

Received / Makale Geliş Tarihi 25.10.2023  
Published / Yayınlanma Tarihi 31.12.2023  
Volume / Issue (Cilt/Sayı)-ss/pp 10(102), 3559-3568

Research Article / Araştırma Makalesi  
10.5281/zenodo.10452215

**Duygu Çevlik**

<https://orcid.org/0009-0005-8169-4976>  
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

**Mine Özcanlı**

<https://orcid.org/0009-0001-4010-1258>  
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

**İzzet Aygül**

<https://orcid.org/0009-0008-6540-9831>  
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

**Süleyman Mıhrıcıhan**

<https://orcid.org/0009-0006-4641-3953>  
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

**Fırat Çınar**

<https://orcid.org/0009-0003-5193-6319>  
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

**Halil Demirbaş**

<https://orcid.org/0009-0003-6254-6156>  
Milli Eğitim Bakanlığı, Adana / TÜRKİYE

## Bir Biyomimikri Çalışması

### A Biomimicry Study

#### ÖZET

Biyomimikri, tasarımcılar tarafından insan sorunlarının çözümüne yardımcı olmak için kullanılan doğayı taklit etme çalışmasıdır. Biyomimikri, tasarım zorluklarını çözmek için doğadan gelen ilkeleri veya mekanizmaları incelemek ve aktarmak için disiplinler arası bir yaklaşımdır ve sürdürülebilirliğe odaklanır.

Doğadaki biyolojik doku veya organların tümü, fiziksel ve kimyasal sinyalleri uzuv hareketlerine dönüştürme işlevine sahiptir. Bu çalışma ile yay kullanılarak, tırtılın adım hareketinde var olan gizemleri keşfetmek amaçlanmıştır.

Bulgulardan elde edilen sonuçlara göre:

Yay büküldüğünde moment bükme açısıyla doğru orantılı olup yay potansiyel enerjisi depolanır sonrasında yay sıçrayabilir. Bu sistem tırtılın adım hareketini üreten sistem ile bağdaştırılabilir. Yay için zaman farkı  $\frac{T}{16}$  ya eşit olduğunda sıçrama mesafesi maksimum olur.

Zaman farkı başlangıç hızını ve çıkabileceği de etkileyebileceği gibi aynı zamanda sıçrama meydana geldiğinde yay merkezinin yatay ve dikey pozisyonu atlama mesafesi de bundan etkilenmektedir.

Deneysel sonuçlara göre zaman farkı  $\frac{T}{16}$ ,  $\frac{T}{8}$ ,  $\frac{T}{4}$  olduğunda diğerlerine göre yay daha uzağa sıçrayabilmektedir. Zaman farkı  $\frac{T}{16}$  olduğunda ise en uzak atlama mesafesine ulaşır.

Gelecekte bu robot, aşırı nesne tespiti ve boru hatları ve motorlar gibi küçük veya toksik ve tehlikeli ortamlarda kurtarma gibi görevleri tamamlamak için minyatür kameralar, kızılötesi ve diğer algılama ekipmanlarıyla da donatılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Tırtıl Hareketi, Yay, Moment, Esneklik Potansiyel Enerji.

#### ABSTRACT

Biomimicry is the study of imitating nature used by designers to help solve human problems. Biomimicry is an interdisciplinary approach to study and transfer principles or mechanisms from nature to solve design challenges and focuses on sustainability.

All biological tissues or organs in nature have the function of converting physical and chemical signals into limb movements. The aim of this study is to discover the mysteries of the caterpillar's stepping movement by using a spring.

According to the results obtained from the findings:

When the spring is bent, the moment is directly proportional to the bending angle and the potential energy of the spring is stored and then the spring can jump. This system can be reconciled with the system that produces the stepping motion of the Caterpillar. The jump distance is maximum when the time difference for the spring is equal to T/16.

While the time difference may affect the initial speed and output, the horizontal and vertical position of the arc center when the jump occurs will also affect the jumping distance.

According to experimental results, when the time difference is T/16, T/8 or T/4, the spring can jump farther than the others. When the time difference is T/16, it reaches the farthest jumping distance.

In the future, this robot can also be equipped with miniature cameras, infrared and other sensing equipment to complete tasks such as extreme object detection and rescue in small or toxic and hazardous environments such as pipelines and engines.

**Keywords:** Caterpillar Motion, Spring, Moment, Elasticity Potential Energy.

## 1. GİRİŞ

Biyomimikri, tasarımcılar tarafından insan sorunlarının çözümüne yardımcı olmak için kullanılan doğayı taklit etme çalışmasıdır. Biyomimikri, tasarım zorluklarını çözmek için doğadan gelen ilkeleri veya mekanizmaları incelemek ve aktarmak için disiplinler arası bir yaklaşımdır ve sürdürülebilirliğe odaklanır.

Yüzyıllar öncesinden beri tasarımcılar ve mimarlar doğaya büyük bir ilham kaynağı olarak bakmışlardır. Biyomimikri, doğanın, çevrenin ve içinde yaşayanların sorunlarını çözme konusunda devasa bir deneyime sahip olması nedeniyle, doğanın 3,85 milyar yıllık evrimi sonucunda tasarımcılar için en iyi, en etkileyici yenilik kaynağı olduğunu savunmaktadır. Biyomimikrinin ortaya çıkan alanı, mikro ve makro ölçekte biyo-ilhamlı mühendislikten elde edilen yeni teknolojilerle ilgilenmektedir. Mimarlar, farklı yapı türleriyle ilgili karmaşık sorularına doğadan yanıtlar arıyor ve farklı mimari amaçlara yönelik daha iyi ve daha verimli yapılar yaratmak için doğadaki birçok formu taklit etmektedirler (Eryılmaz, 2015, Altınışık, 2021).

Biyomimikri terimi ilk kez 1962 yılında bilimsel literatürde ortaya çıkmış ve 1980'li yıllarda özellikle malzeme bilimciler arasında kullanılmaya başlanmıştır. Bazı bilim insanları 'Biyomimetik' veya daha az sıklıkla 'biyonik' terimini kullanmayı tercih etmiştir (Avcı, 2019).

Doğadaki biyolojik doku veya organların tümü, fiziksel ve kimyasal sinyalleri uzuv hareketlerine dönüştürme işlevine sahiptir. Bu çalışma ile yay kullanılarak, tırtılın adım hareketinde var olan gizemleri keşfetmek amaçlanmıştır.

Tırtıllar incelendiğinde sadece toraks denilen göğüs bölgelerinde değil karın kısımlarında da bacağı andıran uzantılar taşıdıklarını fark edilebilir. Her ne kadar bunlara abdominal bacaklar dense de her böceğin göğsünde yer alan bacaklarla aynı değildir, yani bunlar karın uzantılarıdır. Basınç sayesinde şişebilen Turgor kasları yer alır bacaklarında ve bu kasların kasılmasıyla arkadan öne doğru en fazla üç adet aynı anda gerçekleşecek şekilde bir dalgalanma hareketi görülür. Kasların kasılması torasik (=göğüste yer alan) gerçek bacakların tutundukları yeri ardışık olarak bırakmalarıyla sonuçlanır. İleri çok az adım atılmasıyla beraber tekrardan bacaklarıyla tutunur ve oldukça yavaş gibi görülen bu hareket döngüsüyle tırtılın yaprağın üzerinde yürümesini gerçekleştirir (Demirsoy, 2006).

Bu döngüsel hareketi şu şekilde özetlenebilir:

1. Basınç sayesinde abdominal bacaklarının şişmesi ve inmesi,
2. Torasik bacakların tutunduğu yerden ayrılıp, ileriye doğru hamle yapılması ve yeniden tutunması.

Bu hareketler eş zamanlı olarak ve son derece uyum içerisinde gerçekleşmektedir.

Tırtıl adım hareketleri basit bir metod gibi görünse de çok karmaşık bir mekanizmayı ifade eder. Bu çalışma ile yay kullanılarak tırtılın adım hareketi incelenmiştir. Gözlemlerimize göre tırtılın adım hareketinden önce aldığı pozisyon yayların esneklik potansiyel enerjisine benzemektedir.

Belirli bir kuvvetle basılarak veya çekilerek üzerine yüklenen yükün etkisi yönünde esneyerek (yaylanarak) bu etkiyi karşılayan ve üzerindeki yük kalktığında tekrar ilk durumunu alan makine elemanlarına yay denir (Çakmakoğlu, 2004).

Bir ucu destek çubuğuna tutturulmuş sarmal yayın öbür ucuna kütlesi  $m$  olan bir cismin asıldığını düşünelim. Bu durumda yay  $W=mg$  ağırlığının etkisiyle aşağı doğru gerilecektir. Bu sırada yay asılan cismin uyguladığı  $W=mg$  kuvvetine karşılık yayda zıt yönde bir  $F$  kuvveti doğar, buna esneklik kuvveti denir.  $W$  kuvveti ortadan kaldırırsa,  $F$  kuvveti, yayı tekrar gergin olmadığı duruma getirir. Bu bakımdan  $F$  kuvvetine geri çağırıcı kuvvet denir. Esneklik sınırı aşılmamış bir yay için, yay sabiti  $k$  olmak üzere,

$$F_x = -k \quad \text{şeklindedir (lisefizik.com)}$$

Eğer çengelli cismi yayın alt ucuna asıp elinizle alttan destekleyerek  $W$  ağırlığının etkisiyle yayın yavaş yavaş gerilmesine izin verirseniz,  $W$  ağırlığı ile  $F$  geri çağırıcı kuvvet birbirine eşit oluncaya kadar yay gerilir (denge konumu). Denge konumu, farklı  $m$  kütleleri için değişik noktalarda olacaktır.

Yay  $x$  kadar gerildiğinde veya sıkıştırıldığında yaya depo edilen potansiyel enerji,

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \quad \text{ifadesiyle verilir (Ergüzeloğlu & Kaplan, 2021)}.$$

Yayın ucundaki cismi denge konumundan  $A$  kadar yukarı kaldırıp serbest bırakırsanız, cisim denge konumu etrafında titreşim hareketi yapacaktır. Tam bir titreşim için geçen zamana periyot denir ve  $T$  ile gösterilir. Diğer bir önemli kavram frekans  $f$ , birim zamandaki periyotların veya tam titreşimlerin sayısı olarak tanımlanır. Buna göre frekans ile periyot arasında

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{bağıntısı vardır.}$$

Yaya bağlı hareketli cismin denge konumuna olan uzaklığını gösteren  $x$  koordinatına uzanım adı verilir. Uzanımın en büyük değerine ise genlik ( $A$ ) denir. Buna göre cismin hareket ettiği yol  $2A$ 'dır. Yaya asılı

harmonik hareket yapan cisim, hareketin en üst ve en alt noktalarında durup sonra geri döner. Cisim hareketin en üst ve en alt noktasında bulunurken sistemin tüm mekanik enerjisi potansiyel enerjiye dönüşür. Kütle yay sistemi için Newton'un 2. yasası kullanılarak

$$F = ma = -kx$$

ve ivmenin  $a = \frac{d^2x}{dt^2}$  ifadesi yerine yazılırsa elde edilecek ikinci derece diferansiyel denklemde açılmal frekans

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$
 olarak tanımlanır.

Bununla birlikte açılmal frekansın frekansa bağıllığı göz önünde bulundurulursa ( $\omega = 2\pi f = 2\pi T$ ) hareketin T periyodu

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$
 elde edilir (Bozyiğit vd., 2015).

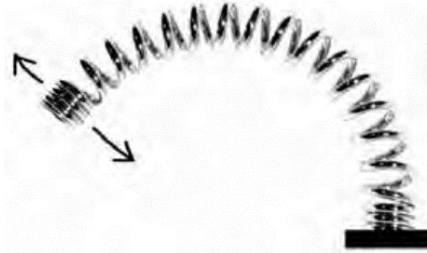
### 1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışma ile yay kullanılarak, tırtılın adım hareketinde var olan gizemleri keşfetmek amaçlanmıştır. Çalışmada aşağıdaki sorulara cevaplar aranmıştır.

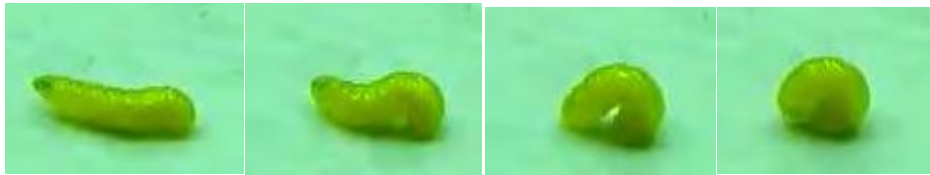
- ✓ Yay büküldüğünde yaya etki eden moment ile yayın bükülme açısı arasında nasıl bir ilişki vardır?
- ✓ Zaman farkının atlama mesafesi üzerinde bir etkisi var mıdır?
- ✓ Hangi koşullar altında en uzak sıçrama mesafesi elde edilebilir?

## 2. YÖNTEM

Esneklik potansiyel enerjisi, yay büküldüğünde depolanır; çalışmada tırtılın adımlarını simüle etmek için yay kullanılmıştır.



Şekil 1. Yan Eğimli Yay



Şekil 2. Tırtıl Hareketleri

Elektromıknatıslar kullanılarak deney düzeneği hazırlanırken yayların esneklik sınırlarının olduğu göz ardı edilmemelidir. Yayların deforme olmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca elektromıknatıslardaki ortamın boşluk/hava olmasının deney sonuçları üzerine etkisi çok azdır.

Yayın bir ucu sabitlendiğinde ve diğer uç noktası serbest bırakıldığında, esneklik potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüştürülebilir. Yayın serbest ucu sıkıştırılıp bırakıldığında, yay bir sıçrama hareketi yapar.

Yay uzunluğu, yay esneklik potansiyel enerjisi miktarını belirler.

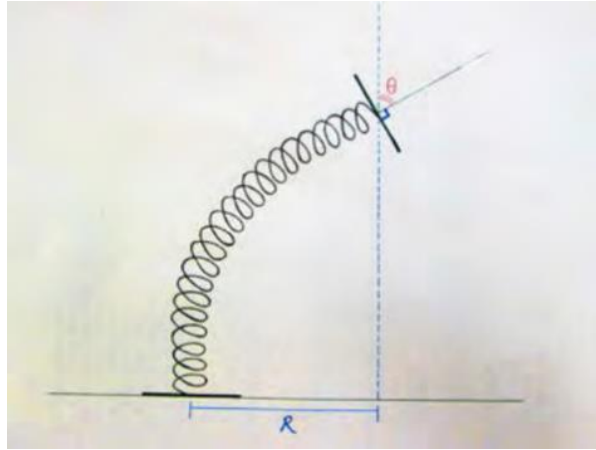
Yayın bir ucu zemine sabitlenip diğer ucu zemine tutturulup bırakıldığında, yayın dik durumda olacağı ilk hareketinde geçen zaman esneklik potansiyel enerjisinin kinetik enerjisine olan oranını etkiler bu da yayın yatay ve düşey hızı ile sıçrama mesafesini etkiler.

### 2.1. Deney İçin Kullanılan Malzemeler ve Düzeneğin Kurulması

- Zaman farklarını kontrol etmek için sporcu kronometresi kullanılmıştır.
- Aynı ağırlığa sahip 2 metal plaka yayın iki ucuna lehimlenmiştir.
- 20 cm lik yayın orta noktası kırmızı kalem ile işaretlenmiştir.
- Elektromıknatısların uçlarına ahşap plaka yerleştirilmiştir.
- Yayların hareketlerini anlayabilmek için elektromıknatısların arka kısmına beyaz mukavva yerleştirilmiştir.
- Elektromıknatısların ucuna yerleştirilen ahşap plakaların üzerine uçları metal plakalar lehimlenmiş yaylar konmuştur.
- Yayların uçlarının olduğu düz zemin beyaz mukavvada düz bir doğru olarak çizilmiştir.
- Ayaklı bir beyaz lamba ile yayın gölgesinin beyaz mukavvaya yansımaları sağlanmıştır.
- Video kaydı ile yayın hareketi kayıt altına alınmıştır.

### 2.2. Yayın Yanal Değişimi, Moment ve Eğilme Açısı Arasındaki İlişkinin Ölçülmesi

- Yayın bir ucu dikey olarak bir zemine sabitlenmiştir.
- Yayın üst ucu zeminde sabitlenen ucun üzerine getirecek kadar ağırlık eklenmiştir
- Yayın yan eğim açısı  $\theta$  ve yayın eğildiğinde sabitlenen ucu arasındaki mesafe R olarak alınmıştır.
- b ve c adımları tekrar tekrar denenmiş ve bulgular kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3. Yay diyagramı

### 2.3. Sıçrama Simülasyonu

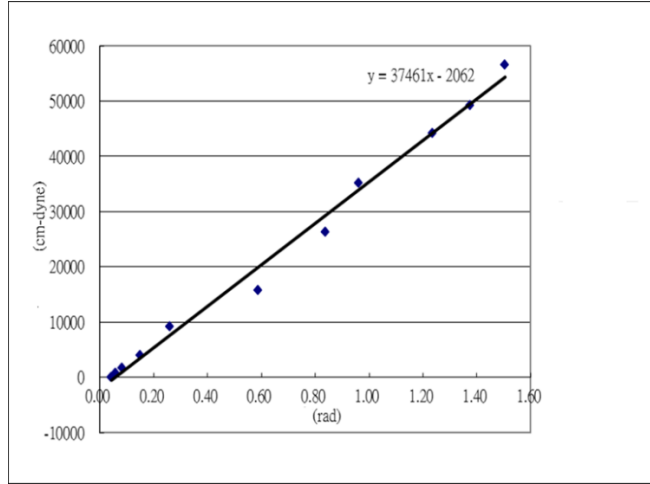
- İki elektromıknatıs arasındaki mesafe belirlenmiştir (yay ucu aralığı)
- Kronometre ayarlanmıştır.
- Elektromıknatıs çalıştırılıp yay konulmuştur.
- Yayın bir ucu serbest bırakılıp kamera ile yayın hareketi kayıt altına alınmıştır.
- Elde edilen bulgular kayıt edilmiştir.
- Zaman farkı değiştirilip c, d, e adımları tekrarlanmıştır.
- Yay uçları arasındaki mesafe değiştirilip b ~ f adımları tekrar edilmiştir.
- Aynı özelliklere sahip bir başka yay ile a ~ g adımları tekrarlanmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Yayın Yanal Değişimi, Moment ve Eğilme Açısı Arasındaki İlişkinin Ölçülmesi Bulguları

**Tablo 1.** Yayın Yanal Değişimi, Moment ve Eğilme Açısı Arasındaki İlişki

Ağırlık (g)	$\Theta$ (rad)	R(mm)	$\square$ (cm-dyne)
1.09	0.04	0	0
1.68	0.06	5	823
2.27	0.08	8	1780
2.86	0.15	14	3924
3.45	0.26	27	9129
4.04	0.59	40	15837
4.63	0.84	58	26317
5.13	0.96	70	35192
5.63	1.23	80	44139
6.13	1.37	82	49261
6.63	1.50	87	56527



**Şekil 4.** Yayın eğilme tarafı, moment ve eğilme açısı arasındaki ilişki

Yayın yanıl değişimi ve moment ile bükme açısı arasındaki ilişki doğrusaldır.

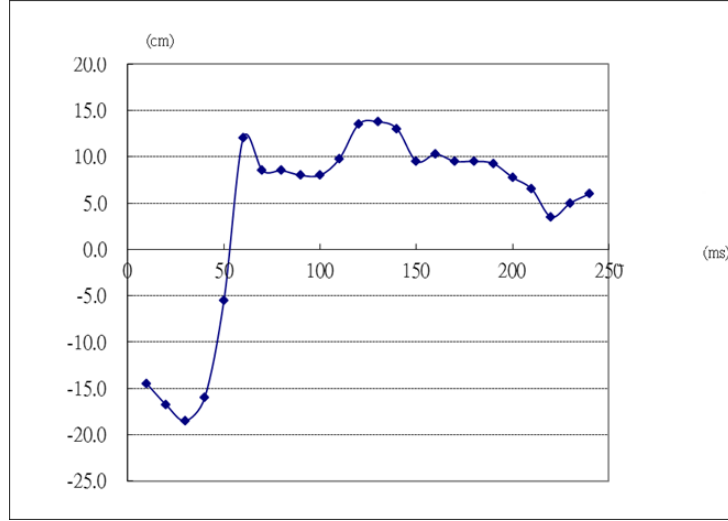
#### 3.2. Birinci Yayın Sıçrama Durumları

Yay yanıl dönüş periyodu  $T = 480$  ms

Yay bitiş noktası aralığı (iki elektromıknatis aralığı) 7,0 cm sıçrama durumu

**Tablo 2.** Yay Bitiş Noktası Aralığı 7.0cm, Yatay Sıçrama Mesafesi Verileri

Zaman Farkı (ms)	1.Deneme (cm)	2.Deneme (cm)	3.Deneme (cm)	Ortalama (cm)
10	-15.0	-14.0	-14.5	-14.5
20	-17.0	-16.5	-16.8	-16.8
30	-18.0	-19.0	-18.5	-18.5
40	-16.0	-16.0	-16	-16.0
50	-6.0	-5.0	-5.5	-5.5
60	12.0	12.0	12	12.0
70	7.0	10.0	8.5	8.5
80	8.5	8.5	8.5	8.5
90	8.0	8.0	8	8.0
100	7.5	8.5	8	8.0
110	10.0	9.5	9.8	9.8
120	14.0	13.0	13.5	13.5
130	14.0	13.5	13.8	13.8
140	12.5	13.5	13	13.0
150	9.5	9.5	9.5	9.5
160	10.0	10.5	10.3	10.3
170	9.5	9.5	9.5	9.5
180	9.5	9.5	9.5	9.5
190	9.5	9.0	9.3	9.3
200	7.0	8.5	7.8	7.8
210	6.5	6.5	6.5	6.5
220	4.0	3.0	3.5	3.5
230	5.0	5.0	5	5.0
240	5.0	7.0	6	6.0

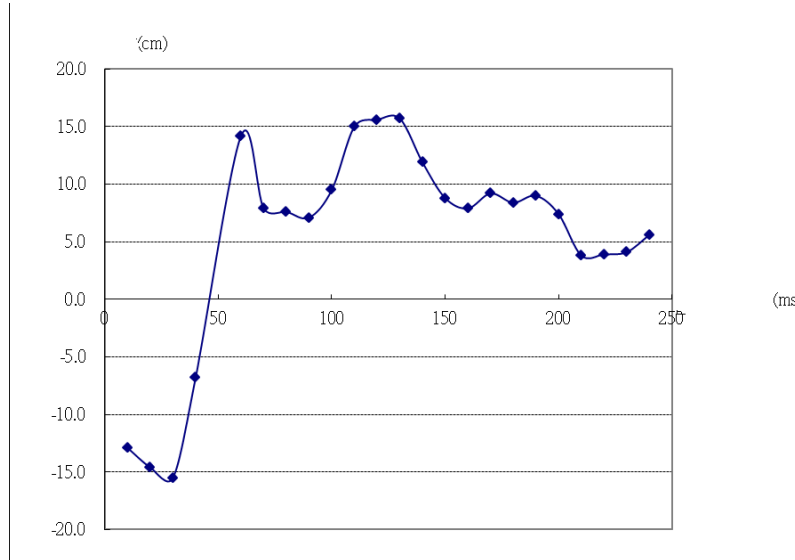


**Şekil 5.** Yay Uç Noktası Aralığı 7,0 cm, Yatay Sıçrama Mesafesi Grafiği

Şekil 5'te sırasıyla 30 ms, 60 ms, ve 120 ms de bulunan atlama mesafesinde üç tepe noktası görülmektedir.

**Tablo 3.** Yay Uç Noktası Aralığı 8.0 cm, Yatay Sıçrama Mesafesi Verileri

Zaman Farkı (ms)	1. Deneme (cm)	2. Deneme (cm)	3. Deneme (cm)	4. Deneme (cm)	5. Deneme (cm)	Ortalama (cm)
10	13.5	12.5	12.0	13.5	13.0	-12.9
20	14.5	14.5	15.5	14.5	14.0	-14.6
30	15.0	15.5	16.0	15.5	15.5	-15.5
40	7.0	6.5	6.5	7.0	7.0	-6.8
60	15.0	15.0	13.0	14.0	14.0	14.2
70	7.5	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9
80	8.5	8.0	7.5	7.0	7.0	7.6
90	7.0	7.0	7.5	7.0	7.0	7.1
100	9.0	10.0	9.5	10.0	9.0	9.5
110	14.5	14.5	15.5	15.5	15.0	15.0
120	16.0	15.0	16.0	16.0	15.0	15.6
130	15.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.7
140	10.5	12.0	12.0	12.5	12.5	11.9



**Şekil 6.** Yay Uç Noktası Aralığı 8.0 cm, Yatay Atlama Mesafesi Grafiği

Şekil 6'da sırasıyla 30 ms, 60 ms ve 120 ms de bulunan atlama mesafesinde üç tepe noktası görülmektedir.

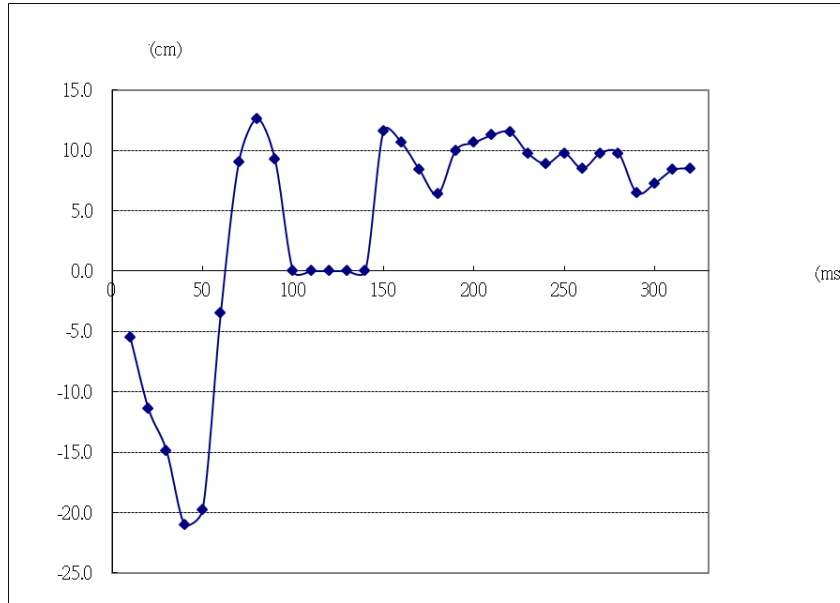
### 3.3. İkinci Yayın Sıçrama Durumları

Yay yanal dönüş periyodu  $T = 640$  ms

Yay son nokta aralığı 5.0cm sıçrama durumu

**Tablo 4.** Yay Uç Noktası Aralığı 5.0cm, Yatay Sıçrama Mesafesi Verileri

Zaman Farkı (ms)	1.Deneme (cm)	2. Deneme (cm)	3. Deneme (cm)	4. Deneme (cm)	Ortalama (cm)
10	-5.5	-5.5	-4.0	-5.0	-5.5
20	-11.0	-12.0	-11.0	-11.5	-11.4
30	-15.0	-15.0	-15.0	-14.5	-14.9
40	-18.0	-18.5	-23.5	-24.0	-21.0
50	-22.0	-18.0	-19.0	-20.0	-19.8
60	-3.5	-3.0	-4.0	-3.5	-3.5
70	10.0	9.0	8.5	8.5	9.0
80	14.5	11.5	12.5	12.0	12.6
90	11.0	8.5	8.5	9.0	9.3
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
130	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150	12.5	10.5	12.5	11.0	11.6
160	11.0	10.0	12.0	9.5	10.6
170	9.0	8.0	7.0	9.5	8.4
180	6.0	6.0	7.0	6.5	6.4
190	10.0	9.0	9.5	11.5	10.0
200	10.5	10.0	11.0	11.0	10.6
210	11.0	11.0	11.5	11.5	11.3
220	12.0	13.0	11.0	10.0	11.5
230	9.0	11.5	8.0	10.5	9.8
240	9.5	9.0	8.0	9.0	8.9
250	9.0	10.0	10.5	9.5	9.8
260	7.5	8.0	8.5	10.0	8.5
270	10.0	10.0	9.5	9.5	9.8
280	8.5	9.0	10.5	11.0	9.8
290	6.5	7.5	6.0	6.0	6.5

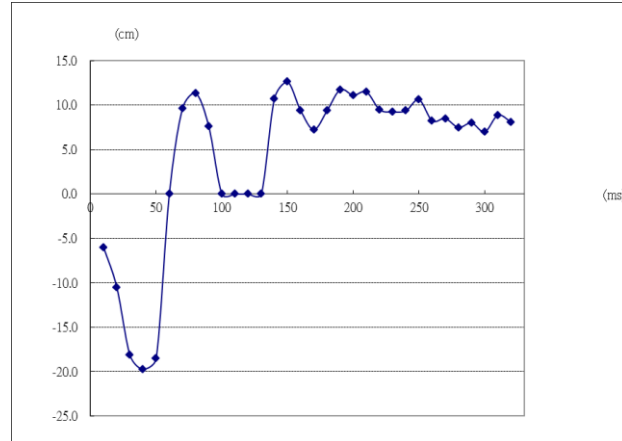
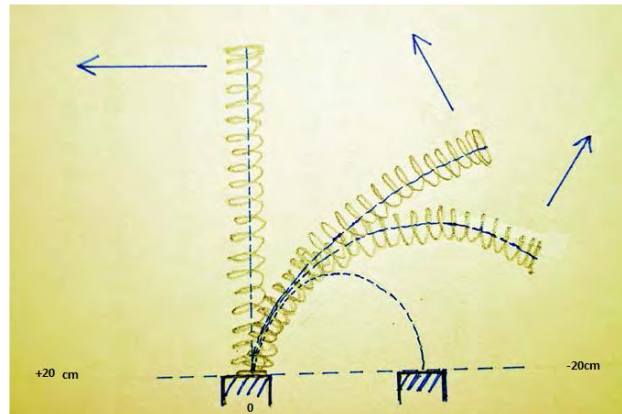
**Şekil 7.** Yay Uç Noktası Aralığı 5.0 cm, Yatay Atlama Mesafesi Grafiği

Şekil 7’de periyodun 40 ms, 80 ms ve 150 ms olduğu anlarda üç farklı tepe noktası görülmektedir.

**Tablo 5.** Yay Uç Noktası Aralığı 6,0 cm, Yatay Sıçrama Mesafesi Verileri

Zaman Farkı (ms)	1. Deneme (cm)	2. Deneme (cm)	3. Deneme (cm)	4. Deneme (cm)	Ortalama (cm)
10	-6.0	-6.5	-5.0	-6.5	-6.0
20	-10.0	-10.0	-11.0	-11.0	-10.5
30	-18.0	-18.5	-18.0	-18.0	-18.1
40	-20.0	-19.5	-20.0	-19.5	-19.8
50	-18.0	-19.0	-18.5	-18.5	-18.5
60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70	10.0	9.0	9.0	10.5	9.6
80	11.5	12.0	11.0	11.0	11.4
90	8.0	7.5	8.0	7.0	7.6
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
130	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140	10.0	11.0	11.5	10.5	10.8
150	13.0	12.5	13.0	12.0	12.6
160	10.0	9.5	8.0	10.0	9.4
170	7.5	7.0	7.0	7.5	7.3
180	8.5	9.0	10.5	9.5	9.4
190	12.0	13.0	10.0	12.0	11.8
200	10.0	13.5	11.0	10.0	11.1
210	10.0	12.0	11.0	13.0	11.5
220	11.0	9.0	8.0	10.0	9.5
230	8.0	10.0	9.0	10.0	9.3
240	9.0	9.5	9.5	9.5	9.4
250	10.5	10.0	10.0	12.0	10.6
260	8.0	7.0	8.0	10.0	8.3
270	8.5	9.0	8.0	8.5	8.5
280	7.0	8.0	7.5	7.5	7.5
290	8.0	8.0	7.5	8.5	8.0
300	8.5	6.0	6.5	7.0	7.0
310	10.0	9.0	8.0	8.5	8.9
320	9.0	7.0	8.0	8.5	8.1

Tablo 5.'te sırasıyla 40 ms, 80 ms, ve 150 ms de atlama mesafesinde üç tepe noktası görülmektedir.

**Şekil 8.** Yay Uç Noktası Aralığı 6.0 cm, Yatay Sıçrama Mesafesi Eğrisi**Şekil 9.** Yay Hareketi Diyagramı



- ✓ Her iki yay için de  $\frac{T}{16}$  anı yayın (-) bölgede maksimum uzanıma ulaştığı süre olarak tespit edilmiştir. Bu andan sonra yay yön değiştirerek (+) tarafa yönelir.
- ✓ Şekil 9'da ki yay hareketi desen diyagramında  $\frac{T}{16}$ ,  $\frac{T}{8}$ ,  $\frac{T}{4}$  tepe noktaları görülmektedir.
- ✓ Zaman farkı 10 ms olduğunda yay normal haline dönmeye başladı. O anda yay potansiyel enerjisi fazla, kinetik enerjisi azdır.  $\frac{T}{16}$  anında ise yanıl hız en büyüktür.  $\frac{T}{16}$  anında yayın sabit olan ucunda serbest bırakılması durumunda yay en uzak mesafeye zıplayabilir. Bu andan sonra bırakılırsa yay diğer uç tarafından çekileceği için yanıl hız azalır, kinetik enerjisinin büyük bir kısmı yay potansiyel enerjisine döner, normal haline dönmeye çalışan yay uzar ve atlama mesafesi kısılır.
- ✓ Zaman farkı  $\frac{T}{4}$  de denk geldiği anda  $45^0$  lik bir eğim açısına sahip olur. Kinematik kurallarına göre  $45^0$  lik açı ile fırlatıldığında cisimler maksimum uzaklığa ulaşabilir.
- ✓ Zaman farkı  $\frac{T}{4}$  e denk geldiği anda yay dikey konuma ulaşmaktadır. Bu anda çizgisel hız vektörü yataydır. Hız vektörü ve yayı ileri iten kuvvet birbirine ve yere paraleldir. Geri çağırıcı kuvvet ise yerin merkezine doğrudur. Dolayısıyla bu anda da bırakılması yayın uzak bir mesafeye sıçramasına neden olur ( $\frac{T}{16}$  ve  $\frac{T}{8}$  deki mesafelerin yaklaşık yarısı). Bu andan sonra yanıl hız vektörünün yönü yayın sabit ucuna doğru yöneleceğinden bırakılması halinde sıçrama mesafesi daha kısa olur.

#### 4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışma ile yay kullanılarak, tırtılın adım hareketinde var olan gizemleri keşfetmek amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Yay büküldüğünde moment bükme açısıyla doğru orantılı olup yay potansiyel enerjisi depolanır sonrasında yay sıçrayabilir. Bu sistem Tırtılın adım hareketini üreten sistem ile bağdaştırılabilir. Yay için zaman farkı  $\frac{T}{16}$  ya eşit olduğunda sıçrama mesafesi maksimum olur.

Zaman farkı başlangıç hızını ve çıkabileceği de etkileyebileceği gibi aynı zamanda sıçrama meydana geldiğinde yay merkezinin yatay ve dikey pozisyonu atlama mesafesi de bundan etkilenecektir.

Deneysel sonuçlara göre zaman farkı  $\frac{T}{16}$ ,  $\frac{T}{8}$ ,  $\frac{T}{4}$  olduğunda diğerlerine göre yay daha uzağa sıçrayabilmektedir. Zaman farkı  $\frac{T}{16}$  olduğunda ise en uzak atlama mesafesine ulaşır.

#### 5. ÖNERİLER

Günümüzde teknolojik gelişmelerde doğadan ilham alınmaktadır. Doğada tırtılların turgor basıncı ile hareket ettiği bilinmektedir. Yapılan simülasyonlar neticesinde elektromanyetik kuvvet kullanılarak tırtılların hareketlerinin modellenebileceği görülmüştür, bu mekanizma kullanılarak geliştirilecek algoritmik yazılımlar ile mekanik tırtıl robotların geliştirilmesi mümkündür. Bu robotlar Tıp alanında çeşitli hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılabilir.

Gelecekte bu robot, aşırı nesne tespiti ve boru hatları ve motorlar gibi küçük veya toksik ve tehlikeli ortamlarda kurtarma gibi görevleri tamamlamak için minyatür kameralar, kızılötesi ve diğer algılama ekipmanlarıyla da donatılabilir.

## KAYNAKÇA

- Altınışik, B. (2021). Mimari Bir Vaka Çözümlemesi: Tasarım Koridoru Olarak Tırtıl. *Mimarlık*, (421) , 58-61.
- Avcı, F. (2019). Doğa ve inovasyon: okullarda biyomimikri. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 3(2), 214-233.
- Bozyigit, Bağlı B., Öztürkoğlu, O. & Çatal, S. (2015). *Yarı Rijit Betonarme Bacaların Serbest Titreşiminin Diferansiyel Transformasyon Metodu ile Analizi (Diferansiyel Dönüşüm Yöntemi Kullanılarak Yarı Rijit Bağlantılı RC Bacalarının Serbest Titreşim Analizi)*. XIX. Ulusal Mekanik Kongresi, Trabzon, Türkiye.
- Çakmakoglu, O. (2004). *Autolisp'te kollu düz dişli çarkların tasarımı* (Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi).
- Demirsoy A., 2006. Yaşamın Temel Kuralları–Entomoloji (Omurgasızlar-Böcekler). Meteksan Yayınları Cilt- II /Kısım- II, Ankara, 945 s.
- Ergüzeloğlu, U. A., & Kaplan, B. (2021). Mekanik Enerji Ve Uygulamaları: Kinetik Ve Potansiyel Enerji İçin Deney Tasarlama Ve Bilgisayar Destekli Öğretim. *Dünya Multidisipliner Araştırmalar Dergisi*, 4(1-2), 55-74.
- Eryılmaz, H. (2015). Biyomimikri ve Ergonomi: Tasarımda Doğadan Yenilikçi İlham. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 469-474.