

Orijinal araştırma (Original article)

Sıfır değer ağırlıklı genelleştirilmiş Poisson regresyonu yardımıyla Van Gölü'nde *Notonecta viridis* Delcourt, 1909 (Hemiptera: Notonectidae)'in populasyon değişimi üzerinde fiziko-kimyasal çevresel koşulların etkilerinin araştırılması

Abdullah YEŞİLOVA¹ Mehmet Salih ÖZGÖKÇE^{2*} Remzi ATLIHAN²
İsmail KARACA³ Fevzi ÖZGÖKÇE⁴ Şükran YILDIZ⁵ Yılmaz KAYA⁶

Summary

Investigation of the effects of physico-chemical environmental conditions on population fluctuations of *Notonecta viridis* Delcourt, 1909 (Hemiptera: Notonectidae) in Van Lake by using Zero-inflated generalized Poisson regression

In ecological studies, it is a common situation occurred that population density of species extremely increases or decreases in certain periods depending on many abiotic and biotic factors. Because of ecological factors that cause high level fluctuation in population density, It is possible to get zero individual at samplings, and on the other hand, differences between maximum and minimum values obtained in different samplings intervals can be very high. Because this type of data based on counting does not show normal distribution, and shape of the distribution is skewed to the right because of the abundance of zero, using the Zero-inflated Poisson regression method (ZIGP) is required. This study was carried out to obtain information on effects of physico-chemical environmental conditions on population fluctuation of *Notonecta viridis*. Samplings were conducted with monthly periods along the coastal band of Van Lake in 2005-2006. Samples were taken from 20 sampling places where have three different characters as

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyometri&Genetik Bilim Dalı, 65080, Van

² Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 65080, Van

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 32260, Isparta

⁴ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, 65080, Van

⁵ Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, 45040, Manisa

⁶ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Bölümü, 65080, Van

Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: msozgokce@yyu.edu.tr

Alınış (Received): 16.04.2010 Kabul edilmiş (Accepted): 28.07.2010

stream entrances, settlements and natural coastlines. Results were analysed by using ZIGP regression model. According to results, Effect of sampling intervals and sampling stations on population densities of *Notonecta viridis* were important. On the other hand, HCO₃ had negative effect on population densities in zero-inflated model while it had positive effect on population densities in other two models. It was determined that Fe effected the species populations in the negative way in the mean regression model, and Cl and Mg effected it in positive way in the overdispersion regression. In the result, it was deductived that *Notonecta viridis* was found excessive numbers or none in some sampling stations because of the physico-chemical structures of water.

Key words: Overdispersion, Zero-inflated generalized Poisson regression, population dynamic, *Notonecta viridis*, Van Lake

Anahtar sözcükler Aşırı Yayılım, Sıfır değer ağırlıklı genelleştirilmiş Poisson regresyon, populasyon değişimi, *Notonecta viridis*, Van Gölü

Giriş

Aynı ekosistemi paylaşan çok sayıdaki organizmanın sayısal bolluğu türden türe çok farklı seviyelerde ve birçok faktöre bağlı olarak sürekli bir değişim içindedir. Kaynakların ve abiotik çevrenin heterojen yapısı nedeniyle organizmaların yaşam döngüleri içinde sayıma dayalı olarak elde edilen populasyon yoğunluklarında aşırı yayılım (overdispersion) ve fazla sayıda sıfır (zero-inflated) değerleri görülmektedir. Bilindiği gibi sayıma dayalı olarak elde edilen veriler Poisson dağılımı göstermektedir. Bununla birlikte Poisson dağılımında ortalama ile varyans birbirlerine eşittir (Frome et al., 1973; Agresti, 1997; Cameron & Trivedi, 1998; Stokes et al., 2000; Long & Freese, 2006; SAS, 2010). Eşitliğin sağlanamaması durumunda genellikle aşırı yayılım (varyansın ortalamadan büyük çıkması) nadirde olsa az yayılım (varyansın ortalamadan küçük çıkması) görülmektedir (Frome et al., 1973; Cox, 1983; SAS, 2010). Bununla birlikte bu tür veriler genellikle normal dağılım göstermezler. Yani, verilerin hem sayıma dayalı olarak elde edilmeleri hem de sıfır değerlerin çok fazla sayıda olmasından dolayı dağılımının sağa doğru çarpık olması normal dağılım varsayımının sağlanamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu tür verilerin analizinde parametrik testlerin kullanılması sapmalı parametre tahminleri ve standart hataların elde edilmesine neden olabilir (Cox, 1983; Agresti, 1997; Cameron & Trivedi, 1998; Stokes et al., 2000).

Çok kalabalık küçük organizmaların populasyon yoğunlukları geliştirilen belli örnekleme teknikleriyle populasyonu temsil edebilecek örnekleme birimleri üstünden tahmin edilmeye çalışılır. Ancak yapılan örnekleme türlerin sayısal değişimleri biyotik ve abiyotik faktörlerin etkisiyle örnekleme aralıklarında aşırı yayılımla ve zaman zaman çok sayıda sıfır değerleriyle karşılaşılmasını sağlar. Bu tür sayıma dayalı olarak elde edilen veri setlerinin analizinde, aşırı yayılım negatif binomial regresyon ile kısmen azaltılabilirken (Lawles, 1987; Ridout et al., 2001; Hilbe, 2007), hem aşırı yayılım hem de çok fazla sayıda sıfır gözlemlerden dolayı daha doğru değerlendirmelerin yapılması için sıfır değer

ağırlıklı regresyon yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir (Lambert, 1992; Böhning, 1998; Böhning et al., 1999; Cheung, 2002; Khoshgoftaar et al., 2005).

Sıfır değerlerin çok fazla sayıda olduğu sayıma dayalı verilere birçok alanda sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bununla birlikte, fazla sayıda sıfır değeri içeren sayıma dayalı veriler ile ilgili birçok regresyon modeli geliştirilmiştir. Bu yöntemler sıfır değer ağırlıklı Poisson (ZIP) (Lambert, 1992; Böhning, 1998; Lee et al., 2001; Yau & Lee, 2001; Jansakul & Hinde, 2002), sıfır değer ağırlıklı Negative Binomial (ZINB) (Lawles, 1987; Ridout et al., 2001; Jansakul, 2005; Long & Freese, 2006; Hilbe, 2007) ve Hurdle model (Dalrymple et al., 2003; Rose et al., 2006) olarak verilebilir. Hurdle model hem Poisson hem de negatif binomial regresyonları ile birlikte kullanılmaktadır ve Poisson Hurdle ve Negatif Binomial Hurdle regresyonları olarak adlandırılmaktadırlar.

Son zamanlarda aşırı yayılım gösteren ve sıfır değerlerin çok fazla sayıda olduğu sayıma dayalı veri kümelerinin analizinde sıfır değer ağırlıklı genelleştirilmiş Poisson (ZIGP) regresyonu yaygın olarak kullanılmaktadır (Consul, 1989; Consul & Famoye, 1992; Famoye & Singh, 2003; Czado et al., 2007). ZIGP hem az yayılım hem de aşırı yayılım gösteren çok fazla sayıda sıfır değerine sahip sayıma dayalı verilere uygulanmaktadır. Czado et al. (2007), sadece ortalama üzerinde değil aynı zamanda aşırı yayılım ve sıfır değer ağırlıklı gözlemler üzerinde de ayrı ayrı regresyonları sağlamışlardır. Başka bir ifadeyle, ZIGP ortalama, aşırı yayılım ve sıfır değer ağırlıklı olmak üzere üç farklı regresyon analizini yapmaktadır. Böylece hem aşırı yayılım hem de sıfır değer ağırlıklı yayılımın etkilerini birbirlerinden ayrı olarak ortaya koymaktadır (Czado et al., 2007; Famoye & Singh, 2003).

Bu çalışma, Vangölü sahil şeridinde 2005–2006 yıllarında yürütülmüş ve su içinden örneklenen *Notonecta viridis* (Hemiptera: Notonectidae) populasyon yoğunluklarının suyun fiziko-kimyasal yapısının etkisi altında farklı örnekleme istasyonlarına göre dağılımları saptanmıştır. Farklı örnekleme istasyonlarına göre türler ve çevresel faktörler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde sıfır değer ağırlıklı genelleştirilmiş Poisson regresyonu kullanılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı ve örnekleme yöntemleri

Veriler Van Gölü sahil şeridinde üç farklı karakterde toplam 20 örnekleme istasyonunda 2005–2006 yılında yürütülen çalışmadan elde edilmiştir. Örnekleme 2005 yılında temmuz-eylül, 2006 yılında da mayıs-eylül aylarında aylık periyotlarda yapılmıştır. Örnekleme istasyonları akarsu giriş noktaları (6 istasyon), yerleşim alanları (7 istasyon) ve doğal alanlar (7 istasyon) olarak seçilmiştir. Sucul böcek örnekleme 35 cm çaplı standart tül atrap yardımıyla yapılmıştır (Southwood, 1978; Rosenberg, 1997; Hansen et al., 2000). Örnekleme 3 farklı yöntemle yapılmıştır. Birinci yöntemde 35 cm. çaplı standart tül

atrap kullanılmıştır. Bu yöntemde örnekleyici atrabı 1–1,5 m derinlikte su içerisine daldırılmış ve kendi çevresinde tam tur dönerken atrap torbasına takılan örnekleri sayarak kaydetmiştir. Atrap ile yapılan örneklemeler her istasyonda birbirine yakın mesafelerde 5 tekrar halinde tamamlanmıştır.

İkinci yöntemde 153 mesh açıklıklı plankton kepçeleri kullanılmıştır. Bu yöntemde örnekleyici 1-1,5 m derinlikte kıyıya paralel olarak 200 adım mesafe boyunca plankton kepçesini su içinde yukarı aşağı istikametler verdirerek sürüklemiş ve plankton kepçesinin toplama bölümüne biriken örnekler sayıma esas alınmıştır.

Üçüncü yöntemde de plankton kepçesi kullanılmış ve her istasyonda 5 farklı noktadan 1-1,5 m derinlikte dikey istikametlerde tabandan yukarı doğru çekilerek toplama bölümüne biriken örnekler sayıma esas alınmıştır. Toplanan böcekler %70'lik ethanol içinde muhafaza edilmiştir. Tür teşhisleri Dmitry A. GAPON (Zoological Institute RAS, Universitetskaya nab., 1, St. Petersburg, Russia) tarafından yapılmıştır.

Suyun kimyasal yapısı ve kalitatif özelliklerinin saptanması

Periyodik örneklemelerin yapıldığı yukarıda belirtilen örnekleme istasyonlarının her birinden kıyıya yakın 5 ayrı noktadan nansen şişesi ile farklı derinliklerden olmak üzere, yaklaşık 330 ml. su alınarak büyük bir kap içinde karıştırılmış ve sonra bu karışımdan iki farklı kab'a 330 ml. su aktarılmıştır. Göl suyunun anlık sıcaklık değeri nansen şişesi içindeki su içi ölçüm yapmaya elverişli termometreyle, alınan suyun pH değeri ise el tipi pH metre ile anlık değerler üstünden ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Alınan örnek su içindeki organizmaların faaliyetlerinin engellenmesi için her kaba 15 ml formaldehit ilavesi yapılmıştır. Örnekler buz kabına alınmış ve daha sonra analizleri yapılmak üzere laboratuarda buzdolabı nda +4-5 °C'de bekletilmiştir. Alınan örneklerden Klor (Cl⁻), Karbonat (CO₃⁻²), Bikarbonat (HCO₃⁻), Mağnezyum (Mg⁺²) ve Demir (Fe) değerlerine bakılmıştır. Klor, karbonat ve bikarbonat değerleri Gümüş Nitrat titrasyon yöntemiyle (Gündüz, 1993) belirlenirken ağır metaller Atomik absorpsiyon cihazı ile saptanmıştır.

Yöntem

μ (ortalama), Φ (aşırı yayılım parametresi) ve ω (sıfır değer ağırlıklı parametre) gibi üç parametrelili sıfır değer ağırlıklı genelleştirilmiş Poisson dağılımına sahip Y (bağımlı değişken) $Y \sim ZIGP(\mu, \phi, \omega)$ biçiminde gösterilmektedir. Dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$P(Y = y | \mu, \varphi, \omega) = 1_{\{y=0\}} \left[\omega + (1 - \omega) e^{-\frac{\mu}{\varphi}} \right] + 1_{\{y>0\}} \left[(1 - \omega) \frac{\mu(\mu + (\varphi - 1)y)^{y-1}}{y!} \varphi^{-y} e^{-\frac{1}{\varphi}(\mu + (\varphi - 1)y)} \right]$$

biçiminde yazılabilir (Famoye & Singh, 2003; Czado et al., 2007). ZIGP($\mu_i, \varphi_i, \omega_i$) regresyon modelinde y_i bağımlı değişkeni, $X_i = (1, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})^t$ ortalama için, $W_i = (1, \omega_{i1}, \omega_{i2}, \dots, \omega_{ir})^t$ aşırı yayılım için ve $Z_i = (1, z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iq})^t$ sıfır yayılım için bağımsız değişkenler olmak üzere ZIGP($\mu_i, \varphi_i, \omega_i$) modeli üç bileşenden oluşmaktadır (Czado ve ark. 2007). Bunlar;

Şansa bağlı bileşen

$\{Y_i, 1 \leq i \leq n\}$ gözlemler birbirinden bağımsız ve $Y_i \sim \text{ZIGP}(\mu_i, \varphi_i, \omega_i)$ dağılımı gösterir.

Sistematik bileşen

Y_i bağımlı değişkeni üzerinde üç doğrusal tahmin edici olan $\eta_i^\mu(\beta) = x_i^t \beta$, $\eta_i^\varphi(\alpha) = \omega_i^t \alpha$, $\eta_i^\omega(\gamma) = z_i^t \gamma$ etkili olmaktadır. Burada $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)^t$, $\alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_r)^t$, $\gamma = (\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_q)^t$ bilinmeyen regresyon parametrelerini, $X_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)^t$, $W_i = (w_1, w_2, \dots, w_n)^t$, $Z_i = (z_1, z_2, \dots, z_n)^t$ desen matrisleri olarak adlandırılmaktadır.

Parametrik bağlantı bileşeni

$\eta_i^\mu(\beta)$, $\eta_i^\varphi(\alpha)$, $\eta_i^\omega(\gamma)$ doğrusal tahmin edicileri $\mu_i(\beta)$, $\varphi_i(\alpha)$, $\omega_i(\gamma)$ ($i=1, \dots, n$) parametreleri ile arasındaki bağlantılar aşağıda verilmiştir.

Ortalama düzeyi

$$E(Y_i | \beta) = \mu_i(\beta) = E_i e^{x_i^t \beta} = e^{x_i^t \beta + \log(E_i)} > 0$$

$$\Leftrightarrow \eta_i^\mu(\beta) = \log(\mu_i(\beta)) - \log(E_i) \text{ (log link)}$$

Aşırı yayılım düzeyi

$$\varphi_i(\alpha) = 1 + e^{w_i^t \alpha} > 1$$

$$\eta_i^\varphi(\alpha) = \log(\varphi_i(\alpha) - 1) \text{ (shifted log bağlantı)}$$

Sıfır yayılımı düzeyi

$$\omega_i(\gamma) = \frac{e^{z_i^t \gamma}}{1 + e^{z_i^t \gamma}} \in (0, 1)$$

$$\Leftrightarrow \eta_i^\omega(\gamma) = \log\left(\frac{\omega_i(\gamma)}{1 - \omega_i(\gamma)}\right) \text{ (log it bağlantı)}$$

$(\beta^t, \alpha^t, \gamma^t)$ bilinmeyen parametreler göstermektedir. Y_i bağımlı değişkeni için ZIGP regresyonunun log olabilirlik Fonksiyonu (Famoye ve Singh 2003; Czado ve ark. 2007),

$$\begin{aligned} l(\delta) = & \sum_{i=1}^n I_{(y_i=0)} \left[\log \left(e^{z_i^t \gamma} + \exp \left(-\frac{E_i \cdot e^{x_i^t \beta}}{1 + e^{\omega_i^t \alpha}} \right) \right) - \log(1 + e^{z_i^t \gamma}) \right] \\ & + I_{(y_i>0)} \left[-\log(1 + e^{z_i^t \gamma}) + \log(E_i) + x_i^t \beta - \log(y_i!) - y_i \log(1 + e^{\omega_i^t \alpha}) \right. \\ & \left. + (y_i - 1) \log(E_i e^{x_i^t \beta} + e^{\omega_i^t \alpha} y_i) - \frac{E_i e^{x_i^t \beta} + e^{\omega_i^t \alpha} y_i}{1 + e^{\omega_i^t \alpha}} \right] \end{aligned}$$

biçiminde yazılabilir. $(\beta^t, \alpha^t, \gamma^t)$ bilinmeyen parametreler, olabilirlik fonksiyonun maksimize edilmesi ile maksimum olabilirlik (maximum likelihood=ML) yöntemi ile tahmin edilmektedirler.

Verilerin değerlendirilmesi için R istatistik yazılım programı kullanılmıştır. R programı altında ZIGP, pscl ve zicount modüllerinden yararlanılmıştır.

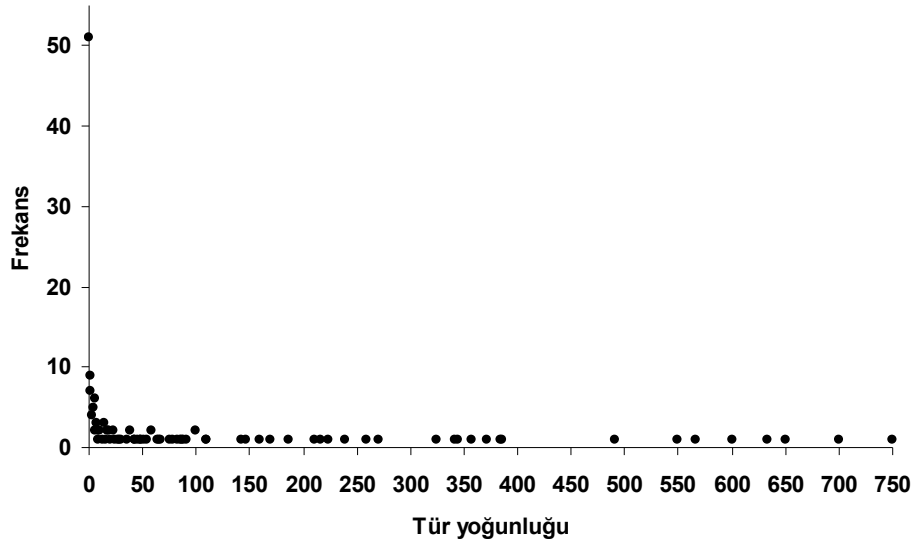
Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışmada gerekli analizler, hem aşırı yayılımı hem de sıfır değer ağırlıklı durumlarını modelleyen ZIGP regresyonu kullanılarak yapılmıştır. ZIGP regresyonu ile ortalama, aşırı yayılım ve sıfır değer ağırlıklı regresyonlarının performansları ayrı ayrı belirlenmiştir.

Veri kümesindeki değişkenlere ait tanıtıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir. Modele bağımlı değişken olarak alınan tür yoğunluğuna ait 160 gözlem değerinin 51'i (% 31.9) sıfır olarak elde edilmiştir. Tür yoğunluğunda sıfır gözlemlerin çokluğu ve gözlem arasında büyük bir varyasyon olduğu saptanmıştır. Bu nedenle Şekil 1'de verilen tür yoğunluğunun dağılımı sağa doğru çarpık olmuştur.

Çizelge 1. Modele alınan değişkenler için tanıtıcı istatistikler

Değişkenler	Ortalama (St. hata)	En küçük değer	En büyük değer
<i>PH</i>	9.580 (0.038)	9.500	9.660
<i>Cl</i>	1.204 (0.168)	0.554	1.917
<i>CO₃</i>	377.460 (78.430)	156	650
<i>HCO₃</i>	1010.700 (207.200)	122	1732.400
<i>Mg</i>	7.752(0.120)	5.923	7.879
<i>Fe</i>	0.069 (0.045)	0	0.352
<i>Tür yoğunluğu</i>	354.400 (1026.500)	0	750



Şekil 1. Sayıma dayalı olarak elde edilen tür yoğunlunun dağılımı.

Farklı modeller için log-likelihood ve Akaiki bilgi ölçütü (AIC) Çizelge 2’de verilmiştir. Model 1 ($PR(\mu_i)$ =Poisson regresyon) için elde edilen AIC değeri diğer sekiz modele göre oldukça yüksek bulunmuştur. En küçük bilgi ölçüt değerlerine sahip model en iyi model olarak tanımlanmaktadır (Czado et al., 2007). Bu nedenle en küçük AIC değerine sahip modelin $ZIGP(\mu_i, \varphi_i, \omega_i)$ olduğu saptanmıştır. Özellikle model 3’ten sonra AIC’de oldukça büyük düşüş olduğu görülmüştür. Modellerde kullanılan μ , φ ve ω sırasıyla ortalama, aşırı yayılım ve sıfır değer ağırlıklı parametrelerini göstermektedir. Bununla birlikte gözlem değerlerinin %31,9’unun sıfır değerli ve gözlem değerleri arasındaki büyük varyasyon olması model 1’in AIC değerinin diğer modellere nazaran oldukça yüksek çıkmasına neden olmuştur. Model 1’den model 9’a doğru gidildiğinde AIC değerinin giderek küçüldüğü saptanmıştır. Sabit sıfır değer ağırlıklı parametresi (ω) dahil edilen $ZIP(\mu_i, \omega)$ modelinde ait AIC değerinin $PR(\mu_i)$

modeline göre yaklaşık olarak % 79.9 azaldığı saptanmıştır. Benzer şekilde, değişkenlik gösteren sıfır değer ağırlıklı parametresi (ω_i) dahil edilen ZIP(μ_i, ω_i) modelin AIC değerinin PR(μ_i) modeline göre yaklaşık olarak %79.8 azaldığı saptanmıştır. Değişkenlik gösteren aşırı yayılım (ϕ_i) ve sıfır değer ağırlıklı (ω_i) parametrelerini içeren ZIGP(μ_i, ϕ_i, ω_i) modelin AIC değerinin PR(μ_i) modeline göre yaklaşık olarak %95.5 azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 2. Farklı regresyon modelleri için log olabirlik ve AIC bilgi ölçütleri

Model	Log-Olabirlik	AIC
(1) PR(μ_i)	-11989.7	23999
(2) ZIP(μ_i, ω)	-9579.7	19181
(3) ZIP(μ_i, ω_i)	-9558.9	19158
(4) GP(μ_i, ϕ)	-665.9	1354
(5) GP(μ_i, ϕ_i)	-655.9	1352
(6) ZIGP(μ_i, ϕ, ω)	-654.0	1332
(7) ZIGP(μ_i, ϕ, ω_i)	-646.8	1336
(8) ZIGP(μ_i, ϕ_i, ω)	-644.5	1331
(9) ZIGP(μ_i, ϕ_i, ω_i)	-633.3	1327

Sıfır değer ağırlıklı parametresinin modele dahil edilmesi durumunda, ZIP(μ_i, ω) ile PR(μ_i) karşılaştırıldığında AIC değerinin 23999'den 19181'e düştüğü saptanmış ve Vuong istatistiği değeri $v= 4.37$ ($p<0.0001$) olarak bulunmuştur. Hem AIC hem de Vuong değeri ZIP(μ_i, ω) regresyonu PR(μ_i) regresyonuna tercih edilmesi gerektiğini göstermiştir. Aşırı yayılım parametresinin modele dahil edilmesi durumunda ve bu parametrenin önemli olup olmadığının belirlenmesi için PR(μ_i) ile GP(μ_i, ϕ) karşılaştırılmıştır. AIC değeri 23999'den 1354'e kadar azaldığı saptanmış ve $v= 7.75$ ($p<0.0001$) olarak bulunmuştur. Bu sonuç GP(μ_i, ϕ)'in PR(μ_i)'ye tercih edildiğini göstermiştir.

Sıfır değer ağırlıklı parametre üzerinde regresyonu belirlemek için ZIP(μ_i, ω) ile ZIP(μ_i, ω_i) karşılaştırılmıştır. AIC değerinin 19181'den 19158'e düştüğü saptanmış ve $v= 3.34$ ($p<0.05$) olarak bulunmuştur. AIC ve Vuong test sonucu ZIP(μ_i, ω_i) modelinin tercih edilmesi gerektiğini göstermiştir. Yani, bu sonuç veri setinde sıfır değer ağırlıklı verilerin önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Aşırı yayılım parametre üzerinde regresyonu incelemek için GP(μ_i, ϕ) ile GP(μ_i, ϕ_i) karşılaştırılmıştır. AIC değerinin 1354'den 1352'ye düştüğü saptanmış ve $v= 7.34$ ($p<0.0001$) olarak bulunmuştur. AIC ve Vuong test sonucu GP(μ_i, ϕ_i) modelinin tercih edilmesi gerektiğini göstermiştir. Bundan dolayı

aşırı yayılım parametresinin tür yoğunluğu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

En küçük AIC bilgi ölçütü değerine sahip olan $ZIGP(\mu_i, \varphi_i, \omega_i)$ model en iyi model olarak seçilmesi nedeniyle parametre tahminlerinin bu modele göre yorumlanması gerekmektedir. $ZIGP(\mu_i, \varphi_i, \omega_i)$ modeline göre parametre tahminleri ve standart hata değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. $ZIGP(\mu_i, \varphi_i, \omega_i)$ regresyonu için parametre tahminleri ve standart hatalar

	Ortalama regresyon		Aşırı yayılım Regresyonu		Sıfır değer ağırlıklı regresyon	
	Parametre tahmini	St. Hata	Parametre tahmini	St. Hata	Parametre tahmini	St. Hata
<i>Intercept</i>	51.843	42.545	-15.420	48.831	20.880	87.422
<i>Ay</i>	-0.995	0.312	-1.362	0.321***	1.385	0.768*
<i>İstasyon</i>	-0.152	0.037***	-0.099	0.040*	0.287	0.104**
<i>Yıl</i>	-0.011	5.251**	5.418	5.588	-1.135	9.090
<i>PH</i>	-3.929	4.272	4.721	4.716	-5.584	9.069
<i>Cl</i>	1.881	1.444	2.747	1.562*	2.415	2.581
<i>CO₃</i>	0.002	0.004	-0.003	0.004	-0.0008	0.007
<i>HCO₃</i>	0.007	0.002***	0.009	0.002***	-0.005	0.003*
<i>Mg</i>	-1.614	2.923	-5.312	3.127*	3.144	5.782
<i>Fe</i>	40.766	12.460**	50.348	12.793***	11.210	16.377
μ	(6.67-94.52(ortalamanın değişim aralığı))					
φ_i	(6.36-76.60 (aşırı yayılımın değişim aralığı))					
ω_i	(%0-%87(sıfır gözlemlerin değişim aralığı))					

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Çizelge 3'te hem aşırı yayılım hem de sıfır değer ağırlıklı parametreleri değişkenlik göstermiştir. Aşırı yayılım 6.36 ile 76.60 arasında değişirken sıfır değer ağırlıklı % 0 ile % 87 arasında değişmiştir. Aşırı yayılım ve sıfır değer ağırlıklı parametre aralıklarının oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Bilindiği gibi Poisson dağılımında ortalama ile varyans birbirine eşit olduğundan dolayı yayılım parametresi bir (1) değerine eşit olur. Çalışmada, yayılım parametresi 6.36 ile 76.60 arasında değişmiştir. Aralığın bir (1) değerinden büyük çıkması aşırı yayılımın ne kadar etkili olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte sıfır değer ağırlıklı verilerin dağılımı da oldukça yüksek bir orana (%87) ulaşmıştır. Zaten veri setindeki sıfır değer ağırlıklı gözlemler % 31.9 olarak verilmişti. Bu değer tahmin edilen aralığın içinde yer almıştır.

Değerlendirme sonuçları ortalama regresyon parametre tahminlerine göre incelendiğinde tür yoğunluklarını farklı örnekleme aralıklarının ve istasyonların

negatif yönde etkilediği, suyun kimyasal yapısı içinden de HCO_3 ve Fe'nin önemli seviyede etkilediği görülmektedir.

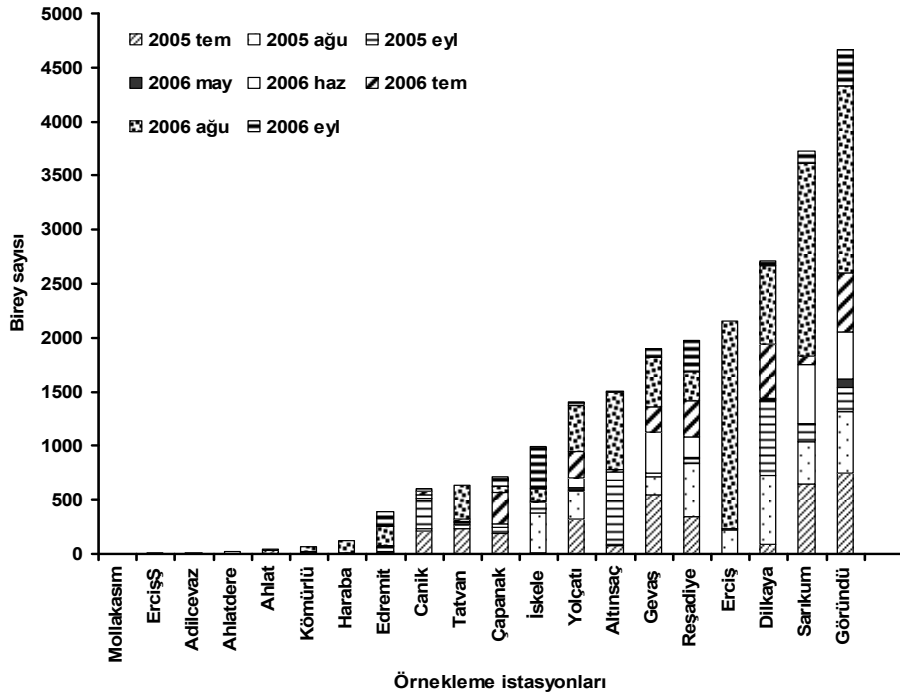
Aşırı yayılım dikkate alındığında farklı aylarda yapılan örneklemelerin ve farklı örnekleme istasyonlarının ortalama regresyonda olduğu gibi tür yoğunlukları üstünde negatif yönde etkili olduğu, suyun kimyasal yapısı içinden HCO_3 ve Fe'ye ilaveten Cl ve negatif yönde Mg'nin de etkili olduğu saptanmıştır. Bu yöntemde tür yoğunluklarının minimum ve maksimum seviyelerindeki aşırı değişim dikkate alındığında çevresel etkenlerden Cl ve Mg'nin tür yoğunluklarını değiştirebildiği anlaşılmaktadır.

Sıfır değer ağırlıklı regresyonda ise önceki yöntemlerde olduğu gibi tür yoğunluklarının ay ve istasyonların etkisinde olduğu suyun kimyasal yapısı içinden de sadece HCO_3 'nun negatif yönde etkisinde olduğu bulunmuştur. Sıfır değer ağırlıklı modelde çevresel faktörlerden sadece HCO_3 'nun önemli bulunması ve diğer etkenlerin önemsiz bulunması tür yoğunluklarında görülen sıfır değerlerinin diğer çevresel faktörlerle ilgili olmadığını ancak HCO_3 'nun tür yoğunluğunu olumsuz etkilediğini açıklamaktadır. Bu yöntemde ayların ve istasyonların etkisinin önemli bulunması da tür yoğunluklarının bazı aylarda ve istasyonlarda hiç bulunmamasının anlamlı olduğunu açıklamaktadır. Notonectid türlerinin özellikle kıyıya yakın hafif acı ve tuzlu suları tercih ettiği, su dengesinin sağlanmasında doğrudan ilişkili organizmalar oldukları ve vücut derilerinin geçirgen olması sebebiyle alınan amonyum karbonatlı suyun mide ve barsak sisteminden geçerek boşaltım organından amonyak olarak atıldığı açıklanmaktadır (Staddon, 1963). Göl suyunun yüksek bazik özelliğe sahip olmasıyla (yaklaşık 9,5 pH) ve ortamda bulunan bazik karakterli olan amonyum karbonatı olarak asidik karakterli amonyak olarak ortama salıveren *N. viridis*'in bu şekilde göl suyunun asit-baz dengesinde düzenleme yapma yönünde bir işleve sahip olduğu düşünülmektedir. Özellikle göl suyunun daha berrak ve kıyı kirliliğinin olmadığı, insanların yüzmek için en çok tercih ettiği istasyonlarda bu türler ya hiç ya da çok az yoğunluklarda görülmüştür (Şekil 2). Buna karşılık akarsu giriş noktaları, yerleşim alanları ve görünürde de kirliliği gözlenen istasyonlarda çok yoğun olarak saptanmıştır. Van Gölü sahil şeridinde bazı istasyonlarda çok yoğun bulunmaları buna karşılık bazı istasyonlarda hiç bulunmamaları bu türlerin potansiyel gösterge türler olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Her üç regresyonda da ayların ve istasyonların etkisinin önemli bulunması tür yoğunluklarının mevsimsel farklılıklar, üreme, göç, besin dağılımı gibi nedenlerin yanı sıra suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin aylara, örnekleme istasyonlarına, yağışlara, akarsu girişlerine ve buharlaşmalar gibi birçok faktöre bağlı olduğunu ve dinamik olarak değiştiğini göstermektedir. İstasyonların farklı karakterde ve farklı uzaklıklarda olması tür yoğunluğunu etkileyen diğer önemli bir faktördür. Özellikle kentsel atıkların birçok istasyonda arıtılmadan veya sadece katı atıklar arıtılarak göle deşarj edilmesi organik atıklarca aşırı bir yüklenme sağlamaktadır. Ancak bunun yanı sıra kentsel atıklar içinde bulunan

deterjan benzeri kimyasal karakterde girdiler de canlı organizmaları olumsuz etkileyen diğer bir faktördür. İstasyonlardan bazıları akarsu giriş noktaları olduğundan buralarda özellikle tatlı su ve beraberinde göle taşıdığı organik ve inorganik karakterde birçok girdi bu noktalardaki örneklemelerden sayılan türlerin populasyon yoğunluğunu etkileyen önemli faktörlerdendir. Bu bölgelerdeki tür yoğunluklarının yerleşim alanı ve doğal alan olarak ifade edilen örnekleme noktalarından farklı yoğunluklarda olabileceği açıktır.

Değerlendirmelerde yılların etkisinin önemsiz bulunması ortamdaki tür değişiminin yılın aynı dönemlerinde çevresel koşulların ve istasyonların benzer oranlardaki etkisinde ve benzer yoğunluklarda olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.



Şekil 2. *Notonecta viridis* Delcourt, 1909'in Van Gölü sahil şeridinde 2005–2006 yıllarında farklı örnekleme aralıklarında ve örnekleme istasyonlarına göre populasyon yoğunluğu.

Özet

Ekolojik çalışmalarda türlerin populasyon yoğunluklarının belli periyotlarda abiotik ve biotik birçok faktöre bağlı olarak aşırı arttığı veya azaldığı sık rastlanan bir durumdur. Bu değişimin sonucu olarak populasyon takibi çalışmalarında örneklemelerde birey sayılarında sıklıkla çok fazla sayıda sıfır değeri ile aşırı artış ve azalış şeklinde dalgalanmalar görülebilir. Bu tür sayıma dayalı olarak elde edilen verilerin normal dağılım göstermemesi ve sıfır değerli gözlemlerin çok fazla sayıda olmasından dolayı dağılımın

şeklinin sağa doğru çarpık olması, sıfır değer ağırlıklı regresyon yöntemlerinin uygulanmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada 2005–2006 yıllarında Van Gölü kıyı şeridinde yerleşim alanları, akarsu giriş noktaları ve doğal alanlar olmak üzere birbirinden farklı karakterde 20 farklı örnekleme istasyonundan *Notonecta viridis*'in populasyon yoğunlukları aylık örneklemeyle izlenmiştir. Sonuçlar ZIGP regresyon yöntemiyle değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda ortalama, aşırı yayılım ve sıfır değer ağırlıklı gözlemler dikkate alındığında *Notonecta viridis* populasyon yoğunlukları üstünde her üç regresyonda da farklı örnekleme aralıkları ve istasyonların etkisinin önemli olduğu, çevresel faktörlerden HCO_3 'ün sıfır değer ağırlıklı modelde negatif yönde, diğer yöntemlerde ise pozitif yönde etkili olduğu görülmüştür. Ortalama regresyonda Fe, aşırı yayılım regresyonunda ise bunlara ilaveten Cl ve Mg'nin populasyon yoğunluğunu olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. *Notonecta viridis*'in bazı istasyonlarda aşırı yoğun bulunması ve bazı istasyonlarda hiç bulunmamasının suyun fiziko-kimyasal özellikleriyle yakından ilgili olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Tübitak-Çaydag tarafından desteklenen 102Y089 nolu ve "Van Gölü Sahil Şeridinde Sucul ve Karasal Böcek Faunası ve Bitkisel Floranın Saptanması, Farklı Bölgelerde Göl Kirliliğinin İndikatör Türler Yardımıyla Belirlenmesi" isimli projenin bir kısmıdır. Notonectid türlerini teşhis eden Dr. Dmitry A. GAPON'a ve projeye maddi destek sağlayan Tübitak'a teşekkür ederiz.

Yararlanılan Kaynaklar

- Agresti, A., 1997. Categorical Data Analysis. **John and Wiley & Sons, Incorporation**, New Jersey, Canada, 710 pp.
- Böhning, D., 1998. Zero-Inflated Poisson Models and C.A.MAN: A Tutorial Collection of Evidence **Biometrical Journal**, **40** (7): 833-843.
- Böhning, D., E. Dietz & P. Schlattmann, 1999. The Zero-Inflated Poisson Model and the Decayed, Missing and Filled Teeth Index in Dental Epidemiology. **Journal of Royal Statistical Society, A** **162**:195–209.
- Cameron, A. C. & P. K. Trivedi, 1998. Regression Analysis of Count Data, (Cambridge University Press, New York) 411 pp.
- Cheung, Y. B., 2002. Zero-Inflated Models for Regression Analysis of count data, A study of growth and development. **Statistics in Medicine**, **21**: 1461-1469.
- Consul, P. C., 1989. Generalized Poisson Distributions, Volume 99 of Statistics: Textbooks and Monographs. New York: Marcel Dekker Inc. Properties and Applications.
- Consul, P. C. & F. Famoye, 1992. Generalized Poisson regression model. **Communications in Statistics, Theory and Methods**, **21**(1) 89–109.
- Cox, R., 1983. Some Remarks on Overdispersion **Biometrika**, **70**: 269-274.

- Czado, C., E. Vinzenz, M. Aleksey & W. Stefan, 2007. Dispersion and zero-inflation level applied to patent outsourcing rates Zero-inflated generalized Poisson models with regression effects on the mean, **Statistical Modelling**, **7** (2): 125 -153.
- Dalrymple, M. L, I. L. Hudson & R. P. K. Ford, 2003. Finite Mixture, Zero-Inflated Poisson and Hurdle Models with Application to SIDS, **Computational Statistics & Data Analysis**, **41**: 491-504.
- Famoye, F. & K. P. Singh, 2003. On inflated generalized Poisson regression models. **Advances and Applications in Statistics**, **3** (2), 145–158.
- Frome, E. D, M. H. Kutner & J.J. Beauchamp, 1973. Regression Analysis of Poisson-Distributed Data, **Journal of American Statistical Association**, **68** (344): 935–940.
- Gündüz, T., 1993. Kantitatif Analiz Ders Kitabı, Ankara, 478 s.
- Hansen, J., Mki. Sato, R. Ruedy, A. Lacin & V. Oinas, 2000. Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, **97**, 9875-9880.
- Hilbe, J. M., 2007. Negative Binomial Regression, (Cambridge,UK). 322 pp.
- Jansakul, N. & J. P. Hinde, 2002. Score tests for zero-inflated Poisson models. **Computational Statistics & Data Analysis**, **40** (1): 75- 96.
- Jansakul, N., 2005. Fitting a Zero-inflated Negative Binomial Model via R. Proceedings 20th International Workshop on Statistical Modelling. Sidney, Australia, 277-284 p.
- Khoshgoftaar, T. M, K. Gao & R. M. Szabo, 2005. Comparing Software Fault Predictions of Pure and Zero- inflated Poisson Regression Models. **International Journal of Systems Science**, **36** (11): 707–715.
- Lambert, D., 1992. Zero-Inflated Poisson Regression, with an Application to Defects in Mnaufacturin. **Technometrics**, **34** (1): 1-13.
- Lawles, J. F., 1987. Negative Binomial and Mixed Poisson Regression. **The Canadian Journal of Statistcs**, **15** (3): 209-225.
- Lee, A. H., K. Wang & K. K. W. Yau, 2001. Analysis of Zero-Inflated Poisson Data Incorporating Extent of Exposure. **Biometrical Journal**, **43** (8): 963-975.
- Long, J. S. & J. Freese, 2006. Regression Models for Categorical Dependent Variable Using Stata, (A Stata Pres Publication, StataCorp LD Collage Station, Texas, USA. 524 pp.
- Ridout, M., J. Hinde & C.G.B. Demetrio, 2001. A Score Test for a Zero-Inflated Poisson Regression Model Against Zero-Inflated Negative Binomial Alteratves. **Biometrics**, **57**: 219-233.
- Rose, C. E., S. W. Martin, K. A. Wannemuehler & B. D. Plikaytis, 2006. On the of Zero-inflated and Hurdle Models for Medelling Vaccine Adverse event Count Data. **Journal of Biopharmaceutical Statistics** **16**: 463-481.

- Rosenberg, D. M., I. J. Davies, D. G. Cobb & A. P. Wiens, 1997. Protocols For Measuring Biodiversity: Benthic Macroinvertebrates in Fresh Waters, <http://www.emanrese.ca/eman/ecotools/protocols/freshwater/benthics/intro.html>, (Date accessed: 10.10.2007).
- SAS, 2010. SAS/Stat Software Hagen and Enhanced. (SAS Institute Incorporation, USA).
- Staddon, B. W., 1963. Water balance in the aquatic bugs *Notonecta glauca* L. and *Notonecta marmorea* Fabr. (Hemiptera: Heteroptera). **Journal of Experimental Biology**, **40**, 563-71.
- Southwood, T. R. E., 1978, Ecological Methods, with Particular Reverence to the Study of Insect Populations. 2nd ed., Chapman and Hall, London and New York, 524 pp.
- Stokes, M. E, C. S. Davis & G. G. Koch, 2000. Categorical Data Analysis Using the SAS System, (John and Wiley & Sons Incorporation, USA), 478 pp.
- Yau, K. K. W. & A. H. Lee, 2001. Zero-Inflated Poisson Regression with Random Effects to Evaluate an Occupational Injury Prevention Programme. **Statistics in Medicine**, **20**: 2907-2920.