olmayan yöntemler belirtilmiştir (Hinde, 1993; Harman ve ark., 1996).

Bu çalışmada, yarı parametrik (Cox orantılı risk regresyon modeli) ve parametrik olmayan (log-rank) yaşam analizi yöntemleri kullanılarak, ana arı çiftleştirme kutularında bulunan işçi arı ağırlıklarının, larva yaşlarının ve ana arı yüksük boylarının ana arı yumurtlama başlangıç zamanlarına olan etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Yapılan çalışmada veriler 11 Ağustos 2001 – 09 Eylül 2001 tarihleri arasında yapılan 30 günlük bir deneme çalışmasından elde edilmiş olup toplam 28 adet çiftleştirme kutusu kullanılmıştır.

Çiftleştirme kutularında bulunan işçi ağırlıkları için 4 farklı grup oluşturulmuştur. Birinci grup içerisinde yer alan çiftleştirme kovanlarına 10 gram işçi arı, ikinci grup çiftleştirme kovanlarına 20 gram işçi arı, üçüncü grup çiftleştirme kutularına 40 gram işçi arı ve dördüncü grup çiftleştirme kutularına 60 gram işçi arı bırakılmıştır. Doolittle yöntemi ile üretilmiş ana arı yüksükleri larva transferi yapıldıktan 10 gün sonra başlangıç kovanlarından alınarak boyları ölçüldükten sonra çiftleştirme kutularına yerleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere göre ana arıların larva ve pupa dönemlerini geçirdikleri yüksüklerin boyunun 2.2 – 2.6 cm arasında olduğu sonucu elde edilmiştir.

Ana arıların yüksüklerinden çıkış tarihlerine göre, ana arı üretiminde kullanılmış olan larvaların yaşları belirlenmiştir. Buna göre kullanılan larvaların 1, 2 ve 3 günlük larvalar olduğu sonucu elde edilmiştir.

Tamamlanmamış (censored) kayıtlar

Yaşam analizini diğer istatistiksel yöntemlerden ayıran özelliklerden birisi tamamlanmamış verilerin kullanılabilmesidir. Yaşam analizi ile yapılan çalışmalarda elde edilen veriler tanımlanan olayın belirlenen süreleri içinde gerçekleşmeyebilir. Böyle hallerde tamamlanmamış gözlemler söz konusudur. Herhangi bir sebeple incelemiden çıkarılan, belirtilen olay zamanından önce aktivitesini tamamlayan veya belirtilen süre bittiği halde aktivitesine devam eden gözlemler tamamlanmamış veri olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada, çiftleşme uçuşuna çıkıp geri dönmeyen, herhangi bir sebepten dolayı ölen veya çalışma süresi bittiği halde yumurtlamadan yaşamında devam eden ana arılar tamamlanmamış gözlem olarak değerlendirilmiştir. Belirlenen 30 günlük zaman aralığında yumurtlamaya başlayan ana arılar, yani ilgilenilen olaya cevap veren gözlemler “1” (tamamlanmış gözlem, uncensored) olarak, herhangi bir sebepten dolayı ölen veya gözlem süresi bittiği

halde yumurtlamayan ana arılar ise “0” (tamamlanmamış gözlem, censored) olarak belirtilmiştir.

Yaşam analizi tablosunun hazırlanması

Çalışmada belirlenmiş olan 30 günlük zaman aralığı içinde gözlemler günlük olarak yapıldığından dolayı yaşam tablosu, gerçekleşen her yumurtlama olayında ortaya çıkan zamanları esas alan Kaplan-Meier yöntemine göre oluşturulmuştur.

Kaplan-Meier veya Product-Limit tahminleyicisi,

$$\hat{S}(t) = \hat{S}_{KM}(t) = \left\{ \prod_{t_1 \leq t} \frac{1 - \frac{d_k}{Y_k}}{Y_k} \right\} \quad t_1 \leq t$$

ifadesi ile belirtilmektedir. Eşitlikte yer alan d_k , t_i süresinde meydana gelen beklenen olayların sayısını gösterir. Y_k ise, t_i süresinde risk altında bulunan bireylerin sayısıdır.

Bu tahminleyiciye ait varyans ise Greenwood Formülü olarak adlandırılan denklem ile elde edilmektedir (Hintze, 2001). Bu denklem,

$$Var[\hat{S}_{KM}(t)] = [\hat{S}_{KM}(t)]^2 \sum_{k|t_k \leq t} \left(\frac{d_k}{Y_k(Y_k - d_k)} \right)$$

ifadesi ile belirtilmektedir. Buna göre, $S_{KM}(t)$ için güven aralığının hesaplanmasında,

$$S_{KM}(t) \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{Var[\hat{S}_{KM}(t)]}$$

eşitliği kullanılmaktadır (Ducrocq, 1997).

Kaplan-Meier yöntemi ile yapılan değerlendirmelerde ortalama yaşam süresini belirlemek amacıyla,

$$\mu = t_1 + Y_1(t_2 - t_1) + Y_2(t_3 - t_2) + \dots + Y_n(t_{son} - t_n)$$

eşitliği kullanılmaktadır. Eşitlikten de anlaşılacağı gibi ortalama yaşam süresi, birikimli yaşam olasılıklarına göre elde edilmektedir ve t_{son} araştırmanın kesildiği birimsel zamandır (Şenocak, 1992).

Log-rank testi

Yapılan çalışmada, faktörlere ait yaşam eğrilerinin karşılaştırılması amacıyla tamamlanmamış gözlemler için kullanılan parametrik olmayan yöntemlerin en önemlilerinden biri olan log-rank testi kullanılmıştır. Bu yöntemde esas her gruptaki beklenen olayı gösteren ve göstermeyen gözlemlerin durumunu belirlemek ve bunlara dayalı olarak beklenen araştırma konusu olayların sayısını ortaya koymaktır (Şenocak, 1992; Zhang, 1997). Bu

durumda verilere ait elde edilmiş olan bilgiler Çizelge 1’deki gibi özetlenebilir.

Çizelge 1. Log-rank test istatistiğinde kullanılan verilerin genel durumu

Gruplar	1.grup	2.grup	Toplam
Tamamlanmış gözlem	d_{1j}	d_{2j}	d_j
Tamamlanmamış gözlem	$n_{1j} - d_{1j}$	$n_{2j} - d_{2j}$	$n_j - d_j$
Toplam	n_{1j}	n_{2j}	n_j

Çizelge 1’de belirtilen n_{ij} ve d_{ij} ($i=1,2$; $j=1,\dots,m$) sırasıyla j zaman aralığının başlangıcında risk altında bulunan birey sayısı ve j zaman aralığında gözlenen olayların sayısıdır. Log-rank testinin hesaplanmasında,

$$Q = \frac{\left\{ \sum_{j=1}^m (d_{1j} - E_{1j}) \right\}^2}{\left\{ \sum_{j=1}^m V_{1j} \right\}}$$

eşitliği kullanılmaktadır. Burada E_{1j} ve V_{1j} terimleri beklenen değeri ve varyansı ifade etmektedir. Beklenen değer,

$$E_{1j} = \frac{d_j n_{1j}}{n_j}$$

eşitliği ile elde edilirken, varyans

$$V_{1j} = \frac{d_j n_{1j} n_{2j} (n_j - d_j)}{n_j^2 (n_j - 1)}$$

eşitliği ile elde edilmektedir.

Cox orantılı risk regresyon modeli

Elde edilmiş olan verilerin, farklı zamanlarda yapılan ölçümler için ideal olan ve esas risk fonksiyonu için herhangi bir dağılışa bağlı olmayan Cox orantılı risk regresyon modeline uyumu yapılmıştır. Bütün gözlemler için ortak olan esas risk fonksiyonu ve her bir bireye ait gözlemler için sürekli bağımsız değişkenlere ait bir vektör olmak üzere iki kısımdan oluşan bu modelde 3 ayrı sabit etki kullanılmıştır.

Bu etkilere ait model uyumları ve açıklamaları,

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp\{x'\beta\}$$

ifadesi ile belirtilen Cox orantılı risk regresyon modeline göre tanımlanmıştır (Ducrocq, 1997). Modelde, $\lambda(t)$ = Risk fonksiyonu (ana arıların yumurtlama olasılığı)

$\lambda_0(t)$ = Temel risk fonksiyonu (yumurtlamaya başlangıç zamanı ile ilgili değerler)

x' = Açıklayıcı değişkenler vektörü

AA_i = Çiftleştirme kutularında bulunan işçi arı ağırlığı (i=10,20,40,60)

LY_j = Ana arı üretiminde kullanılan larvaların yaşı (j=1,2,3)

YB_k = Yüksük boyları (k=2.2, 2.4, 2.5, 2.6)

β = Bilinmeyen parametreler vektörüdür.

Modelde tanımlanan zaman ölçüsü, t, ilk yumurtlamanın başlangıç zamanı olarak tanımlanmıştır. Sıfır hipotezi altında olabilirlik oran istatistikleri modele ilave edilen parametre sayısı kadar serbestlik dereceli bir ki-kare dağılışı göstermiştir.

Cox orantılı risk regresyon modeline göre elde edilen bilgiler doğrultusunda, çiftleştirme kutularında yer alan işçi arı ağırlıklarının ana arı yumurtlama başlangıç zamanına olan etkisini incelemek için,

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(AA_i) \quad (AA_i=10,20,40,60)$$

larva yaşının etkisini incelemek için,

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(LY_j) \quad (LY_j=1,2,3)$$

yüksük boylarının etkilerini incelemek için,

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(YB_k) \quad (YB_k=2.2,...,2.6)$$

işçi arı ağırlığı ile larva yaşının birlikte etkilerini incelemek için,

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(AA_i + LY_j)$$

işçi arı ağırlığı ile yüksük boylarının birlikte etkilerini incelemek için,

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(AA_i + YB_k)$$

larva yaşı ve yüksük boylarının birlikte etkilerini incelemek için,

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(LY_j + YB_k)$$

ve son olarak işçi arı ağırlığı, larva yaşı ve yüksük boylarının birlikte yumurtlama başlangıç sürelerine olan etkilerini inceleme amacıyla,

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(AA_i + LY_j + YB_k)$$

modelleri tanımlanmıştır.

Başlangıç modeline yeni terimlerin ilave edilmesiyle ortaya çıkan -2LogL değerlerindeki değişimlere göre model uyumu kontrol edilmiştir (Vukasinovic ve ark., 1997; Gröhn ve ark., 1998).

Bulgular ve Tartışma

Deneme süresince elde edilen tamamlanmış ve tamamlanmamış veriler Çizelge 2’de özetlenmiştir.

Çizelge 2’de görüldüğü gibi çalışmada kullanılan toplam 28 ana arıdan 14 tanesinde yumurtlama olayı gözlenirken, 14 ana arı tamamlanmamış gözlem olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. Tamamlanmış ve tamamlanmamış gözlemlere ait bilgilerin özetlenmesi

Değişkenler	Ana arı sayısı	Uncensored	Censored	Censored verilerin oranı	Ortalama izleme süresi	Ortalama yaşam süresi
Toplam ¹	28	14	14	50.00 %	17 gün	19 gün
AA ²						
10 gram	7	2	5	71.43 %	15 gün	24 gün
20 gram	7	4	3	42.86 %	17 gün	17 gün
40 gram	7	5	2	28.57 %	12 gün	16 gün
60 gram	7	3	4	57.14 %	9 gün	19 gün
LY ³						
1 günlük	12	5	7	58.33 %	11 gün	21 gün
2 günlük	6	3	3	50.00 %	20 gün	21 gün
3 günlük	10	6	4	40.00 %	12 gün	15 gün
YB ⁴						
2.2 cm	9	3	6	66.67 %	21 gün	23 gün
2.4 cm	8	4	4	50.00 %	13 gün	20 gün
2.5 cm	7	5	2	28.57 %	10 gün	13 gün
2.6 cm	4	2	2	50.00 %	15 gün	19 gün

¹Çalışmada kullanılan tüm bireyler

²Çiftleştirme kutularında bulunan işçi arı ağırlığı

³Larva yaşı

⁴Yüksükboyu

Genel olarak ortalama izleme süresi (ortalama yumurtlama başlangıç süresi) 17 gün olarak elde edilirken, ortalama yaşam süresi (yumurtlamadan geçen ortalama süre) ise 19 gün olarak bulunmuştur. Çiftleştirme kutularında bulunan işçi arı ağırlığı faktörüne ait değerler incelendiğinde, 40 ve 60 gram işçi arının bulunduğu çiftleştirme kutularındaki ana arılara ait ortalama izleme sürelerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Özellikle 40 gram işçi arının bulunduğu çiftleştirme kutularındaki ana arıların yumurtlama oranları da oldukça yüksek bulunmuştur (%81.43). Larva yaşı faktöründen elde edilen bilgilere göre, transfer edilen larvaların çoğunluğunun 1 günlük larvalar olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde en düşük ortalama yaşam süresi de yine 1 günlük larvalardan üretilmiş olan ana arılardan elde edilmiştir. Yüksük boyu faktöründe ise en düşük ortalama izleme süresi 2.5 cm boyundaki yüksüklerde ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu grupta yer alan ana arıların da büyük bir çoğunluğunda (% 81.43) yumurtlama olayı gözlenmiştir.

Yaşam analizi tablosu

Çalışmada incelenen faktörlere ait tamamlanmış ve tamamlanmamış gözlemlerin 30 günlük zaman aralığı içerisindeki dağılımları, meydana geliş zamanları ve bu zamanlara ait istatistiksel sonuçlar Çizelge 3’de belirtilmiştir. Buradaki yaşam ifadesi yumurtlama ifadesine karşılık kullanılmıştır. Çizelgede verilen değerlerden de görüldüğü gibi çalışmanın başlangıcında tüm ana arılara ait yaşam olasılığı (%100) olarak kabul edilmektedir ($S(0)=1$).

Çizelge 3’de gün olarak belirtilen sütunda 30 günlük zaman aralığı içerisindeki tamamlanmış veya tamamlanmamış gözlem ya da gözlemlerin ortaya çıkış zamanını belirtmektedir. Örneğin, 10 gram işçi arı ağırlığı içeren çiftleştirme kutularındaki ana arılardan bir tanesi 14. günde yumurtlamaya başlamıştır. 14 ve 15. günlerde meydana gelen yumurtlama olayları sonrasında, bu dönemlere ait $\hat{S}_{KM}(t)_{AA_{10}}$ yaşam eğrisi tahminleri elde edilmiştir.

Çizelge 3. Ağırlık faktöründe yer alan gruplara ait yaşam analizi tablosu

Çiftleştirme Kutularındaki İşçi Arı Ağırlığı	Gün	Risk Olasılığı	Birikimli Risk Olasılığı	Yaşam Olasılığı	Birikimli Yaşam Olasılığı	Standart Hata	YAS ¹	TGS ²	KGS ³	$S_{KM}(t)$ İçin % 95 Güven Sınırları
10 gram	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	7	0.5979 – 1.0000 0.3796 – 1.0000
	14	0.1429	0.1429	0.8571	0.8571	0.1323	1	0	7	
	15	0.1667	0.3096	0.8333	0.7143	0.1707	1	0	6	
	21	0.0000	0.3096	1.0000	0.7143	0.1707	0	2	5	
	23	0.0000	0.3096	1.0000	0.7143	0.1707	0	2	3	
	28	0.0000	0.3096	1.0000	0.7143	0.1707	0	1	1	
20 gram	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	7	0.4494 – 1.0000 0.0000 – 0.8294 0.0000 – 0.5506
	1	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	1	7	
	3	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	1	6	
	11	0.2000	0.2000	0.8000	0.8000	0.1789	1	0	5	
	12	0.5000	0.7000	0.5000	0.4000	0.2191	2	0	4	
	25	0.5000	1.2000	0.5000	0.2000	0.1789	1	0	2	
40 gram	27	0.0000	1.2000	1.0000	0.2000	0.1789	0	1	1	0.5979 – 1.0000 0.3796 – 1.0000 0.2048 – 0.9380 0.0620 – 0.7952 0.0000 – 0.6204
	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	7	
	4	0.1429	0.1429	0.8571	0.8571	0.1323	1	0	7	
	11	0.1667	0.3096	0.8333	0.7143	0.1707	1	0	6	
	12	0.2000	0.5096	0.8000	0.5714	0.1870	1	0	5	
	13	0.2500	0.7596	0.7500	0.4286	0.1870	1	0	4	
60 gram	14	0.3333	1.0929	0.6667	0.2857	0.1707	1	0	3	0.5351 – 1.0000 0.0999 – 0.9001
	24	0.0000	1.0929	1.0000	0.2857	0.1707	0	1	2	
	30	0.0000	1.0929	1.0000	0.2857	0.1707	0	1	1	
	3	0.0000	0.0000	0.1000	1.0000	0.0000	0	1	7	
	7	0.1667	0.1667	0.8333	0.8333	0.1521	1	0	6	
	9	0.4000	0.5667	0.6000	0.5000	0.2041	2	0	5	
	10	0.0000	0.5667	1.0000	0.5000	0.2041	0	1	3	
	23	0.0000	0.5667	1.0000	0.5000	0.2041	0	1	2	
	29	0.0000	0.5667	1.0000	0.5000	0.2041	0	1	1	

¹ Yumurtlayan ana arı sayısı,

² Tamamlanmamış gözlem sayısı,

³ Kalan gözlem sayısı

Risk olasılığı ifadesi, herhangi bir t süresine kadar yumurta bırakmayan bir ana arının t süresi içindeki yumurta bırakma olasılığını göstermektedir. Örneğin, başlangıçta sıfır olan ancak 14. günde meydana gelen yumurtlama olayı ile birlikte artış gösteren risk olasılığı değeri (0.1429), 14. güne kadar yumurta bırakmamış olan ana arıların 14. gün içindeki yumurta bırakma olasılığıdır. Yaşam olasılığı, ifadesi herhangi bir t süresine kadar yumurta bırakmamış bir ana arının en az bir gün daha yumurta bırakma olasılığını göstermektedir. Örneğin, çalışmaya başladıktan sonra bu grup içerisinde yer alan ve 14 gün boyunca yumurta bırakmamış bir ana arının en az bir gün daha yumurta bırakma olasılığı ise 0.8571 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 3’de belirtilen değerlerden de görüldüğü gibi tamamlanmamış gözlem sayısı risk olasılığı değerini doğrudan etkilemektedir. On gram işçi arının bulunduğu çiftleştirme kutularında ilk yumurtlama olayının gözlemlendiği 14. güne kadar tamamlanmamış gözlem bulunmadığı için 14. gün içerisindeki risk altında bulunan bireylerin sayısı bu

grup içerisinde bulunan toplam gözlem sayısıdır. 15. günde ise, 14. günde 1 ana arıda yumurtlama olayının gözlenmesi nedeniyle risk altında bulunan birey sayısında azalma meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak risk olasılığı değerinde artış gözlenmiştir.

On gram işçi arının bulunduğu çiftleştirme kovanlarındaki 14. günde yumurtlama olasılığı 0.1429 olarak elde edilirken, 40 gram işçi arının bulunduğu çiftleştirme kutularındaki ana arıların 14. günde yumurtlama olasılığı 0.3333 olarak elde edilmiştir. Bu değerler tamamen risk altında bulunan birey sayılarına bağlı olarak ortaya çıkan değerlerdir. Yumurta bırakma (risk) olasılığında meydana gelen artışa bağlı olarak yumurta bırakma (yaşam) olasılığında, yani t süresine kadar yumurta bırakmayan bir ana arının bir gün daha yumurta bırakma olasılığında artış ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4’de görüldüğü gibi üretilen ana arıların çoğunluğu (%42.86) bir günlük larvalardan elde edilmiştir.

Çizelge 4. Larva yaşı faktöründe yer alan gruplara ait yaşam analizi tablosu

Ana Arı Üretiminde Kullanılan Larvaların Yaşı	Gün	Risk Olasılığı	Birikimli Risk Olasılığı	Yaşam Olasılığı	Birikimli Yaşam Olasılığı	Standart Hata	YAS ¹	TGS ²	KGS ³	S _{KM(t)} İçin % 95 Güven Sınırları
1 günlük	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	12	
	3	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	1	12	
	4	0.0909	0.0909	0.9091	0.9091	0.0867	1	0	11	0.7392 – 1.0000
	7	0.1000	0.1909	0.9000	0.8182	0.1163	1	0	10	0.5903 – 1.0000
	12	0.2222	0.4131	0.7778	0.6364	0.1450	2	0	9	0.3521 – 0.9206
	13	0.1429	0.5560	0.8571	0.5455	0.1501	1	0	7	0.2512 – 0.8397
	21	0.0000	0.5560	1.0000	0.5455	0.1501	0	1	6	
	23	0.0000	0.5560	1.0000	0.5455	0.1501	0	1	5	
	24	0.0000	0.5560	1.0000	0.5455	0.1501	0	1	4	
	27	0.0000	0.5560	1.0000	0.5455	0.1501	0	1	3	
	29	0.1000	0.5560	1.0000	0.5455	0.1501	0	1	2	
	30	0.0000	0.5560	1.0000	0.5455	0.1501	0	1	1	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	6	
	9	0.1667	0.1667	0.8333	0.8333	0.1521	1	0	6	0.5351 – 1.0000
2 günlük	10	0.0000	0.1667	1.0000	0.8333	0.1521	0	1	5	
	15	0.2500	0.4167	0.7500	0.6250	0.2135	1	0	4	0.2066 – 1.0000
	23	0.0000	0.4167	1.0000	0.6250	0.2135	0	1	3	
	25	0.5000	0.9167	0.5000	0.3125	0.2454	1	0	2	0.0000 – 0.7935
	28	0.0000	0.9167	1.0000	0.3125	0.2454	0	1	1	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	10	
3 günlük	1	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	1	10	
	3	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	1	9	
	9	0.1250	0.1250	0.8750	0.8750	0.1169	1	0	8	0.6458 – 1.0000
	11	0.2857	0.4107	0.7143	0.6250	0.1712	2	0	7	0.2895 – 0.9605
	12	0.2000	0.6107	0.8000	0.5000	0.1768	1	0	5	0.1535 – 0.8465
	14	0.5000	1.1107	0.5000	0.2500	0.1531	2	0	4	0.0000 – 0.5501
	21	0.0000	1.1107	1.0000	0.2500	0.1531	0	1	2	
	23	0.0000	1.1107	1.0000	0.2500	0.1531	0	1	1	

¹ Yumurtlayan ana arı sayısı,

² Tamamlanmamış gözlem sayısı,

³ Kalan gözlem sayısı

Bir günlük larvalardan üretilen ana arılarda yüksükten çıkıştan sonraki 4. güne kadar yumurta bırakmamış bir ana arının 4. gün içerisinde yumurta bırakma olasılığı %9.09 olarak elde edilirken, 4. güne kadar yumurta bırakmayan bir ana arının en az bir gün daha yumurta bırakmama olasılığı ise %90.91 olarak hesaplanmıştır. 12. günde yumurta bırakma olasılığı yumurtlayan ana arı sayısına göre %22.22 olarak elde edilirken bu oran 13. günde bir ana arının yumurtlamasıyla %14.29 olarak hesaplanmıştır. 12. güne kadar yumurtlamayan bir ana arının 12. gün içerisindeki yumurtlama olasılığı %11.11'dir.

İki günlük larvalarda ilk yumurtlama olayının gözlemlendiği 9. güne kadar yumurtlamamış olan bir ana arının 9. gün içindeki yumurtlama olasılığı %16.67 olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmada en son yumurtlama olayının gerçekleştiği 25. günde yumurtlama olasılığı ise %50'dir. Üç günlük larvalarda ise, 9. günde yumurtlama olasılığı risk altında bulunan birey sayısına bağlı olarak

%12.5 olarak hesaplanmıştır. 11 ve 14. günlerde ikişer ana arıda gözlenen yumurtlama olayı nedeniyle yumurtlama olasılığı değerlerindeki artış daha fazla gözlenmiştir (11. gün=%28.57; 14. gün=%50).

Ana arıların larva ve pupa dönemlerini geçirdikleri yüksük boylarına ait gruplar için elde edilmiş olan değerler Çizelge 5'de belirtilmiştir. 2.2 cm boyundaki yüksükler içerisinde gelişimini tamamlayarak ergin hale gelmiş olan toplam 9 ana arıdan 3'ünde yumurtlama olayı gözlenirken, 6 ana arı da tamamlanmamış gözlem olarak değerlendirilmiştir. İlk yumurtlama olayının gözlemlendiği 9. günde yumurtlama olasılığı %12.50 olarak elde edilirken, bu gruptaki son yumurtlama zamanı olan 25. günde yumurtlama olasılığı %33.33 olarak hesaplanmıştır. 2.4 cm boyundaki yüksükler içinde gelişimini tamamlayan 8 ana arıdan 4'ünde yumurtlama olayı gerçekleşirken 4 ana arı ise tamamlanmamış gözlem olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 5. Yüksük boyu faktöründe yer alan gruplara ait yaşam analizi tablosu

Yüksük Boyu	Gün	Risk Olasılığı	Birikimli Risk Olasılığı	Yaşam Olasılığı	Birikimli Yaşam Olasılığı	Standart Hata	YAS ¹	TGS ²	KGS ³	S _{KM(t)} İçin % 95 Güven Sınırları
2.2 cm	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	9	0.6458 – 1.0000
	3	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	1	9	
	9	0.1250	0.1250	0.8750	0.8750	0.1169	1	0	8	
	10	0.0000	0.1250	1.0000	0.8750	0.1169	0	1	7	
	11	0.1667	0.2917	0.8333	0.7292	0.1650	1	0	6	0.4058 – 1.0000
	21	0.0000	0.2917	1.0000	0.7292	0.1650	0	1	5	
	23	0.0000	0.2917	1.0000	0.7292	0.1650	0	1	4	
	25	0.3333	0.6250	0.6667	0.4861	0.2269	1	0	3	
	27	0.0000	0.6250	1.0000	0.4861	0.2269	0	1	2	0.0414 – 0.9306
	30	0.0000	0.6250	1.0000	0.4861	0.2269	0	1	1	
2.4 cm	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	8	0.5979 – 1.0000
	3	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	1	8	
	11	0.1429	0.1429	0.8571	0.8571	0.1323	1	0	7	
	12	0.1666	0.3095	0.8333	0.7143	0.1707	1	0	6	
	13	0.2000	0.5095	0.8000	0.5714	0.1870	1	0	5	0.2048 – 0.9380
	14	0.2500	0.7595	0.7500	0.4286	0.1870	1	0	4	
	21	0.0000	0.7595	1.0000	0.4286	0.1870	0	1	3	
	24	0.0000	0.7595	1.0000	0.4286	0.1870	0	1	2	
	29	0.0000	0.7595	1.0000	0.4286	0.1870	0	1	1	0.0620 – 0.7952
	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	7	
2.5 cm	4	0.1429	0.1429	0.8571	0.8571	0.1323	1	0	7	0.5979 – 1.0000
	7	0.1666	0.3095	0.8333	0.7143	0.1707	1	0	6	
	9	0.2000	0.5095	0.8000	0.5714	0.1870	1	0	5	
	12	0.5000	1.0095	0.5000	0.2857	0.1707	2	0	4	
	23	0.0000	1.0095	1.0000	0.2857	0.1707	0	2	2	0.0000 – 0.6204
	0	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	0	4	
	1	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0	1	4	
	14	0.3333	0.3333	0.6667	0.6667	0.2722	1	0	3	
	15	0.5000	0.8333	0.5000	0.3333	0.2722	1	0	2	0.1332 – 1.0000
	28	0.0000	0.8333	1.0000	0.3333	0.2722	0	1	1	

¹ Yumurtlayan ana arı sayısı,

² Tamamlanmamış gözlem sayısı,

³ Kalan gözlem sayısı

Üçüncü günde bir ana arının herhangi bir sebepten dolayı çalışma dışında kalmasıyla 11. güne kadar 7 ana arı ile gözleme devam edilmiştir. 11. günde bir ana arının yumurta bırakmaya başlaması ile birlikte 11. günde bir ana arının yumurta bırakma olasılığı %14.29 olarak belirlenmiştir. Bu oran son yumurtlama olayının gerçekleştiği 14. günde %25 olarak elde edilmiştir. Yüksük boyu faktörü içerisinde yer alan gruplardan en fazla yumurtlama olayının gözlemlendiği 2.5 cm boyundaki yüksükler içinde ergin hale gelen toplam 7 ana arı elde edilmiştir. Bu ana arılardan 5'inde yumurtlama gözlenirken sadece 2 ana arı tamamlanmamış gözlem olarak değerlendirilmiştir. En erken yumurtlama olayı da bu grupta bulunan ana arılarda gözlenmiştir. 4. günde meydana gelen ilk yumurta bırakma olayına bağlı olarak 4. güne kadar yumurta bırakmayan bir ana arının bu zaman içerisindeki yumurta bırakma olasılığı %14.29 olarak elde edilmiştir. Bu grupta bulunan ana arılar 12. günde yumurtlama işlemini tamamlamış ve 12. günde yumurta bırakma olasılığı da %50 olarak bulunmuştur. 2.6 cm boyundaki yüksükler içinde ergin hale gelmiş olan ana arılardan sadece 2 tanesinde yumurtlama olayı gözlenirken 2 tanesi tamamlanmamış gözlem olarak değerlendirilmiştir. 14. günde meydana gelen ilk yumurtlama olayına bağlı olarak 14. güne kadar yumurtlamayan bir ana arının 14. günde yumurtlama olasılığı %33.33 olarak hesaplanmıştır. 15. günde yumurtlama olasılığı ise %50 olarak elde edilmiştir.

Log-rank testi

Çiftleştirme kutularındaki işçi arı ağırlıklarının, ana arı üretiminde kullanılan larva yaşlarının ve ana arıların larva ve pupa dönemlerini geçirdikleri yüksük boylarının ana arıların yumurtlama başlangıç zamanlarına olan etkilerini incelemek amacıyla yapılan log-rank testi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilmiş olan veriler için ortaya çıkan log-rank test istatistiği sonuçları 0.05 önem seviyesine göre önemsiz görünmektedir. Kaplan-Meier yaşam analizi hipotezine göre, ağırlık, larva yaşı ve yüksük boyu gruplarına ait risk oranları arasında fark olmadığını ifade etmek mümkündür ($P>0.05$).

Çizelge 6. Log-rank test sonuçları

Değişkenler	χ^2 değeri	S.D.	p değeri
Ağırlık	3.46	3	0.3261
Larva yaşı	1.758	2	0.4152
Yüksük boyu	3.209	3	0.3606

Model uyumu

İncelenen faktörlerin ana arıların yumurtlama başlangıç zamanlarına olan etkilerini belirleyebilmek amacıyla sürdürülen Cox orantılı risk regresyon modellerine ait sonuçlar Çizelge 7'de belirtildiği gibidir. Faktörlerin tek tek

ve birlikte oluşturduğu modellerin uyumunu belirlemek amacıyla -2LogL değerindeki değişimler oluşturulan modellerin önemsiz olduğunu göstermektedir ($P>0.05$). Bu da her üç faktöründe, elde edilmiş olan verilere göre yumurtlama başlangıç sürelerine etki etmedikleri sonucunu ortaya çıkartmıştır. Sürdürülen analizler sonucunda elde edilmiş olan ki-kare değerlerine göre tüm modellerde en küçük -2LogL ve en büyük değişim değerine AA+LY+YB modelinin sahip olduğu sonucu elde edilmiş olup, ağırlık faktörünün bulunduğu modellerdeki p değerlerinin diğer modellere göre daha küçük olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 7. Olabilirlik oran testi sonuçları¹

Değişkenler ²	-2LogL	S.D.	-2LogL Değerindeki Değişim	p değeri
Başlangıç modeli	78.822	...	...	...
AA	77.092	1	1.73	0.1884
LY	77.512	1	1.31	0.2524
YB	77.824	1	0.998	0.3177
AA, LY	75.664	2	3.158	0.2061
AA, YB	75.056	2	3.766	0.1522
LY, YB	76.361	2	2.461	0.2921
AA, LY, YB	73.290	3	5.532	0.1368

¹ Modeldeki tüm etkiler önemsizdir ($P>0.05$).

² AA=İşçi arı ağırlığı, LY=Larva yaşı, YB=Yüksük boyu

Sonuç

Hayvancılıkta özellikle verimli yaşam uzunluğunun belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yaşam analizi yöntemleri, ana arılar için önemli evrelerden biri olarak değerlendirilebilecek yumurtlamaya başlangıç zamanlarının belirlenmesinde arzu edilen bilgileri vermiştir.

Arıcılık ve ana arı yetiştiriciliği açısından yöreye ait bulgular, rakım, iklimsel özellikler, gece ile gündüz arasındaki ısı farklılıkları, nektar akışının miktarı, flora gibi çevresel özellikler dikkate alındığında, ülkemizdeki arıcılık çalışmalarının yoğun olarak yürütüldüğü Çukurova bölgesi ile birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir. Ana arı yetiştiriciliğinde, ana arıların ergin hale geldikten sonra 15 gün içerisinde yumurtlamaya başlayacakları esas alındığından 60gr ve 40gr işçi arının bulunduğu çiftleştirme kutularındaki ana arıların, 1 ve 3 günlük larvalardan yetiştirilmiş olan ana arıların ve 2.4cm-2.5cm boyundaki yüksüklerde ergin hale gelmiş olan ana arıların hem yumurtlama oranı bakımından hem de izleme süreleri bakımından uygun sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan ağırlık, larva yaşı ve yüksük boyu faktörleri için yapılan yarı parametrik ve parametrik olmayan test istatistikleri sonucunda, bu faktörlerin yumurtlamaya başlangıç zamanlarındaki değişime etki etmedikleri anlaşılmıştır.

Kaynaklar

- Başar, E., 1998. Yaşam sürdürme analizi ve doğrusal regresyon. **İstatistik Konferansı Bildiriler Kitabı**. 337-344.
- Bishop, J.G., 2002. Early primary succession on mount St. Helens: impact of insect herbivores on colonizing lupines. **Ecology**, 83:191-202.
- Dodoloğlu, A., F. Genç, 1999. Doolittle yöntemi ve doğal yüksükler kullanılarak yetiştirilen ana arıların (*Apis mellifera*, L.) bazı özelliklerinin karşılaştırılması. **Hayvancılık'96, Ulusal Kongresi**. Cilt:1.
- Doğaroğlu, M., 1978. **Ana Arı Yetiştiriciliği**. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Hayvan Yetiştirme Bölümü (Bölüm İçi Seminerleri).
- Ducrocq, V., J. Sölkner, 1994. 'The survival kit'-a fortran package for the analysis of survival data. Proc. **5th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.**, Guelph, XXII:51.
- Ducrocq, V., 1997. Survival analysis applied to animal breeding and epidemiology. **Institut National de la Recherche Agronomique**.
- Gröhn, Y.T., S.W. Eicker, V. Ducrocq, J.A. Hertl, 1998. Effect of diseases on the culling of holstein dairy cows in New York state. **Journal of Dairy Science**, Vol.81, No.4.
- Gül, M.A., O. Kaftanoğlu, 1990. Çukurova bölgesi koşullarında ana arı (*Apis mellifera* L.) yetiştiriciliğinde uygulanan larva transfer yöntemlerinin yetiştirilen ana arıların kalitelerine olan etkileri üzerine bir araştırma. **Ç.Ü. Fen ve Müh. Bil. Derg.**, 4(2): 41-53.
- Harman, J.L., G. Casella, Y.T. Gröhn, 1996. The application of event-time regression techniques to the study of dairy cow interval-to-conception. **Preventive Veterinary Medicine**, 26: 263-274.
- Hayran, M., O. Özdemir, 1996. Bilgisayar, istatistik ve tıp. **Hekimler Yayın Birliği, Medikal Araştırma Grubu**. Medikomat Basım Tatin San., ANKARA.
- Hinde, A.P.R., 1993. The cox regression model in surgical research. **La Tunisie Chirurgicale**. Vol. II, No. 2.
- Hintze, J., 2001. NCSS and PASS. **Number Cruncher Statistical Systems**. Kaysville, Utah.
- Kachman, S.D., 1999. Applications in survival analysis. **Journal of Animal Science**, 77 (2/J): 147-153.
- Kaftanoğlu, O., U. Kumova, E. Pekel, 1988. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Zootečni bölümünde yetiştirilen ana arıların (*Apis mellifera* L.) performansları ve yetiştirilme yöntemlerinin koloni gelişimine olan etkileri üzerine araştırmalar. **Ç Ü Araştırma Fonu 1. Bilim Kongresi**, Adana, 91-100.
- Kaftanoğlu, O., U. Kumova, 1992. Çukurova bölgesi koşullarında ana arı (*Apis mellifera* L.) yetiştirme mevsiminin, ana arıların kalitesine olan etkileri üzerine bir araştırma. **TÜBİTAK Doğa**, 16: 569-577.
- Li, Y., J.P. Klein, M.L. Moeschberger, 1994. Effect of model misspecification in estimating covariate effects in survival analysis for small sample size. **Technical Report** No. 511, Department of Statistics, The Ohio State University, Columbus, OH.
- Smith, T., B. Smith, 2001. Survival analysis and the application of cox's proportional hazards modeling using SAS. **Department of Defence Center for Deployment Health Research, Paper 244-26**, Naval Health Research Center, San Diego, CA.
- Şenocak, M., 1992. **Özel Biyoistatistik. Epidemiyolojide Sayısal Çözümleme**, Çağlayan Basımevi. İstanbul.
- Vukasinovic, N., J. Moll, N. Kunzi, 1997. Analysis of productive life in swiss brown cattle. **Journal of Dairy Science**, 80: 2572-2579.
- Vukasinovic, N., 1998. Application of survival analysis in breeding for longevity. **Animal Breeding Group, Swiss Federal Institute of Technology**.
- Vukasinovic, N., J. Moll, L. Casanova, 2001. Implementation of a routine genetic evaluation for longevity based on survival analysis techniques in dairy cattle populations in switzerland. **Journal of Dairy Science**, 84(9): 2073-2080.
- Zhang, M., 1997. Grouped failure times, tied failure times. **Two Contributions to The Encyclopedia of Biostatistics**.