

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MATEMATİK ANABİLİM DALI

**KİLİT VE ANAHTAR TÜRLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN: Semra SARAÇOĞLU  
DANIŞMAN : Prof. Dr. Bülent KARAKAŞ

Van - 2007

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MATEMATİK ANABİLİM DALI

**KİLİT VE ANAHTAR TÜRLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN: Semra SARAÇOĞLU

Van - 2007

## ÖZET

### KİLİT VE ANAHTARLARIN MATEMATİKSEL MODELLEMESİ

SARAÇOĞLU, Semra  
Doktora Tezi, Matematik Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent KARAKAŞ  
Şubat 2007, 102 sayfa

Kilit-anahtar ikilisi, tarihsel olarak fazla ele alınmış bir konu değildir. Az sayıdaki eserler ise genel olarak sanat, ülke, çilingir açısından kilit ve anahtar üzerine yazılmıştır. Örneğin, Development and Distribution of Primitive Locks and Keys, The Complete Book of Locks and Locksmithing ve Locksmithing, bu konuda yazılı eserlerden bazılarıdır. Türkiye’de bu konuda yazılı eser bulunmamaktadır. Konuyla ilgili çok az sayıdaki yayınlardan biri, 30-31 Ekim 2006’da, Isparta’da yapılan Türk Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi’nde sunulan “Antik Dönem, Ortaçağ ve Günümüzde Kilit ve Anahtar” adlı makaledir.

Kilit ve anahtar kavramları mekanik ve/ veya kinematik açıdan akademik düzeyde incelenmemiştir. Bu çalışmada, kilit-anahtar ikilisi kinematik açıdan incelendi. Bu ikili hareketi yapan ve hareketi yaptıran olarak ele alındı. Kilitte hareket eden kısmın hareketli sistemi de çağrıştıracak biçimde bir notasyonla K ve hareket ettirici de A ile gösterildi. Bir kilit-anahtar sisteminde, (K, A) ikilisi,

$(K, A) = (\text{Hareketlinin yaptığı hareket, hareket ettirenin yaptığı hareket})$   
olarak ele alınır. Örneğin,

$$(K, A) = (H_1, H_2)$$

ifadesinin açılımı, “mandal öteleme hareketi yapar, hareket ettirici de öteleme hareketi yapar” dır. Ayrıca çalışmada, şifreli kilitler bölümünde şifre matrisi kavramı tanımlandı.

**Anahtar kelimeler:** Anahtar, Dönme, Hareket, Kilit, Kinematik, Öteleme, Şifre matrisi.

## ABSTRACT

### MATHEMATICAL MODELLING OF LOCKS AND KEYS

SARAÇOĞLU, Semra

Msc, Mathematics

Supervisor: Prof. Dr. Bülent KARAKAŞ

February 2007, 102 pages

Lock and key duality isn't a subject that has been historically dealt with sufficiently. Other few works are generally written on locks and keys in terms of art, country and locksmiths. For instance, "Development and Distribution of Primitive Locks and Keys, The Complete Book of Locks and Locksmithing and Locksmithing" are some of the works written on this topic. There are some written works on this topic in Turkey. The article on the topic is the one named "Lock and Key in Ancient Times, Middle Age and Today" presented in The History of Turkish Science and Technology Congress held in Isparta on 30<sup>th</sup>-31<sup>st</sup>. Oct. 2006.

Lock and key terms have not been academically studied in terms of mechanics and/ or kinematics. In this study, lock and key duality has been studied in terms of kinematics. This duality has been taken up as getting into action and putting into action. The moving part of the lock was shown with K recalling the moving system and activating part was shown with A. (K, A) duality is taken up as:

(K, A) = (The movement done by the moving part, the movement done by the activator of the moving part)

For example, the explanation of the expression  $(K, A) = (H_1, H_2)$  is "the tumbler does the pushing action and so the activator does the motion". Moreover, in this study, the term of code matrix was described in the combination locks' chapter.

**Key words:** Code matrix, Key, Kinematics, Lock, Motion, Rotation.

## ÖN SÖZ

Yüzyıllar boyu gelişen teknolojiler, toplumları, en iyisini bulma arayışına sürüklemiştir. Bu arayışta, kendini daha da geliştirme çabası içerisinde olan insanoğlu, farklı alanlarda birçok ürün ortaya çıkarmıştır. Bilimsel yapıdaki bu ürünler, çok yönlü çalışma prensiplerine dayanan mekanizmalardır. Özellikle mekanik ve robotik gibi alanlarda tasarlanmış veya tasarlanmakta olan mekanizma örneklerinin akademik açıdan ele alınması büyük gelişmelerin varlığını ortaya koyar.

Sistemlere ait farklı mekanizma modellerinin yıldan yıla artışı, mekanik alanda birçok atılımın olduğunu gösterir. İlk çağlardan bu yana sürekli değişim ve gelişim içerisinde olan bazı mekanizma türleri bulunmaktadır. Bunlardan biri de günlük yaşamda insanoğlunun sürekli kullandığı ayrılmaz iki yapı örneği olan anahtar ve kilitlerdir. Yapılan çalışmada, kilit mekanizmalarının geçmişten günümüze kullanılan örnekleri araştırılarak, kinematik açıdan ele alındı. Bu mekanizmaların çalışma prensipleri göz önünde tutulup, çeşitli türlerindeki hareket farklılıkları karşılaştırıldı. Ötelemeli, dönmeli, ötelemeli dönmeli, dönmeli ötelemeli ve dejenere hareket türleri değerlendirildi. Özellikle şifreli kilit mekanizmalarındaki dönme hareketi irdelemesinde, farklı açılarla yapılacak dönme hareketlerinin şifrenin oluşturulmasında en büyük etken olduğu görüldü. Böylelikle yeni şifrelerin ortaya çıkarılabileceği saptandı.

Çalışmada, bilim dünyasında önemli eserler ortaya koymuş çok değerli bilim adamlarımızın yapıtlarına yer verildi. El-Cezeri ve Takıyuddin gibi tarihimizde unutulmayacak etkileri olan bu eşsiz mühendislerimizin çalışmalarının çağımıza da ışık tuttuğu ve dünya çapında da bu çalışmaların takdirle anıldığı görülmektedir.

Tarihimizde eserlerinden gururla bahsedeceğimiz bu bilim adamlarımızın değerinin gelecekte bizden sonraki nesillerle de korunmasını dilerim.

Bu çalışmamda, benden desteğini, yardımını ve kıymetli zamanını esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Bülent KARAKAŞ'a; gönderdiği birçok çalışması ve araştırmalarıyla ufkumu açan, değerli insan Prof. Dr. Atilla Bir'e; çizimleriyle çalışmamı renk katan Doç. Dr. Mustafa KAÇAR'a; çizimlerimde yardımcı olan sevgili arkadaşım Mimar Betül Ekinci'ye ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Semra SARAÇOĞLU

## İÇİNDEKİLER

|   | sayfa |
|---|-------|
| ÖZET  | i     |
| ABSTRACT  | ii    |
| ÖN SÖZ  | v     |
| İÇİNDEKİLER   | vii   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ   | ix    |
| TABLolar DİZİNİ   | xi    |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ  | xiii  |
| 1. GİRİŞ ve KAYNAK BİLDİRİŞLERİ   | 1     |
| 2. YÜZYILLAR BOYU GELİŞEN TEKNOLOJİLER, ANAHTAR-KİLİTLER  | 5     |
| 2.1. Geçmişten Günümüze Kilit Çeşitleri ve Örnekleri  | 18    |
| 2.1.1. Antik Mısır kilit ve anahtarları   | 18    |
| 2.1.2. Antik dönem kapı, kilit ve anahtarları   | 21    |
| 2.1.3. Roma dönemi kilit ve anahtarları   | 25    |
| 2.1.4. İslam dönemi kilit ve anahtarları  | 26    |
| 2.1.4.1. El-Cezeri' nin şifreli kasa kilidi   | 26    |
| 2.1.4.2. El-Cezeri' nin dört sürgülü kasa kapısı kilidi   | 34    |
| 2.1.4.3. Takiyuddin' in kasa kilidi mekanizması   | 37    |
| 2.1.5. Osmanlı'dan günümüz geleneksel kilit ve anahtarları  | 40    |
| 3. MEKANİZMALARIN ÇALIŞMA ŞEKLİNİN MODELLEMESİNDE   |       |
| KULLANILAN TEMEL KİNEMATİK BİLGİLER   | 44    |
| 3.1. Mekanizmalar ve Kinematik  | 44    |
| 3.2. Öteleme  | 44    |
| 3.3. Dönme  | 45    |
| 3.4. Tanım  | 46    |
| 3.5. Teorem   | 47    |
| 3.6. Sonuç  | 47    |
| 3.7. Vida Hareketi  | 48    |
| 3.8. Mekanizma Bağlantı Türleri   | 49    |
| 4. KİLİT MEKANİZMALARININ KİNEMATİK YÖNDEN İNCELENMESİ  | 50    |
| 4.1. (K, A) : (T, T) Türündeki Kilit Mekanizmaları  | 50    |
| 4.2. (K, A) : (R, R) Türündeki Kilit Mekanizmaları  | 52    |
| 4.3. (K, A) : (T, RT) Türündeki Kilit Mekanizmaları   | 53    |
| 4.4. (K, A) : (R, V) Türündeki Kilit Mekanizmaları  | 57    |
| 4.5. (K, A) : (DH, T) Türündeki Kilit Mekanizmaları   | 58    |
| 4.6. (S, R) : (T, T) Türündeki Kilit Mekanizmaları  | 60    |
| 4.6.1. (S, R) : (T, T) Türündeki ikinci tip kilit mekanizmaları   | 61    |
| 4.7. ((K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub> , K <sub>3</sub> , K <sub>4</sub> ), A) : ((T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub> ), R) Türü Kilit Mekanizmaları | 63    |
| 4.8. Çoklu Hareket, Toplu Hareket Ettirici Kilit Mekanizmaları  | 66    |
| 4.9. Şifreli Kilitler ve Mekanizma Kinematikleri  | 67    |
| 4.9.1. Tanım  | 75    |
| 4.9.2. Örnek  | 75    |
| 4.9.3. $f(x) = ax$ Lineer fonksiyon durumu  | 77    |

|   |     |
|---|-----|
| 4.9.4. $f(x) = ax^2$ Kuadratik fonksiyon durumu | 78  |
| 4.9.5. $f(x) = ax^3$ Kübik fonksiyon durumu     | 79  |
| 4.9.6. $f(x) = a^x$ üstel fonksiyon durumu      | 80  |
| 4.10. Sarkaçlı Vida Hareketi Durumu             | 81  |
| 5. KİLİT KATALOĐU                               | 88  |
| 6. TARTIŞMA ve SONUÇ                            | 98  |
| KAYNAKLAR                                       | 100 |
| ÖZGEÇMİŞ  | 102 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   | sayfa |
|---|-------|
| Şekil 2.1. Çatahöyükte yaşamı gösteren resim.   | 4     |
| Şekil 2.2. Mısır Piramitleri.   | 5     |
| Şekil 2.3. Petersbourg Eremitag Müzesi' nde tapınak anahtarını taşıyan rahibeye ilişkin vazo resmi.   | 6     |
| Şekil 2.4. Ali Kuşçu ( Suheyl Ünver Arşivinden).  | 7     |
| Şekil 2.5. Matematiğe olan ilgisi ile bilinen Takiyüddin.   | 8     |
| Şekil 2.6. Çeşitli anahtar ve kilitler.   | 9     |
| Şekil 2.7. Halat ve ipin kilit amacıyla kullanımı.  | 10    |
| Şekil 2.8. Kilit ve anahtar örneği.   | 10    |
| Şekil 2.9. Dört sürgülü kasa kapısı kilit mekanizmasının orijinal çizimi.   | 11    |
| Şekil 2.10. İstanbul semalarında görülen bir kuyruklu yıldızın izlenişi.  | 12    |
| Şekil 2.11. al- Truk al- Saniyya fi' l –Alat al- Ruhaniyya adlı eserin kasa kilit mekanizmasıyla ilgili bölümü.   | 12    |
| Şekil 2.12. Çin ve İran kilit örnekleri.  | 13    |
| Şekil 2.13. El sürgülü kapı kilit örneği.   | 14    |
| Şekil 2.14. Şifreli kilit örnekleri.  | 14    |
| Şekil 2.15. Şifreli kasa kilidi örneği.   | 15    |
| Şekil 2.16. Yale kilit ve anahtarı.   | 15    |
| Şekil 2.17. Biyometrik sistemlerden bir örnek.  | 16    |
| Şekil 2.18. Parmak izi ile şifre okuma sistemi.   | 17    |
| Şekil 2.19. Damar tanıma sistemleri.  | 17    |
| Şekil 2.20. İris ile tanıma sistemi.  | 18    |
| Şekil 2.21. Mısır kilidi ve anahtarı.   | 19    |
| Şekil 2.22. Kıbrıs Politiko köyünde ikinci türden tırnak anahtarlı kilit bulunan ev kapısının dış görünümü: solda sürgü çekili (açık), sağda sürgü yuvasına itili (kapalı). Her iki resimde anahtarın üzerinde görülen çubuk resmi çekenlerce buraya yerleştirilmiş bir ölçektir.   | 19    |
| Şekil 2.23. Kıbrıs Politiko köyündeki kilidinin içyapısı S sürgüdeki takozlarını yukarıya kaldırmak amacıyla yuvasına sokulmuş kilit, R henüz kapalı konumdaki sürgü B henüz sürgüdeki yuvalarından kurtarılmamış takozlar, P dışarıya çekilen sürgünün düşmesini engelleyen destek | 20    |
| Şekil 2.24. Birinci türden, tırnaklı anahtarın sürgünün içine sokularak sürgünün takozlardan kurtarıldığı kilit türüne ilişkin kesit gösterim (R sürgü, S anahtar, B-B takozlar)  | 20    |
| Şekil 2.25. Tırnaklı anahtarın anahtar kutusuna sokularak takozlardan kurtarıldığı kilit ve bir takoz çizimi(R sürgü, S anahtar, B-B takozlar).   | 21    |
| Şekil 2.26. Solda bir kapının döner eksenine ilişkin tunç pabuç, sağda ise sivri uçlu bir tunç kapı pabucu görülmektedir.   | 22    |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 2.27. Yukarıda Lusoy Artemis tapınağının anahtarı (Arkadia) İ. Ö. 5. yüzyıl. Solda Habryllis'in tapınak anahtarı. Conze att. Mezar kabartması Resim 385. Ortada atik mezar taşı kabartması. Conze att. Mezar kabartması. 812, W. Spemann, Berlin. Tapınak anahtarını taşıyan rahibeye ilişkin vazo resmi, Petersbourg Eremitage Müzesi. | 23 |
| Şekil 2.28. Elindeki anahtarla hazine dairesini açan kız. Kırmızı şekilli Hydria, vazosu resmi, Berlin Müzesi 2382.   | 24 |
| Şekil 2.29. Hörgüçlü kapı sürgüsünün açılıp kapanışı.   | 24 |
| Şekil 2.30. Bir antik vazo resminde kapı ve kıymetli eşya kutusu.   | 25 |
| Şekil 2.31. Pompei kapı anahtarı.   | 25 |
| Şekil 2.32. Yaylı çevirmeli Roma dönemi kilidi (kapağı açık): A sürgü, B diken, C ortası delik bayraklı anahtar, D yay.   | 26 |
| Şekil 2.33. Kasa kutusu kapağının üst görünümü.   | 27 |
| Şekil 2.34. Bir şifreli kilit silindirinin özgün kesiti.  | 27 |
| Şekil 2.35. Şifreli kilit silindirlerinin yeniden kurulmuş kesit gösterimi.   | 27 |
| Şekil 2.36. 1. Parçanın özgün yandan görünümü.  | 28 |
| Şekil 2.37. 1. Parçanın özgün üstten görünümü.  | 28 |
| Şekil 2.38. 2. parçanın yandan görünüşü.  | 28 |
| Şekil 2.39. 2. parçanın üstten görünüşü.  | 28 |
| Şekil 2.40. 3. parçanın yandan görünüşü.  | 29 |
| Şekil 2.41. 4. ya da 5. parçanın üstten görünüşü (özgün resimde pim hatalı olarak ters tarafa çizilmiştir).   | 29 |
| Şekil 2.42. 5. parçanın üstten görünüşü.  | 29 |
| Şekil 2.43. Şifreli kilit silindirini oluşturan 8 parçanın çizimi.  | 30 |
| Şekil 2.44. Şifre silindirlerinin altındaki plakanın üzerindeki delikler ve iki kısma ayrılması.  | 31 |
| Şekil 2.45. Şifre silindirlerinin altındaki plakanın üzerindeki parçaların alt görünümü.  | 32 |
| Şekil 2.46. Kutu mandalının tekrar yapımı.  | 32 |
| Şekil 2.47. Mafsallı kasa anahtarının görünümü.   | 33 |
| Şekil 2.48. Kasa anahtarının yuvası ve kapağı açma mekanizmasının görünümü.   | 33 |
| Şekil 2.49. Şifreli kilit kapağının alttan görünüşü.  | 33 |
| Şekil 2.50. Açık şifreli kutunun yandan görünüşü.   | 34 |
| Şekil 2.51. Dört sürgülü kasa kapısı kilidinin genel görünüşü.  | 34 |
| Şekil 2.52. Dört sürgülü kasa kapısı kilit modeli.  | 34 |
| Şekil 2.53. 4 sürgülü kasa kapısı kilidinin çeşitli parçalarına ilişkin özgün çizimler.   | 35 |
| Şekil 2.54. 4 sürgülü kasa kapısı kilidine ilişkin özgün çizim ve yeniden kurulmuş kilit kesiti çizimi.   | 36 |
| Şekil 2.55. Kelebek kanadı şeklindeki kelepçe kilidinin kapanması (yanda) ve anahtar yardımıyla açılması (aşağıda).   | 37 |
| Şekil 2.56. al- Truk al- Saniyya fi' l –Alat al- Ruhaniyya adlı eserindeki kasa kilit mekanizmasının çizimle gösterimi.   | 38 |
| Şekil 2.57. Utanç kilidinin yandan görünüşüne ilişkin tekrar yapım çizim.   | 39 |
| Şekil 2.58. Utanç kilidinin önden görünüşüne ilişkin tekrar yapım çizim.  | 39 |
| Şekil 2.59. Utanç kilidinin üstten görünüşüne ilişkin tekrar yapım çizim.   | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 2.60. Silistre Kalesi' nin gümüş anahtarı.   | 41 |
| Şekil 2.61. El yapımı işlemeli burgulu asma kilit resmi.   | 41 |
| Şekil 2.62. Yayı kelebek kanadı şeklinde anahtarı sokulmuş ve çıkarılmış konumdaki Kâbe kilidi ve anahtarı. (Topkapı Sarayı Müzesinde korunan Kâbe Kilitleri, IRCICA Yayınları, İstanbul 1993) | 42 |
| Şekil 2.63. Burgulu asma kilit.  | 42 |
| Şekil 2.64. Burgulu asma kilit kapalı konumu.  | 42 |
| Şekil 2.65. Burgulu asma kilit açık durumu.  | 42 |
| Şekil 2.66. Ahşap Gerede Kilidi ve anahtarı.   | 43 |
| Şekil 2.67. Ahşap Gerede Kilidi iç yapısı.   | 43 |
| Şekil 2.68. Ahşap Gerede Kilidi iç mekanizması.  | 43 |
| Şekil 3.1. T: $\vec{X} \rightarrow \vec{x} + \vec{a}$ öteleme hareketi.  | 44 |
| Şekil 3.2. $\theta$ derecelik dönme.   | 45 |
| Şekil 3.3. $X_2, X_3$ vektörleri ile belli olan düzlem.  | 47 |
| Şekil 3.4. $\vec{e}_3$ : [A] nın $\lambda = 1$ e karşı gelen karakteristik vektörü.  | 48 |
| Şekil 3.5. Robot modellemede kullanılan temel koordinat biçimleri.   | 49 |
| Şekil 4.1. Sürgülü kilit mekanizması.  | 51 |
| Şekil 4.2. Sürgülü kilit örnekleri.  | 51 |
| Şekil 4.3. Dönme hareketli kilit mekanizması.  | 52 |
| Şekil 4.4. Dönme hareketli kilit örneği.   | 52 |
| Şekil 4.5. Dönmeli öteleme hareket sistemi.  | 53 |
| Şekil 4.6. $\theta$ derecelik dönme hareketi.  | 53 |
| Şekil 4.7. (K, A) : (T, RT) türü kilit mekanizması.  | 55 |
| Şekil 4.8. (K, A) : (T, RT) türü kilit mekanizmasının iç yapısı ve bölümleri.  | 55 |
| Şekil 4.9. (K, A) : (T, RT) türü kilit örneği.   | 56 |
| Şekil 4.10. (K, A): (T, RT) türü kilit mekanizmasının bölümleri.   | 56 |
| Şekil 4.11. Vida hareketli kilit.  | 57 |
| Şekil 4.12. Vida hareketli kilit mekanizmasının iç yapısı.   | 57 |
| Şekil 4.13. (K, A) = (DH, T) türü kilit mekanizmasının iç yapısı.  | 58 |
| Şekil 4.14. (K, A) = (DH, T) mekanizmasındaki dejenere hareket.  | 59 |
| Şekil 4.15. (K, A) = (DH, T) türü kilit bölümleri.   | 59 |
| Şekil 4.16. (K, A) = (DH, T) türü kilit örneği.  | 59 |
| Şekil 4.17. (K, A) = (DH, T) türü kilidin hareketli yapıları.  | 60 |
| Şekil 4.18. Sistemin bir başka çizim üzerinde gösterilişi.   | 61 |
| Şekil 4.19. Anahtarın şifreyi tanınması.   | 62 |
| Şekil 4.20. Dört sürgülü kasa kilit mekanizması.   | 63 |
| Şekil 4.21. Dört sürgülü kasa kilidi.  | 63 |
| Şekil 4.22. Dört farklı yönde bir merkezden dönmeli öteleme hareketi.  | 65 |
| Şekil 4.23. $(K_1, A_1):(T_1, R_1T_1)+(K_2, A_2):(R_1, R_1)+(K_3, A_3):(T_2, T_2)$ Türünden kilit örneği.  | 66 |
| Şekil 4.24. $((K_1,A_1), (K_2,A_2), (K_3,A_3)) : ((T_1,R_1T_1), (R_2,R_2), (T_3,T_3))$ türünden kilidin çizimi.  | 66 |
| Şekil 4.25. Üç farklı hareket sisteminin bir arada özeti.  | 67 |
| Şekil 4.26. El-Cezeri'nin şifreli kilit mekanizması modeli ( Sezgin, 2003 ).   | 69 |
| Şekil 4.27. El-Cezeri'nin şifreli kilit mekanizmasının iç yapısı.  | 70 |
| Şekil 4.28. Şifreli çin kilidi mekanizmasının açık ve kapalı durumları.  | 70 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.29. Şifreli çin kilidi mekanizmasının çizimle açık şeklinin ve şifre dizaynının gösterimi. | 71 |
| Şekil 4.30. Kasa kilidi mekanizmasının birimleri ve içindeki bir plaka.                            | 71 |
| Şekil 4.31. Şifreli kasa kilidi mekanizmasındaki hareket sistemi.                                  | 72 |
| Şekil 4.32. 12'lik bir kadran düzeneği.  | 73 |
| Şekil 4.33. Sabit çıkışlı vida hareketi.   | 82 |
| Şekil 4.34. İnişli çıkışlı sarkaçlı vida hareketi-1.   | 82 |
| Şekil 4.35. İnişli çıkışlı sarkaçlı vida hareketi-2.   | 83 |

## TABLolar DİZİNİ

|   | Sayfa |
|---|-------|
| Tablo 2.1. Şifreli kilitteki 16 harfin sıralanışı.                                  | 27    |
| Tablo 4.1. Şifre matrisinin genel incelemesi.                                       | 76    |
| Tablo 4.2. Şifre matrisinin lineer fonksiyon durumu.                                | 77    |
| Tablo 4.3. Şifre matrisinin lineer fonksiyon $a=4$ özel durumu.                     | 77    |
| Tablo 4.4. Şifre matrisinin karesel fonksiyon durumu.                               | 78    |
| Tablo 4.5. Şifre matrisinin karesel fonksiyon özel durumu.                          | 78    |
| Tablo 4.6. Şifre matrisinin kübik fonksiyon durumu.                                 | 79    |
| Tablo 4.7. Şifre matrisinin kübik fonksiyon özel durumu.                            | 79    |
| Tablo 4.8. Şifre matrisinin üstel fonksiyon durumu.                                 | 80    |
| Tablo 4.9. Şifre matrisinin üstel fonksiyon özel seçimi.                            | 80    |
| Tablo 4.10. Mekanik icatlar kronolojisi.  | 84    |
| Tablo 4.11. Kilit mekanizmalarında Türkçe'de ve diğer dillerde kullanılan terimler. | 86    |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

|                |   |
|----------------|---|
| D              | Yerdeğiştirme   |
| F              | Sabit çatı  |
| M              | Hareketli çatı  |
| SO(3)          | 3X3 ortogonal matrisler cümlesi                       |
| K              | Kilit hareketi  |
| A              | Anahtar hareketi                                      |
| R              | Dönme Hareketi  |
| V              | Vida hareketi   |
| DH             | Dejenere hareket                                      |
| IR             | Reel sayılar cümlesi                                  |
| Z              | Tamsayılar cümlesi                                    |
| N              | Doğal sayılar cümlesi                                 |
| T              | Öteleme hareketi                                      |
| S              | Anahtar hareketi                                      |
| B              | Takoz hareketi  |
| $\vec{d}$      | Öteleme vektörü                                       |
| R( $\theta$ )  | $\theta$ derecelik dönme                              |
| C              | Ortası delik anahtarlı bayrak                         |
| D              | Yay   |
| P              | Destek parça  |
| [  ]]          | Tamdeğer fonksiyonu                                   |
| H <sub>1</sub> | Kilitteki mandalın yaptığı hareket                    |
| H <sub>2</sub> | Mandala hareket sağlayan mekanizmanın yaptığı hareket |

### Kısaltmalar

|      |                |
|------|----------------|
| M.Ö. | Milattan önce  |
| M.S. | Milattan sonra |

## 1. GİRİŞ ve KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

İlk çağlardan bu yana insanoğlu sürekli bir arayışla, gelişim ve üretim içerisindeydi. Her devirde üretkenliğini gösteren insan zekası tüm alanlarda olduğu gibi mekanik düzenlerde de becerisini sergilemiştir. Her ne kadar tarih öncesi dönemlerde, toplum birimleri arasında ticaret nedeniyle bir iletişim varlığını hep sürdürmüş olsa bile, buluşların yayılışı çok yavaş gerçekleşmiştir. Taş aletlerin gelişimi, ya da ip ve halat gibi doğadan esinlenerek geliştirilen basit yapıtlar, yayılmadan çok buluşlarla ortaya çıkmış olmalıdır (Cotterel ve Kamminga, 2002).

Farklı uygarlıklarla başlayan bu hareketler günümüz teknolojisinde de kendisini değişik türde mekanik aletlerle gösterir. Mühendislik, tıp, astronomi gibi alanlarda renkli çalışmaların doğmasına sebep olan mekanik düzenekler, ülkemizde son yıllarda değeri gitgide anlaşılmaya başlayan El-Cezeri ve Takiyüddin gibi önemli mühendislerimizin dönemlerine uzanır. Bu bilim adamlarımızın çağımız teknolojisine ışık tutacak eserleri Topkapı Sarayı Kütüphanesi, Süleymaniye Kütüphanesi ile İstanbul Kandilli Rasathanesi'nde bulunmakta ve korunmaktadır. İstanbul'da, 1575 yılında bir rasathane kuran Takiyüddin, Osmanlı'nın en önemli bilgilerinden biriydi. Astronomi ve matematik başta olmak üzere tıp ve optik gibi bilimin çeşitli alanlarında çalışmaları vardır. Ortaya çıkardığı çok sayıda mekanik düzeneğin çalışma prensiplerini al-Turuk al-Saniyya fi'l-Alat al-Ruhaniyya isimli eserinde ele almıştır (İhsanoğlu ve ark.,2006). M.Ö.III. yüzyılda Ktesibios'tan başlayarak Bizanslı Filon'a kadar çalışılmış tüm mekanik düzeneklerin ilerisine ulaşmaya çalışan El-Cezeri'nin bu konudaki yapıtı El-Cami' Beyne'l-'İlm Ve'l-Amel En-Nafi' Fi Eş-Şinaa'ti'l-Hiyal adlı eser olup 1990 yılında Kültür Bakanlığı tarafından, tıpkı basımı "Olağanüstü Mekanik Araçların Bilgisi Hakkında Kitap" ismiyle yayınlanmıştır. Bu kitabın Almanca, İngilizce ve Türkçe çeviri baskısı bulunmaktadır. 1974 yılında Donald R. Hill tarafından "The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices" olarak yayınlandı. Dünya çapında yoğun ilgi gösterilen bu eserlerin ve bilim adamlarımızın değerleri gün geçtikçe artmaktadır.

Bilim ve teknoloji tarihinde ortaya çıkarılmış birçok mekanik düzenekten bahsedilebilir. Bu mekanizmaların hareket yapıları, kinematik açıdan ele alındığında temelde öteleme ve dönme hareketleri göze çarpar. Buna bağlı olarak, mekanizma kinematik yönden tanımlanabilir. Katı cisimlerin farklı durumlarda, gerek kendi içlerinde gerekse birbirlerine göre hareket etmelerini sağlayan linklerin bağlanarak oluşturdukları sisteme mekanizma denir.

Çalışmada özel olarak yüzyıllardır medeniyetlerin vazgeçilmez kullanım aracı olan kilit ve anahtar ikilisinin yapısı kinematik açıdan incelenmeye çalışıldı. Kilit ve anahtar kelimelerinin farklı dillerdeki karşılıkları, kökleri etimolojik açıdan ele alınmıştır. Kilit sözcüğü Yunancada kleidi, Latince de claustrum, İngilizcede ise lock kelimeleriyle aynı anlamdadır (Rivers, 1883). Bir kilit mekanizmasının modellenmesinde de öteleme ve dönme hareketleri temel olarak alınır.

İlk olarak, "noktaları arasındaki uzaklık hiçbir durumda değişmez" özelliğine sahip noktalar cümlesi olan bir katı cismin hareketi,  $\vec{X} = A \vec{x} + \vec{d}$  ilişkisiyle verilebilir (Brickell ve Clark, 1970). Bu hareket,

$$[D] = \begin{bmatrix} A & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

matrisiyle ifade edilebilir (McCarthy, 1990).

Dönme ve öteleme belirli bir mekanizmada tek başına olabileceği kadar birlikte de sistemi etkileyebilirler. Buna göre bir sistem öteleme, dönme, ötelemeli dönme, dönmeli öteleme hareketlerini yapabilir.

Ele alınan kilit sistemlerinde de,  $\theta$  derecelik dönme hareketi,

$$[R] = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

matrisiyle belirlenebilir. (Niku,2001). Herhangi bir dönmeli öteleme hareketi ise,

$$[K] = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & d_1 \\ -\sin \theta & \cos \theta & d_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y_0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

matrisi ile verilebilir.

Günlük hayatta birçok yerde kullandığımız kilit mekanizmalarının en basit olanının bile şifreli bir yapıya sahip olması ilgi çekicidir. Anahtar kilide girerken şifreyi tanıması gerekir. Yuvaya sokulan anahtarın dişleri, kenetleyici yaylı pimleri iter ve böylece kilit göbeğinin dönerek kilit dilinin ötelenmesini sağlar (Tok, 2002). Böyle bir sistemdeki hareket,

$$d_1 = (1-\cos\theta).x-(y_0+L) \sin\theta$$

$$d_2 = x.\sin\theta + (1-\cos\theta).y_0$$

ötelemeleri ile ifade edilebilir. Birçok kilit mekanizmasında görülebilecek bu modelleme kombinasyon kilit mekanizmalarında da aynı mantık çerçevesi içinde kendini gösterir. Mekanik şifreli kilitler olarak da bilinen bu mekanizmaların en önemli özelliği ardışık dönme hareketlerinden oluşmasıdır (Philips, 2005). Bu ardışık dönme hareketleri özel fonksiyonlarla tanımlanarak incelenebilir. Bu durumda sistemin yapacağı dönme hareketi, ele alınan her fonksiyon için farklılaşacaktır. Yapılan çalışmada, doğrusal, karesel, kübik, üstel ve parçalı fonksiyon türleri incelenerek oluşan hareketler değerlendirilebilir.

Tarihsel süreç içerisinde El-Cezeri ve Takiyüddin'in kilit mekanizma örnekleri incelenebilir. El-Cezeri'nin şifreli kilit mekanizmasında 4 adet şifreli kilit düzeneği vardır. 4 adet şifreli kilidin her birinde 16 harfi bulmak için 3 farklı silindirin çevrilip ayarlanması gerekir. Bu şifre silindirlerin her biri 8 parçadan meydana gelir (Bir ve ark.2006). Bu durumdaki olasılık matematiksel olarak hesaplanabilir. El-Cezeri'nin ikinci olarak çalıştığı kilit mekanizma örneği ise dört sürgülü bir kasa kapısı kilit mekanizmasıdır. Merkezden yapılan bir dönme hareketinin dört ayrı öteleme hareketine yol açtığı görülür. Burada tüm

mekanizmaların temel çalışma prensiplerinin birbirine çok yakın olduğu söylenebilir.

Farklı türdeki kilit mekanizmalarının modellenmesinde dönme ve öteleme hareketlerinden oluşan sistemin kinematik denklemleri oluşturulabilir. Bu durumda oluşacak hareket zincirindeki açı değerleri ve hareketin yönü incelenerek, kinematik olarak değerlendirilebilir. Sistemlerin daha somut biçimde değerlendirmesi için, hareket nümerik örnekler üzerinde yorumlanabilir.

Ele alınan mekanizmalardaki hareketli ve sabit yapılar saptanarak, bu yapıların farklı sistemlerdeki fonksiyonları karşılaştırılmıştır. Tüm bunlara bağlı olarak, şifreli kilit mekanizmalarındaki hareket sistemi ile sürgülü kilit mekanizmalarındaki hareket prensibinin farklılıkları araştırılmıştır. Bu durumda doğrusal, karesel, kübik gibi farklı türde fonksiyonlar üzerinde ardışık dönme hareketlerine yer verilmiştir. Dönme açısı, dönme sayısı gibi etkenlerin de sistemin hareketini etkilediği bilinir. Buna göre, ardışık dönme hareketi incelenirken, belirtilen faktörlerin, hareketi ve mekanizma şifresini nasıl etkileyeceği araştırılmıştır. İncelemeler boyunca, şifreli (code) matris olarak adlandırdığımız

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos((F(x).\theta x) & \sin((F(x).\theta x) \\ \sin((F(x).\theta x) & \cos((F(x).\theta x) \end{bmatrix}$$

matrisi kullanılmıştır. Burada özel olarak,

$$F(x) = (-1)^{[x]}$$

İlişkisinden yararlanarak,

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos((-1)^{[x]}. \theta) & \sin((-1)^{[x]}. \theta) \\ \sin((-1)^{[x]}. \theta) & \cos((-1)^{[x]}. \theta) \end{bmatrix}$$

sarkaçlı vida hareketi işlenmiştir.

Son olarak, kinematik açıdan değerlendirilmiş kilit mekanizma örneklerinin çalışma sistemlerini, hareket konumlarını ve iç mekanizmalarını gösteren resimler çizimleriyle birlikte sunulmuştur.

## 2. YÜZYILLAR BOYU GELİŞEN TEKNOLOJİLER, KİLİT ve ANAHTARLAR

Teknolojinin hızlı değişimi, günümüz modern endüstri toplumunu büyük ölçüde etkilemiştir. İnsanoglu yüzyıllar boyu bilinçli veya bilinçsiz her alanda yeni arayışlar içerisinde olmuştur. Bu arayışta, kendisini her zaman daha güzele, daha rahata götürebilecek farklı buluşlar, icatlar ortaya çıkarma çabası içerisinde olan toplumlar, tarih ve endüstri öncesi dönemlerden bu yana olağanüstü gelişmelere neden olmuşlardır. Bu dönemlerde taş aletlerin gelişimi, ip, halat gibi basit yapıların ortaya çıkarılışı beraberinde farklı buluşları getirmiştir.



Şekil 2.1. Çatalhöyük'te yaşam.

Farklı buluşların toplumlara yayılması ve geliştirilmesi, çağlardır varlığını koruyan kültürel gelişmeyle mümkün olmuştur. 5000 yıl önce başlayan kültürel gelişmenin en önemli kaynaklarının başında Mezopotamya ve Mısır Uygarlıkları gelir. Bu gelişme Roma İmparatorluğu ve Helenistik Çağ'da daha belirgin bir şekilde kendini hissettirir. Taş malzemelerden kaldıraçlara, su kaldırma düzenlerinden çeşitli savaş aletlerine kadar her alanda farklı düzenekler tasarlanmış olup, günümüz sistemlerinde bile bunların etkileri hissedilmektedir. Tarih ve endüstri öncesi dönemlerden başlayıp da günümüze kadar gelen bu gelişmeler kısaca şu şekilde özetlenebilir:

Teknik işlerin devlet tarafından yürütüldüğü Mısır'ın en önemli başarısı piramitler ve dikili taşlar üzerine olmuştur. M.Ö. 2700- 2200 arasındaki dönemler, büyük piramitlerin yapıldığı dönemdir. Bu dönemde uygarlıkların teknolojileri Nil, Dicle ve Fırat Irmakları boyunca doğmuş ve gelişmiştir. Gerek Mısır'da gerekse Mezopotamya'da yapı malzemesi olarak tuğla, araçların hareketini kolaylaştırmak için tekerlek, haberleşmeyi sağlamak için yazı, zamanı ölçmek için su ve güneş saatleri, yıldızların hareketini izlemek için astronomi aletleri kullanılmıştır.



Şekil 2.2. Mısır piramitleri.

Bununla birlikte eski Yunan toplumlarında da farklı teknolojik gelişmeler gözlenir. Hava ve boşluk üzerine çalışmalar ve bununla ilgili araçlar yapılmıştır. Üzerinde çalışılan düzenlerde özellikle denge ( statik ) kavramı irdelenmiştir. Bu konudaki ilk kitap Ktesibios'a aittir. Daha sonra Archimedes tarafından Yüzen Cisimler adlı kitapta da denge konusuna yer verilmiştir. Bunun dışında Yunanlıların mekanik konusunda ortaya koydukları iki kitap mevcuttur. Biri Aristoteles'in öğrencisi Aristoteles'in yazmış olduğu "**Mekanik Aletler Kitabı**" (M.Ö. 280), diğeri ise Heron'un üç bölümden oluşan "Mekanika" isimli eseridir. Bu eserlerde geometri, daire, gemi, kaldıraç, dişli, makara ve kaldırma düzenlerine ilişkin bilgiler vardır. En çarpıcı olanı Arkhimedes burgusudur. Bu düzenek, boş bir silindir içerisine yerleştirilmiş sarmaldan oluşur. Sarmalın döndürülmesiyle suyun yukarı doğru kalktığı gözlenir. Bu dönemde su çarkları, suyu yukarıya kaldırmak için kullanılmıştır. Genelleştirilirse, Hellenistik Dönemde ileri bir üretim teknolojisinin geliştiği görülebilir.



Şekil 2.3. Petersburg Eremitag Müzesi'nde tapınak anahtarını taşıyan rahibeye ilişkin vazo resmi.

M.Ö. 331 de ise İskender' in isteği üzerine “İskenderiye Mekanik Okulu” açılmıştır. 14. y.y.'a kadar varlığını sürdürmüş olan bu okulun kurucusu İskenderiyeli Ktesibios'tur. Burada Ktesibios'un dışında İskenderiyeli Heron ve Bizantion' lu Filon gibi bilim adamları da çalışmalar yapmıştır. Ktesibios, silindir, piston ve valfi bir arada kullanarak basma tulumbayı icat etmiş ve su saati yapmıştır. İkinci yüzyılda yaşamış olan Bizantion' lu Filon bir askeri mühendis olup 9 ciltten meydana gelen *Mechanica Syntaxis* (Mekanik Sentez) adlı kitabını hazırlamıştır. Bu eserde 9 cilt şu ana başlıklarla verilir:

1. Cilt; Giriş
2. Cilt; Kaldıraçlar
3. Cilt; Limanların İnşaatı
4. Cilt; Mancınıklar
5. Cilt; Pnömatik
6. Cilt; Otomatik Tiyatrolar
7. Cilt; Sur ve Duvarların İnşaatı
8. Cilt; Şehirlerin Kuşatılması ve Savunulması
9. Cilt; Savaş Nedeni Üzerine

Şu an sadece özgün olmayan beşinci cildi mevcut olup, bu cildin Latince' den Arapçaya çevirisi bulunmaktadır. Bu çeviri günümüzde sadece Süleymaniye Kütüphanesi'nde bulunmaktadır. Filon'a göre, hava atomlardan oluşmuş bir cisimdir ve her yeri kaplar. Bir kabın içine su dolması için, havanın kaptan çıkması gerekir, su ile hava arasında boşluk bulunmaz. Bu mantığa dayanarak Filon sifonları, iki ayrı

sıvıyı beraber dökabilen ibrikleri yapmıştır (Al-Hassan ve Hill, 1986). M.S. I. y.y.'da yaşadığı bilinen İskenderiyeli Heron, otomatik kontrol düzenlerinin yanı sıra otomatlara da yer veren Pnematika adlı eseri yazmıştır.

Helenistik Dönem teknolojik gelişmelerini, Abbasi Dönemi bilimsel ilerlemeleri takip etti. Horasanlı Musa Bin Şakir'in oğulları Muhammed Hasan ve Ahmed, bilim ve teknoloji tarihini etkileyen mükemmel eserler ortaya koydular (Tekeli ve ark., 2002). Tarihte Benu Musa Kardeşler olarak bilinen bu mühendisler, matematiksel bilimlerin gelişmesinde de etkin rol oynamışlardır. Eserleri olan Kitab-el Hiyal, M.S.850'de yazılmış olup ülkemizde Topkapı Sarayı III. Ahmed Kütüphanesi'nde (A-3474) mevcuttur. Eserde sihirli kaplar, fiskiyeler, kandiller ve kaldırma düzeneklerinden bahsedilir. Şamandıralı valf sisteminin kullanıldığı örnekler dikkat çeker.

Bu dönemlerde, İslam dünyasında mekanik, astronomi gibi alanlarda oldukça ilgi çekici, olağanüstü gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler eşsiz çalışmaların ve bunlarla ilgili yazılmış pek çok kitabın ortaya çıkmasına sebep olmuştur. El-Cezeri, Takiyuddin, Ali Kuşçu, gibi eserleri hala günümüz insanını büyüleyen, mühendis ve bilim adamları yetiştirdi.



Şekil 2.4. Ali Kuşçu (Süheyl Ünver Arşivinden)

El-Cezeri ve Takiyuddin gibi bilim adamlarımızın ortaya çıkardıkları düzenekler gösterir ki, otomatik kontrol sistemleri ile ilgili prensipler çağlar boyu uygulanmış ve nesilden nesile aktarılarak geliştirilmiştir. Günümüz robotik biliminin temelleri de bu döneme dayanmaktadır.



Şekil 2.5. Matematiğe olan ilgisi ile bilinen Takıyüddin.

17. ve 18. yüzyılda Avrupa’ da robotların bazı özelliklerine sahip otomata yapılmıştır. Otomata kavramı, “kendi kendine hareket eden, insan veya hayvanların davranışlarını taklit eden makine” olarak tanımlanabilir. 1738’de Jaques de Vaucanson tarafından, dudaklarına yapışık flüte hava pompalarken parmaklarıyla da flütün deliklerini açıp kapatarak 12 melodiyi çalan bir otomata yapıldı. 1805’de Henri Meillardet ise yaylarla çalışan, resim çizebilen, İngilizce ve Fransızca yazabilen bir otomata yapmıştır. 1930’lu yıllarda, uçak tasarımcıları, uçaklar için otomatik pilotu tasarladılar. 1953’te Grey Walter robot bir kaplumbağa geliştirdi. Benzer birçok robot örnekleri geçmişten günümüze sıralanabilir. Bu bölümün sonunda milattan önceki dönemlerden günümüze kadar ortaya çıkarılan mekanizma örneklerinin bir listesi verilecektir.

Çağlar boyu geliştirilen otomatalarda kullanılmış bir öge vardır; kimi düzeneğin güvenilirliğini sağlar kimilerininse açılıp kapanmasında kontrol görevini üstlenir. Bunlar tarih öncesi çağlardan, taş, kemik, boynuz ve bitkisel liflerle yapılan ip, halat gibi malzemelerle oluşturuldu ve günümüze kadar sürekli geliştirilerek ANAHTAR ve KİLİTLER olarak geldi. Asırlardır güvenliğimizin vazgeçilmez adı olmuşlardır. Geçmişten günümüze farklı merhalelerden geçerek gelen kilit ve anahtarların çalışma prensibi ve biçimlerinde sürekli değişimler gözlenmiştir. Bu değişimler birbirine bağlı değişimler olup, her bir aşama önceki

aşamanın üstüne inşa edilir. Kısacası bu ayrılmaz iki yapı, çağlar boyu biçim değişirse de, insanlığın mülkiyetini koruyan değişmez bir öge olmaya devam etmiştir.



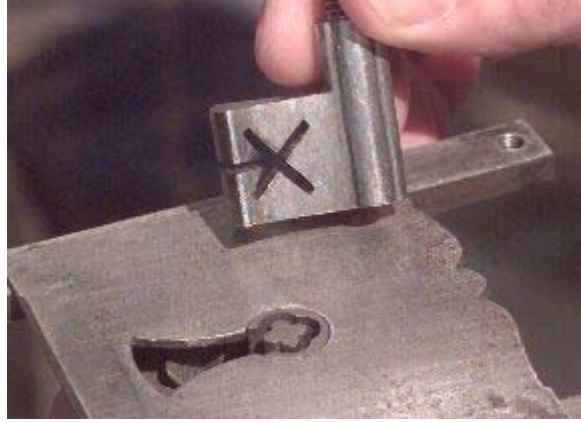
Şekil 2.6. Çeşitli anahtar ve kilitler.

Doğal barınaklarda yaşayan taş devri insanları ve günümüzde de hala varlıklarını sürdüren göçebe toplumları hazinelerini, değerli tüm eşyalarını, mağaralara, ağaç oyuklarına ve farklı gizli mekanlara gömerek korurlardı. Daha sonraları hasır otu veya bitkisel liflerden yapılmış halatlar kapıları kilitlemek, mekanları korumak için kullanıldı. Farklı türde düğümler geliştirildi. Bu düğümler ancak sahibi tarafından açılabilirdi. Bunun dışında, zamanın batıl inançlarına göre, ailelerinin ve kendilerinin lanetleneyeceği endişesiyle hiç kimse halatları kurcalamaya bile cesaret etmezdi. Bunun anlamlı en çarpıcı örneği, İskender'in büyük doğu seferinden önce tüm inanışları hiçe sayarak bir kılıç darbesiyle kestiği efsanevi Gordion düğümüdür.



Şekil 2.7. Halat ve ipin kilit amacıyla kullanımı.

İlk kilitler, Mısırlılar tarafından 4000 yıl önce gerçekleştirildi. Yapımında ağaç kullanıldı. 4000 yıl öncesine dayanan kilit buluşunun geçirdiği gelişmeyi aşama aşama incelemek mümkündür. Burada dikkati çeken en önemli öge, madeni kilit, anahtar ve kilit tırnağıyla sağlanan güvenlik sisteminin bize Romalılardan miras kaldığıdır.



Şekil 2.8. Kilit ve anahtar örneği.

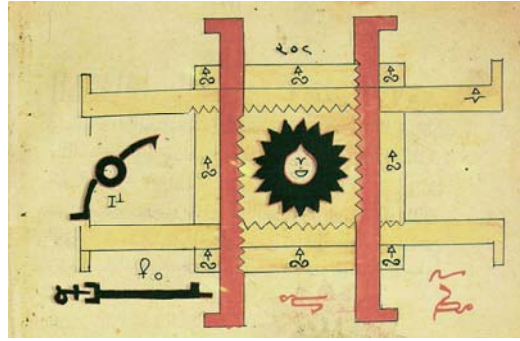
İslam Döneminde de kilit ve anahtar konusunda önemli gelişmeler gözlenmiş ve yazılı belgelerde bunlara ait bilgilere yer verilmiştir. Bu kilit örneklerine İslam Döneminin en önemli isimlerinden olan Bedi'üz-Zaman Ebû'l-İz İsmail bin er-Razzaz El-Cezeri ve Takiyuddin b.Ma'ruf el-Rasid' in eserlerinde kilit

örnekleri verilmektedir. El-Cezeri, 1174 senesinde Amid (Diyarbakır) Artuklu Sarayı'na gelmiş ve Nurettin Muhammet (1167), Kutbettin Sökmen (1185) ve Nasirettin Mahmut (1201) dönemlerinde sarayın başmühendisi olarak çalışmıştır (Koçin, 1994). Kitabın girişinden öğrenildiğine göre, Diyarbakır Sultanı El-Salih Nasirüddin Ebi'l-Feth Mahmud bin Muhammed bin Kara Aslan bin Davud ibn Sukman bin Artuk' un hizmetinde çalışmıştır. Bu sultanlığa hizmet süresi 577 H. (1181)' den başlamak üzere 25 yıldır (El-Cezeri, 1990).

Cezeri su ile işleyen çok sayıda robot, saat, pompa gibi makineler yapmış, en son Artukoğlu Meliki Nasireddin Mahmut'un arzusu üzerine yaptıklarını ve projelendirdiklerini bir kitap haline getirmiştir. Halen bu kitabın bilinen 15 kopyası vardır. Bunlardan beş tanesi ülkemizdedir. Topkapı Sarayı Müzesi III. Ahmed Kitaplığı'nda bulunan kopya Hasankeyfli Muhammed İbn Yusuf Osman tarafından yazılmış, şekillerini ise bizzat Cezeri' nin denetimi altında çizilmiştir (Çeçen, 1986).

Cezerinin bu eseri 20.yüzyılın başından itibaren batıda büyük ilgi görmüş ve Prof. Wiedemann tarafından Almanca' ya çevrilmiştir. Prof. Wiedemann Cezeri'nin bu kitabı için "19. yüzyıla kadar yazılan teknik eserler arasında astronomiye ait olanlar hesaba katılmaz ise, Cezeri' nin bu kitabı en önemli ve en yüksek seviyelisidir" demiştir (Çeçen, 1986). Cezeri' nin kitabının İngilizce tercümesine önsöz yazan meşhur bilim tarihçisi Prof. White Jr., birçok düzeneğin Leonardo ve diğer bilim adamlarından çok önce Cezeri tarafından yapıldığını açıklamıştır.

Elli yıllık bir uykudan sonra, 1974' te Donald Hill, Wiedemann gibi Oxford yazmasını temel alarak, eseri İngilizceye çevirmiş ve tekrar yorumlamıştır (Hill, 1974). Kitap Boston' da 1973 yılında Al Jazari's Book Of Knowledge Of Ingenious Mechanical Devices adıyla İngilizce basılmıştır. Kitabın adı "Olağanüstü Mekanik Araçların Bilgisi Hakkında Kitap" olarak dilimize çevrilebilir. Bu eser 50 düzen ve 6 bölüm şeklinde hazırlanmıştır. Bölümler sırasıyla, su saatleri, şarap sunan otomatik kaplar, hayvanlı ve insanlı otomatlar, kendi kendine çeşitli enstrümanları çalan otomatlar ve şifreli kilitleri konu edinir. Özellikle iki kilit düzeneğinden bahsedilir. Bunlardan biri 6. Bölüm, 3. düzenindeki şifreli kasa kilidi diğeri ise yine aynı bölümde 4. düzen olarak verilen dört sürgülü kasa kapısı kilididir (Bir ve Kayral, 1993). Şifreli kasa kilidindeki mekanizma kasalarda bulunan şifreli kilitlere çok benzeyen mekanizmayı açmak için her birinde 3 x 16 harf bulunan dört adet şifre silindirinin ayarlanması gerekir (Bir ve Kayral, 1993).



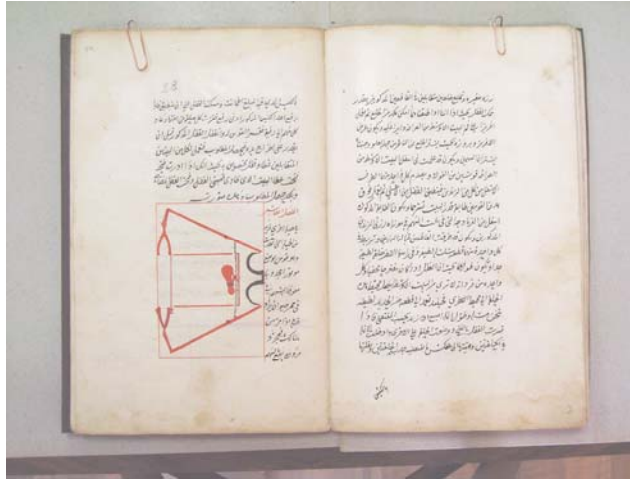
Şekil 2.9. Dört sürgülü kasa kapısı kilit mekanizmasının orijinal çizimi.

İslam Türk Dünyası'nda rastlanan bir başka kilit örneği Takiyeddin b. Ma'ruf el-Rasid'e aittir. Osmanlı'nın uzaya bakan gözü olarak anılan Takiyuddin, 1521 yılında Şam'da doğmuştur. Mısır ve Şam'da dönemin tanınmış hocalarından fıkıh, hadis ve tefsir dersleri almış, 16. yüzyılda İstanbul Gözlemevi'ni kurarak, matematik, astronomi ve optik konularında eserler yazmıştır.



Şekil 2.10. İstanbul semalarında görülen bir kuyruklu yıldızın izlenişi.

En önemli eserlerinden biri olan al-Truk al-Saniyya fi'l-Alat al-Ruhaniyya'nın bir nüshası Kandilli Rasathanesinde mevcuttur. Bir mukaddime ve altı babdan oluşan eserde 52 resim ve 7 minyatür vardır.



Şekil 2.11. al-Truk al-Saniyya fi'l-Alat al-Ruhaniyya adlı eserin kasa kilit mekanizmasıyla ilgili bölümü.

Kitabın bölümleri şu şekildedir:

- 1.) Saatler
  - 2.) Mekanik düzenler
  - 3.) Pnömatik düzenler
  - 4.) Müzik otomatalar, fiskiyeler, buhar gücüyle dönen alet
  - 5.) Su dolabı, av tuzağı, batar türden zaman ölçer alet ve Benu Musa' nın eserindeki bazı sihirli kaplar
  - 6.) Ateş üzerinde kendiliğinden dönen et kızartma aleti,
- dir.

Bu çalışmada özellikle içi para dolu bir keseyi almak için elini uzatan kişiyi bileklerinden kaparak hırsızın utandırmayı amaçlayan kilit mekanizması örneği incelenecektir.

Uzakdoğu ve Yakındoğu' da yapılan kazılarda Rusya, Çin, Türkiye ve Doğu Hindistan' da metal asma kilitler bulunmuştur (Needham, 1976). 1500'lü yılların son dönemlerinde, kilidin hareketli parçaları incelikle işlenerek birbiri üzerine yerleştirilebiliyordu. Ortaçağdaki bu gelişme, özellikle Almanya'nın Nürnberg kentinde, kendini metal kilit işlemeciliği olarak gösterdi. Bu dönemde anahtar ve kilitler olağanüstü süslerle bezendi, insanlar bu konudaki yeteneklerini sergileyerek en güzel örnekleri oluşturdu. Özellikle asma kilitlerde fil, at, ejderha, su aygırı gibi hayvan figürleri kullanılarak sanat eserleri niteliğinde birçok mekanizma geliştirildi. Kilitlerdeki dekorasyon sanatı, milletlerin farklı kültürlerini de ortaya koyar.



Şekil 2.12. Çin ve İran kilit örnekleri ( Tanavoli, 1976).

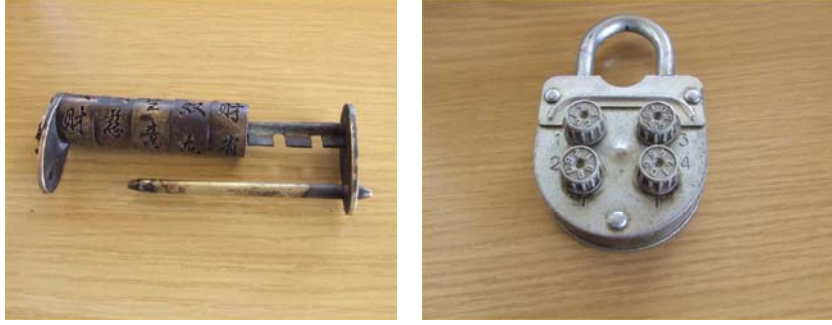
Kilitlerin güvenilirliğinin geliştirilmesi yolundaki en önemli çalışmalardan biri İngilizlere aittir. 1778'de İngiliz buluşçu Robert Baron çift etkili mandallı sistemle çalşan kilidi ortaya çıkararak patentini aldı. Manivela işlemi gören mandal, normal konumdayken sürgüye açılmış bir yuvaya oturur ve sürgünün hareket etmesini önler. Sürgü, ancak anahtarın mandalı kaldırmasıyla hareket edebilir. Hemen sonrasında, 1818'de Jeremiah Chubb bu sistemi daha da geliştirerek kilide bir yay ekledi. Bu yayın görevi zorlanma sırasında mandalı yakalamasıydı. 1784'te Joseph Bramah bu iki kilitten tümüyle farklı bir düzeneğe sahip bir kilit icat etti. Hafif bir anahtarla açılan, Bramah Kilidi de denilen bu düzeneğin anahtarı, ucuna uzunlamasına oluklar açılmış metal bir boru biçimindeydi. Oluklar kilitteki bir dizi metal sürgüye oturmakta ve sürgüler oluğun uzunluğuna bağlı olarak aşağı itilmekteydi. Anahtar ancak tüm sürgülerin gerekli uzunluğa kadar itilmesi

durumunda döndürülebilir; böylece asıl sürgü hareketlendirilebiliyordu (Tok, 2002).



Şekil 2.13. El sürgülü kapı kilidi örneği.

Bu kilitlerin yanı sıra, 17. yüzyılda sıkça kullanılan ve geliştirilen kombinasyon kilitleri bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar ve kazılar sonucu, Romalılar ve eski Çinlilerde bile bu şifreli anahtarsız kilitlerin kullanıldığı görülmüştür. Kombinasyon kilidinin 17. yüzyılda farklı bir çeşidi doğmuştur: “harfli kombinasyon kilidi”. Bu sistem, günümüzde bisikletlerde kullanılan şifreli kilitlerde görülür. Bu tür kilitlerde, üzerinde harfler ya da sayılar bulunan bir dizi halka bir mile geçirilir. Halkalar, şifre sözcüğü ya da şifre sayısını oluşturacak biçimde döndürüldüğünde, yuvalar aynı hizaya gelir (Philips, 2000). Böylece mil dışarı çıkar ve kilit açılabilir. Bu kilit sistemi, önceleri asma kilitlerde yaygın uygulama alanı buldu.



Şekil 2.14. Şifreli kilit örnekleri.

19. yüzyılın ikinci yarısında bu düzenek kasa ve çelik odaların kapılarında kullanılmaya başlandı. 20. yüzyılda ise bu kilitler yerini elektronik şifreli kilitlere bıraktı.



Şekil 2.15. Şifreli kasa kilidi örneği.

18.yüzyılda kilit alanında çarpıcı yeniliklerden birisi de Linus Yale'e aitti. 1848'de Linus Yale, eski Mısır kilitlerinin çalışma prensiplerinden yola çıkarak pim mandallı kilitleri ortaya çıkardı. 1860 yılında da oğlu, Yale kilidinin silindir göbekli bir başka farklı modelini geliştirdi (Weber,1984). Bu sistem 20.yüzyılda dünyanın her yerinde yaygın kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemin mantığı, işleyişi, hareket düzeneği ileriki bölümlerde ele alınacaktır.



Şekil 2.16. Yale kilit ve anahtarı.

20. yüzyılda Yale kilidinin yanı sıra farklı türde kilit sistemleri de yaygın bir biçimde kullanılmaya başlamıştır. Bunlardan biri şifreli kilidin geliştirilmiş bir üst türü olan elektronik şifreli kilitlerdir. Ayrıca modern alarm sistemlerinde de farklı kilit mekanizma modellerine rastlanır. Buradaki çalışma prensibi kilit mekanizmalarına dayanır (Rathjen, 1995). Elektronik şifreli kilitlerin de değişik çeşitleri vardır. Kapıyı açmak için şifrenin kilide yazılması, kartın kilide tanıtılması bunlardan birkaçıdır. Bu çeşitler, zamanla güvenilirliklerini yitirmiş ve daha üst modellerin doğmasına zemin hazırlamıştır. Bunun içindir ki, tasarımcılar bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için “melez” adı verilen sistemi geliştirmişlerdir. Böylece, şifrenin anahtar olarak kullanılan kartlarla birlikte tuşlandığı gelişmiş mekanizmalar oluşturmuştur. Elektronik anahtar, kilit yuvasına sokulduktan ve ancak şifre girildikten sonra kapalı durumdaki kilit açılabilir. Daha sonraları, bu kilitlerde karşılaşılan sorunlardan bazıları kartın kaybedilmesi ve şifrenin unutulması yönünde olmuştur. Bu gibi sorunların da ortadan kaldırılabilirliğini ispatlamak istemesine çalışmalar yapılmış ve biyometrik sistemler ortaya çıkmıştır.



Şekil 2.17. Biyometrik sistemlere bir örnek.

Bu sistemler, “bireyleri birbirinden ayıran ölçeklenebilir psikolojik ve/ya da davranışsal karakteristiklerin kimlik tespitinde kullanılan bilgisayar kontrollü sistemler” olarak tanımlanabilir. Biyometrik ölçüler fiziksel ve davranışsal olarak iki ana grupta incelenebilir. Bunların en çok kullanılan alt grupları ise şu şekilde özetlenebilir:

- |                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| 1-) Parmak izi                 | 2 -) Göz          |
| - el geometrisi                | - gözbebeği resmi |
| - el ayası izi                 | - göz damarları   |
| 3-) Yüz                        | 4 -) Ses          |
| - yüz geometrisi               | - ton             |
| - kızılötesi ışık ile temogram | - spektral analiz |

## 5-) İmza

- statik analiz (resim formunda)
- dinamik analiz (yazma hızı, basma gücü)

## 6-) Yürüyüş

- yürüme ritmi
- yürüme şekli

Günümüzde bu sistem, personel takibi, havaalanlarındaki giriş çıkış işlemleri, kredi kartı uygulamaları, ATM'lerde kullanıcı tanımlama, internet bankacılığında kullanıcı tanımlama gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu sistemde kişinin şifre, parola ve bu gibi kelime ve sayıları hafızalarında tutma zorunlulukları yoktur. Ayrıca, yanlarında taşınmaları gereken kimlik kartlarına da ihtiyaç duyulmaz.



Şekil 2.18. Parmak izi ile şifre okuma sistemi.

Biyometrik teknolojilerin çalışma prensibi birbirine benzer. Öncelikle kayıtlar toplanır, bir kod olarak ilgili sistemde saklanır. İhtiyaç duyulduğu zaman bu kayıtlar ilgili kişi ile karşılaştırılır ve sonuca varılır. Kısa sürede karşılaştırma işlemi yapılarak sonuca ulaşılabilme özelliği, bu sistemi diğer sistemlerden farklı kılan en önemli özelliktir.



Şekil 2.19. Damar tanıma sistemleri.

Olumlu yönlerinin yanında elverişsiz tarafları da bulunmaktadır. Örneğin el veya parmaktaki en ufak bir yaralanma parmak izinde değişikliğe neden olması sebebiyle, kayıtlarla parmaktaki eşleşme önlenir. Biyometrik sistemlerin bir diğer olumsuz yönü de maliyetinin çok yüksek olmasıdır. Bu sistemler arasında en

kullanışlı ve güvenilir olanı iris taramasıdır. Maliyetinin yüksek olmasına rağmen günümüzde kullanımı oldukça yaygındır.



Şekil 2.20. İris ile tanıma sistemi.

## 2.1. Geçmişten Günümüze Kilit Çeşitleri ve Örnekleri

Türkçemizdeki kilit ve anahtar sözcükleri dilimize Anadolu Rumcasından, sırasıyla kleos ve anihpiri kelimelerinden türetilerek gelmiştir.

Dilimizde farklı anlamlarda da kullanılan kilit sözcüğü, Türk Dil Kurumu Türkçe Sözlüğü'nde, “anahtar, düğme gibi takılıp çıkarılabilen bir parça yardımıyla çalışan kapatma aleti” olarak tanımlanmaktadır.

1851 yılından itibaren kilit ve anahtarlar üzerine bir koleksiyon oluşturarak, tüm bunları yazdığı “Primitive Locks and Keys” kitabında sergileyen Pitt Rivers, kitabın ilk bölümünde kilit kelimesinin kaynağına yer vermiştir. Buna göre kilit kelimesi Yunancadaki kleidi kelimesinden türetilmiştir. Kilit, anahtar ve bu mekanizmalarla ilgili kelimelerin diğer dillerdeki karşılıkları tablo şeklinde bölümün sonunda verilmiştir.

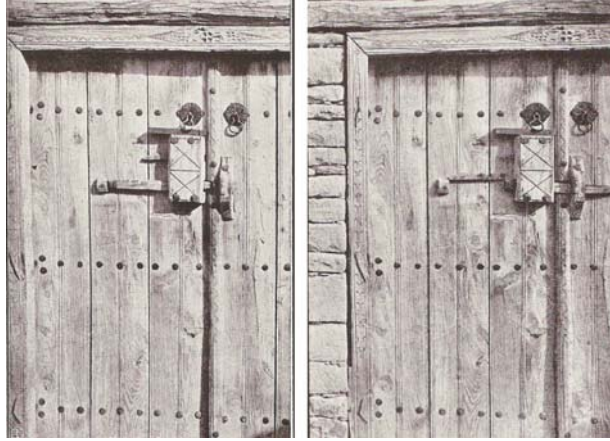
### 2.1.1. Antik Mısır kilit ve anahtarları

Günümüze kadar gelen kilit mekanizmalarının kaynağı Mısır kilitlerine dayanır. Bu döneme ait kilitler günümüzde halâ örneklerine rastlayabileceğimiz türden olup geçmişi Ramses II (1292–1225) dönemine uzanır.



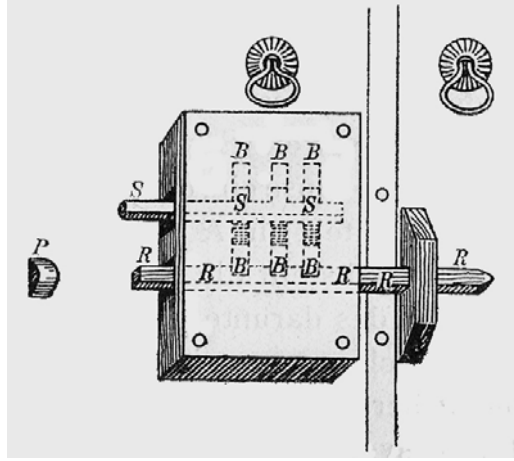
Şekil 2.21. Mısır kilidi ve anahtarı.

Bu kilitler gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde bazı yörelerde halen kullanıldığı görülmektedir. Bu kilidin Kıbrıs' ta yüzyıl başında kullanıldığını kanıtlayan bir fotoğraf ve buna ilişkin çizim aşağıda verilmiştir.



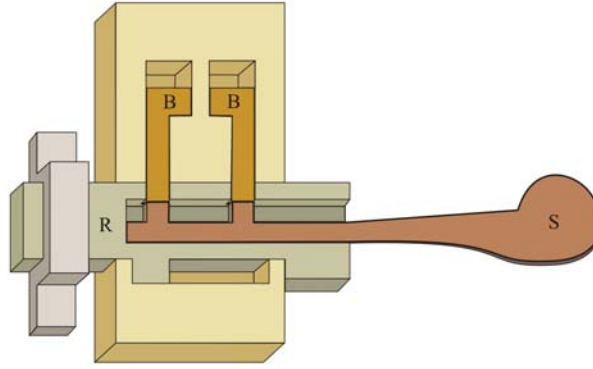
Şekil 2.22. Kıbrıs Politiko köyünde ikinci türden tırnak anahtarlı kilit bulunan ev kapısının dış görünümü: solda sürgü çekili (açık), sağda sürgü yuvasına itili (kapalı)<sup>1</sup>. Her iki resimde anahtarın üzerinde görülen çubuk resmi çekenlerce buraya yerleştirilmiş bir ölçektir (Bir ve ark., 2006).

<sup>1</sup> H. Diels; *Antike Türen und Schlösser*, Teubner, 1914.



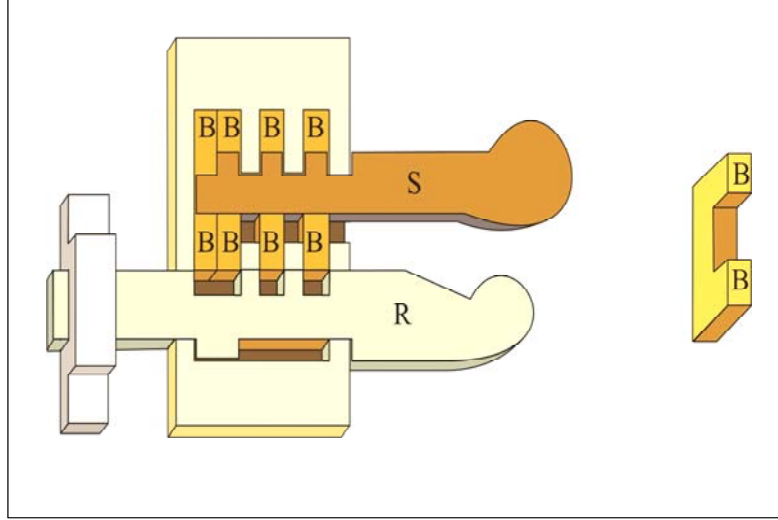
Şekil 2.23. Kıbrıs Politiko köyündeki kilidin iç yapısı  
 S sürgüdeki takozlarını yukarıya kaldırmak amacıyla yuvasına sokulmuş kilit,  
 R henüz kapalı konumdaki sürgü  
 B henüz sürgüdeki yuvalarından kurtarılmamış takozlar  
 P dışarıya çekilen sürgünün düşmesini engelleyen destek (Bir ve ark., 2006).

Bu döneme ait kilitler tırnaklı anahtar ve takozlu kilitlerdir. Sürgülü yapıdaki bu kilitlerin iki farklı türü mevcuttur. Birinci tür kilitlerde anahtar sürgünün içine sokulur ve yukarıya doğru kaldırılır. Bu durumda anahtarın tırnakları sürgüdeki yuvalara girerek burada bulunan takozları yukarıya kaldırır ve sürgü anahtarla çekilir, yuvasından çıkarılarak kapı açılır (bak Şekil 2.24). Çekilen sürgü bir yuvanın içinde hareket eden çıkıntı nedeniyle anahtar kutusunun dışına çıkamaz.



Şekil 2.24. Birinci türden, tırnaklı anahtarın sürgünün içine sokularak sürgünün takozlardan kurtarıldığı kilit türüne ilişkin kesit gösterim (R sürgü, S anahtar, B-B takozlar) (Bir ve ark., 2006).

İkinci tür mısır kilitlerinde anahtar sürgü yerine anahtar kutusundaki bir yuvaya sokulur ve ilk anahtar türünde olduğu gibi yukarıya kaldırılır (Şekil 2.24). Bu durumda da anahtarın tırnakları, takozları yukarıya kaldırarak sürgünün çekilebilmesini olanaklı kılar. Yapılan bu değişiklikle kapı sürgüsü anahtar deliği tarafından zayıflatılmış olmaz ve dış kapı darbelerine karşı daha dayanıklı bir kilit elde edilmiş olur.



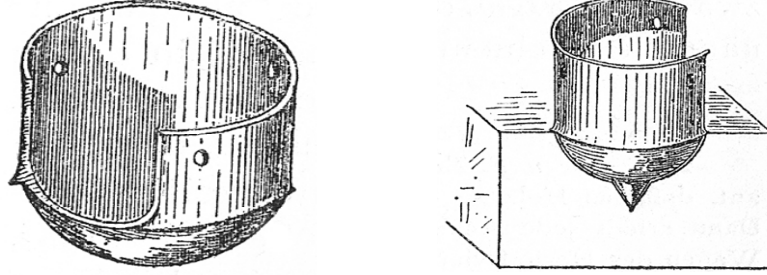
Şekil 2.25. Tırnaklı anahtarın anahtar kutusuna sokularak takozlardan kurtarıldığı kilit ve bir takoz çizimi (R sürgü, S anahtar, B-B takozlar) (Bir ve ark., 2006).

### 2.1.2. Antik dönem kapı, kilit ve anahtarları (Bir ve ark., 2006)

Ticaret geliştikçe Troya emsali uzaklara açılan ancak korunmaya muhtaç ticaret merkezleri oluşur (M.Ö. 3000–1800). İ.Ö. yaklaşık 8. yüzyıl'da, Homeros'un şiirleştiği *İlyada* ve *Odysseia* destanlarında kapı ve kilit konusunda önemli bilgilere rastlanır (Bir ve Kayral, 1992). *Odysseia*'nın ilk bölümünde misafirler gece evlerine gidince genç hükümdar saray avlusundaki yatak odasına yönelir. Bu esnada *Odysseia*'nın sadık hizmetkârı karanlık avluyu meşalesiyle aydınlatır. Kapıyı açar (I, 437), yatak odasına girer, yatağına oturur gömleğini çıkarır ve yaşlı hizmetkâra askıya asması için kendisine verir. Devamında şunlar aktarılır (441):

... sonra çıktı odadan dışarı,  
kapıyı tutup çekti gümüş halkasından,  
sürgünün kayışı çekilince kapı kapandı<sup>2</sup>.

Yukarıdaki aktarımdan anlaşılacağı üzere, çift kanatlı bir kapıdan bahsedilir. Söz konusu olan kapı, kanatlarından sadece biri, çift kanatlı bir kapıdır. Bu kapılar antik Miken saray kazılarında ve daha sonraki dönem yapılardan bilinir. Kapıların etrafında döndükleri menteşeler yoktur. Kapı kanatları, araba aksellerine benzediği için, Yunanlıların eksen (*ἀξονες*) adını verdiği yuvarlak oyukların içinde döner (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Solda bir kapının döner eksenine ilişkin tunç pabuç, sağda ise sivri uçlu bir tunç kapı pabuçu görülmektedir.

Şair Penelopeia'nın *Odysseia*'ya ait yayı almak için kapıyı nasıl açtığını şu şekilde aktarır (21, 5 ve devamı):

İndi yüksek merdivenden, kendi katından aşağı,  
güzel kıvrılmış anahtarı almıştı güçlü eline,  
tunçtan bir anahtardı bu, kulpu fildişinden.

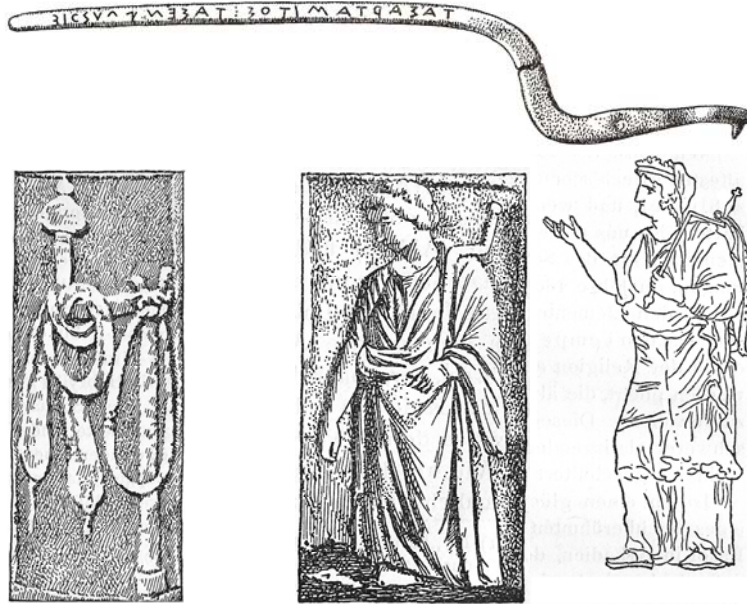
Anlatım şöyle sürdürülür (21, 42 ve devamı)

İşte tanrısal kadın gidince bu hazne odasına,  
ilkin meşe ağacından eşige bastı,  
vaktiyle bir usta onu cilalamış ve çırpıya çekmişti,  
pervazları da düzeltmiş, takmıştı parlak kapılar.  
Hemen kapı halkalarından kayışı çözüp, anahtarı soktu<sup>3</sup>,  
ve kapının sürgülerini usta vuruşlarla geriye itti,  
nasıl böğürürse çayırda otlayan bir boğa,  
güzel kapı da, anahtar dokunur dokunmaz öyle böğürdü,  
ve kapı kanatları birden açıldılar önünde hızla.

<sup>2</sup> Homeros, *Odysseia*, Türkçesi Azra Erhat ve A. Kadir, Sander Yayınları, 1970.

<sup>3</sup> Azra Erhat, A. Kadir çevirisinde "Hemen tokmağın kayışını çözüp, anahtarı soktu ve kapının sürgülerini oynatıp itti öne doğru, ..." şeklinde hatalı olarak çevirmiştir.

Bu tür kapıların nasıl açıldığı sorusu bulunan tapınak anahtarları, mezar kabartmaları ve vazo resimleriyle aydınlığa kavuşur (bak Şekil 2.27, Şekil 2.28, Şekil 2.29).



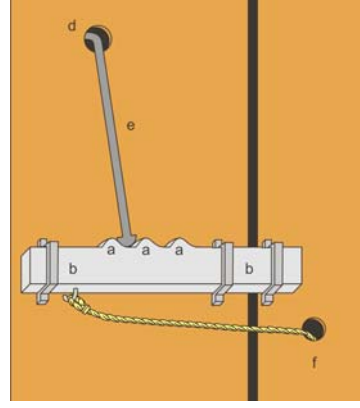
Şekil 2.27. Yukarıda Lusoy Artemis tapınağının anahtarı (Arkadia) İ. Ö. 5. yüzyıl.

Solda Habryllis'in tapınak anahtarı. Conze att. Mezar kabartması Resim 385.  
Ortada atik mezar taşı kabartması. Conze att. Mezar kabartması n. 812, W.  
Spemann, Berlin. Tapınak anahtarını taşıyan rahibeye ilişkin vazo resmi,  
Petersbourg Eremitage Müzesi.

Antik kapının sabit sağ kanadında bir anahtar deliği, açılabilir sol kanadında ise sürgüyü çekmeye yarayan ipin dışarıya çıktığı bir delik bulunur (bak Şekil 2.28). Bu verilerden hareket edilirse kapının arka tarafında yer alan sürgünün yerleşimi Şekil 2.29' da belirtildiği gibidir. Anahtar delikten sokulur ve sürgünün üzerindeki hörgüçlere değdirilerek bir krank mili biçimindeki anahtar yardımıyla sürgü sola doğru itilerek açılır. Sürgüyü tekrar kapamak için ip sürgünün altındaki çengele geçirilir ve sol kapı kanadı kapatıldıktan sonra, ip çekilerek sürgü yuvasına sokulur. Eğer ipin dışarıya sarkması istenmiyorsa delikten geri itilir ya da diğer ucu serbest bırakılarak tamamen dışarıya çekilir (bak Şekil 2.29).



Şekil 2.28. Elindeki anahtarla hazine dairesini açan kız. Kırmızı şekilli Hydria, vazosu resmi Berlin Müzesi 2382.



Şekil 2.29. Hörgüçlü kapı sürgüsünün açılıp kapanışı.

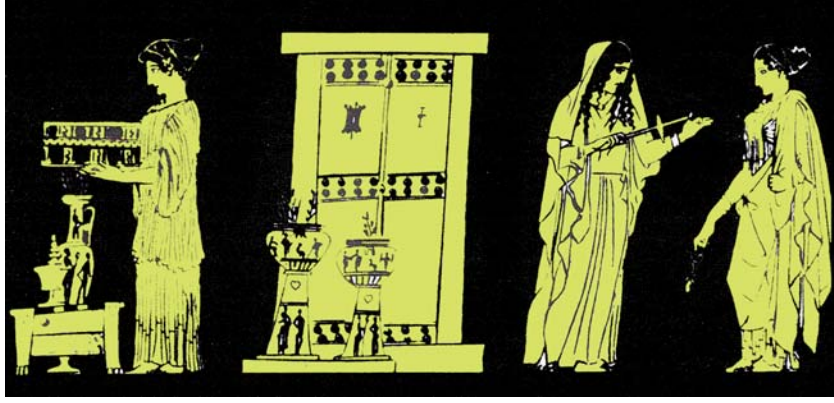
Odysseia'nın başka bir yerinde kıymetli eşyaların korunması ile ilişkili başka bilgiler de aktarılır. Phaiaklı kraliçe Odysseus'a ziyaretçi hediyelerini muhafaza etmesi için kapaklı bir sandık verir (8, 438):

Bu ara Arete çok güzel bir sandık getirdi yatak odasından,  
güzelim armağanları koydu içine,  
Phaiak'ların verdiği rubaları ve altınları koydu.  
Kendi de kodu güzel bir kaftanla bir gömlek,  
ve şu kanatlı sözleri söyledi ona seslenerek:  
"Sen kapağına bak sandığın şimdi,  
üstüne sağlam bir düğüm bağla,  
gelip karıştırmasin mallarını yolda biri  
sen tatlı uykuya dalınca kara gemide".

Anlaşılabacağı gibi bu bir sihirli düğümdür ve bunu sadece tanrısal çilekeşler düğümleyip çözebilir. Çünkü o bu düğümü sihirbaz Kirke'den öğrenmiştir (446):

Çok çekmiş tanrısal Odysseus duyar duymaz bunu,  
kapattı sandığın kapağını, bağladı üstüne sağlam bir düğüm,  
vaktiyle ulu Kirke'den öğrenmişti bu düğümün nasıl yapılacağını.

Burada söz konusu edilen düğüm İskender'in büyük doğu seferinden önce bir kılıç darbesiyle keserek açtığı efsanevi Gordion düğümüdür. Tanrısal güç ve sihirli dualara karşı inanç azaldıkça düğümün ve açılmamış olduğunu kanıtlayan balmumu ile mühürlenmiş cisimler daha sonra kilit ve anahtar ile korunmaya çalışılmıştır. Ancak hırsızlığın hiçbir zaman önü alınamamış ve kilit sistemleri tarih boyunca sürekli hep geliştirilmeye çalışılmıştır (bak Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Bir antik vazo resminde kapı ve kıymetli eşya kutusu.

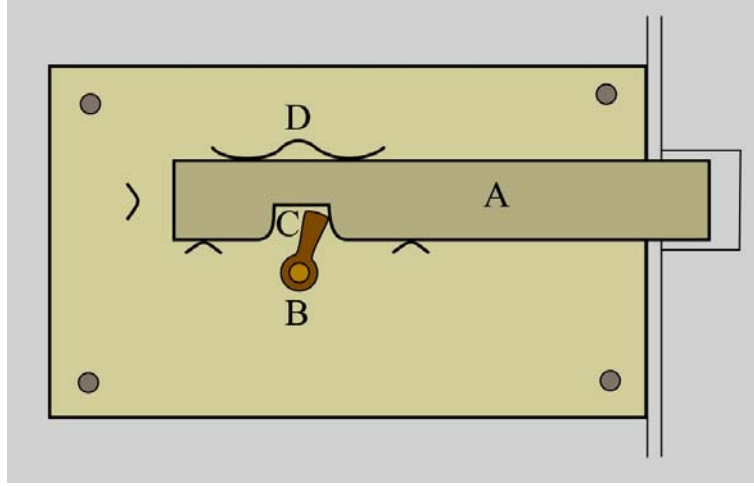
### 2.1.3. Roma dönemi kilit ve anahtarları

Bu döneme ait en yaygın kilit türü yaylı kilitlerdir. Bu kilitler kapı, kutu ve kasa kilitlerinde kullanılmıştır. Pompei kazılarında bu kilit mekanizmalarına ait anahtarlara rastlanmıştır.



Şekil 2.31. Pompei kapı anahtarı.

Mekanizmanın çalışma düzeni sürgü hareketiyle başlar. Kapının iç tarafında sürgüyü öteleme mekanizması bulunur. Mekanizmadaki yay ise sürgünün daha rahat ötelenmesini sağlar. Anahtar vasıtasıyla bu sürgü ötelenir. Mekanizmaya sokulan anahtarın ucunda bir delik bulunur. Bu delik mekanizmanın uzantısına girmesi için yapılmıştır. Bunun dışında anahtarın ucunda eksene dik bir uzantı yer alır. Bu uzantının görevi sürgüdeki girintilere girip anahtarın sağa sola çevrilmesi sırasında sürgünün ileri geri ötelenebilmesini sağlamaktır. Bu sistemdeki farklı bir yön de anahtar boyutlarının kilitten kilide değiştirilebilir olmasıdır. Buradaki amaç bir anahtarın başka bir kilidi açmasını önlemektir. Sistem aşağıdaki çizimle gösterilmektedir:



Şekil 2.32. Yaylı çevirmeli Roma dönemi kilidi (kapağı açık):  
A sürgü, B diken, C ortası delik bayraklı anahtar, D yay (Bir ve ark., 2006).

#### 2.1.4. İslam dönemi kilit ve anahtarları

İslam döneminde yazılı belgelerden bilindiğine göre kilit ve anahtar konusuna el-Cezeri ve Takiyeddîn b. Ma'rûf el-Râsîd eserlerinde yer vermişlerdir. El-Cezeri eserinde şifreli kasa kilidi ve dört sürgülü kasa kapısı kilidi olmak üzere iki kilidin yapısından bahsetmiş, Takiyeddîn b. Ma'rûf el-Râsîd ise günümüzdeki kelebek yaylı kilitlere örnek olabilecek adına utanç kilidi de diyebileceğimiz kilitten yapılışı konusunda bilgi vermiştir. Bu kilitlerin çalışma mekanizmaları aşağıda aşamaları verilerek çizim ve orijinal resimleriyle gösterilmektedir (Şekil 2.35).

##### 2.1.4.1 El-Cezeri'nin şifreli kasa kilidi<sup>4</sup> (Bir ve ark., 2006)

El-Cezeri'nin "Kitab el-Hiyel" adlı eserinin 6. Bölüm, 3. Düzeninde ilginç bir şifreli kasa kilidi anlatılmaktadır<sup>5</sup>. Kasa içine kıymetli özel eşyaların bulunduğu ve

<sup>4</sup> E. Wiedemann, F. Hauser; *Über eine Palasttüre und Schlösser nach al-Gazari*, Der Islam, C.11 s. 213-251.

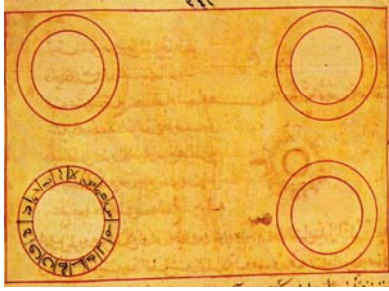
<sup>5</sup> Bediü'z-Zaman Ebü'l-İzz İsmail b. El-Rezzaz el-Cezerî [Cizreli (Mezopotamya) Pirinç Tüccarının Oğlu Bedi'ü'z-Zaman (Eşsiz) İsmail] ya da kısaca Cezeri, Amid (Diyarbakır) Artuklu Sarayı'nda 25 yıl (1181-1206) saray mühendisi olarak çalışmış bulunan ve *Kitâb el-câmi' beyn el-'ilm ve'l-'amel el-nâfi' fi Sinâ'at el-hiyel (Harika düzenleri gerçekleştirilmede, gerekli kuramsal ve uygulamalı bilgileri bir arada sunan kitap)* isimli kitabı yazmış olan mühendistir. Eseri Ortaçağın en kıymetli eseri olarak kabul edilmektedir. Eserinin 1. el kopyaları Topkapı Sarayı Müzesinde bulunmaktadır (A 3472).

kapağında 4 adet şifreli kilidin yer aldığı bir kutu şeklindedir. Şifre kilitlerindeki silindirlerde 16 adet harf şu şekilde sıralıdır (bak *Şekil 2.33*):

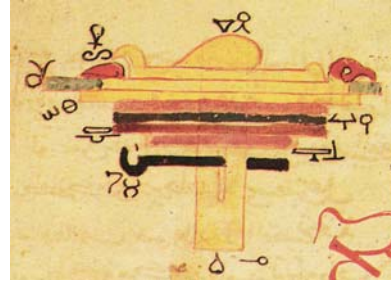
Tablo 2.1. Şifreli kilitteki 16 harfin sıralanışı.

|    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لا | ص | ع  | س | م | ل | ك | ى | ط | ن | ف | ه | د | ج | ب | ا |
| lâ | z | 'a | s | m | l | k | y | t | n | f | e | d | c | b | a |

Günümüzdeki değerli eşyaların konduğu kasalardaki şifreli kilitlere çok benzeyen bu kutuyu açmak için, kutunun üst yüzeyinde bulunan 4 adet şifreli kilidin her birinde 16 harfi 3 farklı silindiri çevirerek ayarlamak ya da toplam  $m = 3 \times 4 = 12$  harfi bilmek gerekir. Ayarlanması gereken harf sayısı  $n = 16$  olduğuna göre oluşabilecek birleşim sayısı  $n^m = 16^{12} = 281.474.976.710.656 \approx 2,8 \times 10^{14}$ , diğer bir deyişle bu kilidi bir denemede açma olasılığı  $p = 1/(n^m) \approx 3,55 \times 10^{-15}$  ya da sıfırdır.

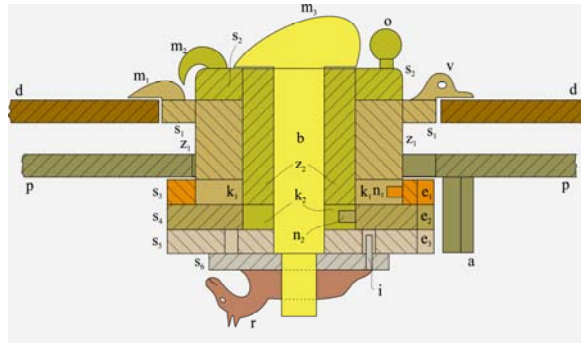


Şekil 2.33. Kasa kutusu kapağının üst görünümü.



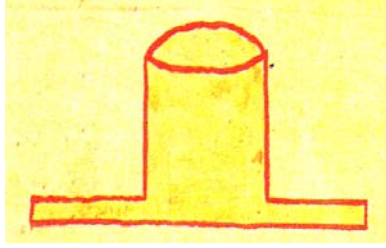
Şekil 2.34. Bir Şifreli kilit silindirinin özgün kesiti.

Her bir şifre silindiri 8 parçadan oluşur (bak özgün kesit çizim *Şekil 2.34*). Bu 8 parçanın yapısı *Şekil 2.35*'de verilen bir yeniden kurma (rekonstrüksiyon) yardımıyla inceleyelim.



Şekil 2.35. Şifreli kilit silindirlerinin yeniden kurulmuş kesit gösterimi.

1. parça ( $s_1, z_1, k_1$ ) iç çapı kapakta açılmış bulunan deliğin çapında bir  $s_1$  diski ve buna geçirilmiş içi boş bir  $z_1$  silindirinden oluşur (Bak Şekil 2.35).  $z_1$  silindirinin  $k_1$  alt ucuna çevre boyunca 16 adet diş açılmıştır. Diski çevirmek için kenarına karşılıklı tutturulmuş iki adet ( $v$  ve  $m_1$ ) çevirme mandalı bulunur. Çevirme mandallarından biri bir kuş kafası ( $v$ ), diğeri ise bir kuş kuyruğu ( $m_1$ ) biçimindedir ve bu mandallar deliğin dışına taştığından kilit silindirleri kapak deliğinin içine girmesini önler ve kasa kapağında çevre boyunca sıralı harflerden hangisinin ayarlandığını kuş kafasıyla işaret eder. 1. parçanın oluşturduğu silindirin konumu çevirme bu çevirme mandalları aracılığı ile çevrilerek kutu kapağının üzerindeki harfe göre ayarlanır.



Şekil 2.36. 1. Parçanın özgün yandan görünümü.

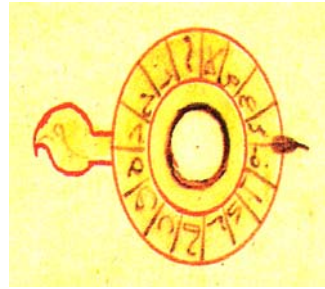


Şekil 2.37. 1. Parçanın özgün üstten görünümü.

2. parça ( $s_2, z_2, k_2$ ) 1. parçaya çok benzer ancak farklı boyutludur. Bu parçanın  $z_2$  silindiri 1. parçanın  $z_1$  silindirine girer,  $z_2$  diski ise  $z_1$  silindirinin üstünü kaplar. Ancak  $z_2$  silindirinin boyu  $z_1$ 'e göre biraz daha uzun olduğundan, 2. parça 1. silindirin içine yerleştirildiğinde silindirin  $k_2$  ucu alttan kapak kalınlığı kadar dışarıya çıkar. Bu uca da çevre boyunca 16 adet diş açılmıştır.  $d_2$  diskinin üzerinde de  $s_1$  diskinde olduğu gibi gaga şeklinde bir  $m_2$  çevirme mandalı, bir de yuvarlak  $o$  çevirme kolu bulunur. 2. parçanın oluşturduğu silindir de çevirme kolu aracılığı ile çevrilerek 1. parça diskinin üzerindeki harfe göre ayarlanabilir.

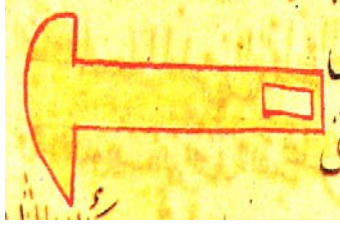


Şekil 2.38. 2. parçanın yandan görünüşü.

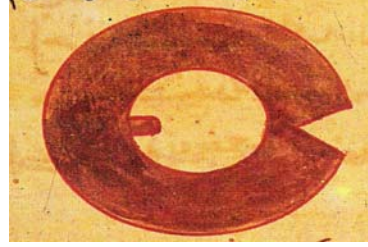


Şekil.2.39. 2. parçanın üstten görünüşü.

3. parça (b) 2. parçanın silindirine giren bir mil şeklindedir. Milin üst ucu  $m_3$  mandalı şeklinde oluşturulmuştur ve 3. parça bu mandal vasıtası ile çevrilerek 2. parçanın diski üzerindeki harflere göre ayarlanabilir. Milin alt ucunda kesit yarıya düşer ve mil iki kapak kalınlığı kadar kutunun içine doğru uzanır. Bu uzantıya dik, daha sonra içine 8. parçanın ( $r$ ) sürüleceği, kare kesitli bir delik açılmıştır.



Şekil 2.40. 3. parçanın yandan görünüşü.

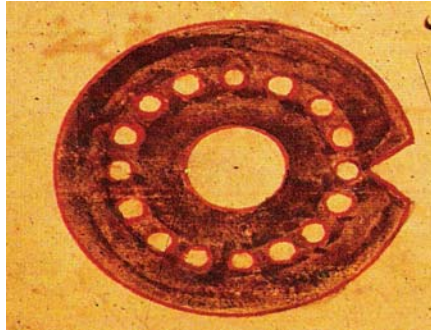


Şekil.2.41. 4. ya da 5. parçanın üstten görünüşü (özgün resimde pim hatalı olarak ters tarafa çizilmiştir).

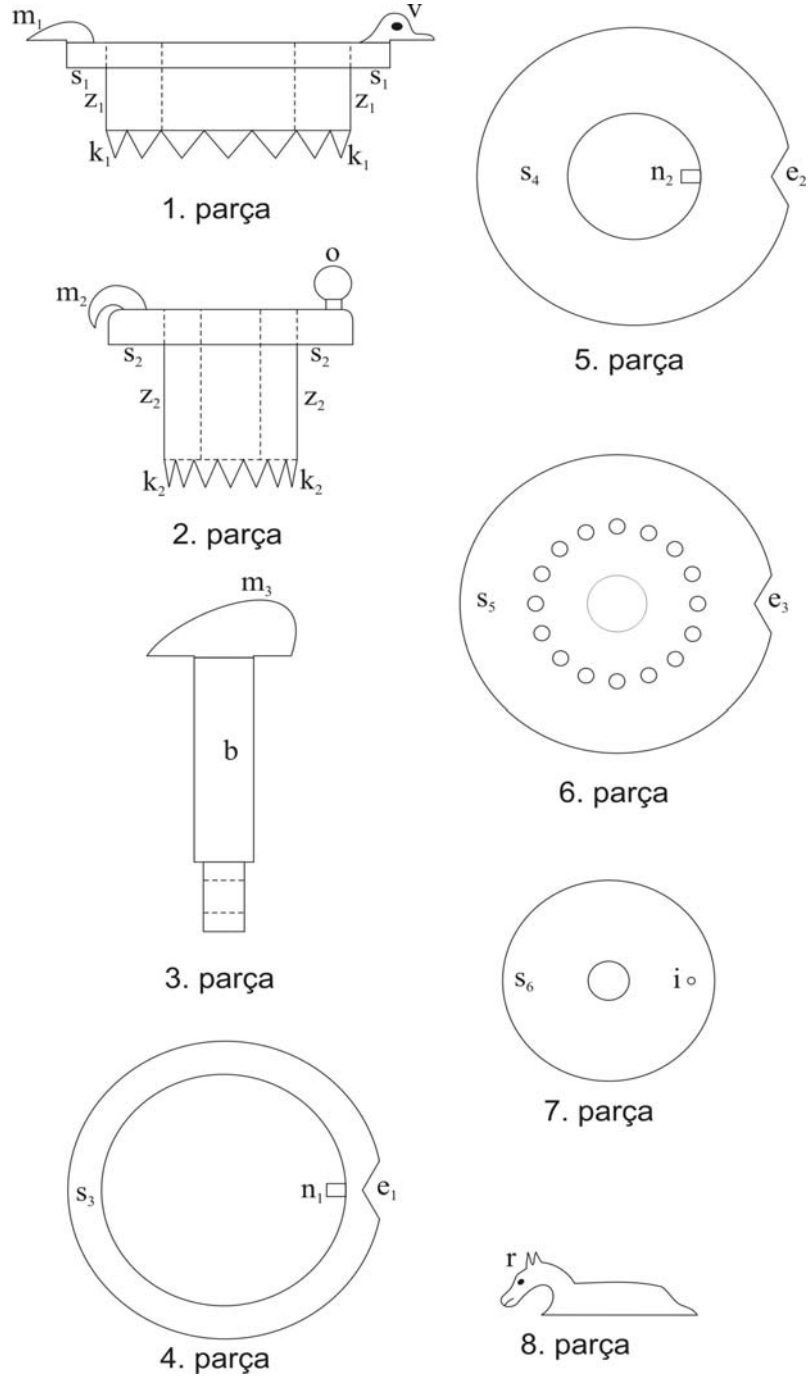
4. parça ( $s_3$ ) sadece bir diskten oluşur. Diskin ortasındaki deliğin çapı 1. parça silindirinden biraz daha fazladır. Disk deliğinin içinde eksene yönelik bir  $n_1$  pimi bulunur. Bu pim 1. parça silindirinin  $k_1$  ucundaki 16 dişten birine girecek şekilde silindirin alt tarafına çentik  $a$  kamasının karşısına gelecek şekilde takılır. Pimle aynı konumda ancak diskten dışa bakan kenarında bir  $e_1$  çentiği yer alır (bak Şekil 2.35).

5. parça ( $s_4$ ).4. parçaya benzer ancak iç deliği 2. parçanın silindiri içinden geçecek genişliktedir. Bu diskten iç deliğindeki  $n_2$  pimi 2. parça silindirindeki 16 dişten birine girecek uzunluktadır. Pimle aynı konumda ancak diskten dışa bakan kenarında bir  $e_2$  çentiği bulunur. Bu disk 2. parçanın üzerine, çentik  $a$  kamasının karşısına gelecek şekilde, harf şifresine uygun bir şekilde takılır (bak Şekil 2.35).

6. parça ( $s_5$ ).4. ve 5. disklerle eşit çaptadır. Ancak üzerinde yarıçapın yarısı çapında bir daire üzerinde 16 küçük delik açıktır. Deliklerin birinin karşısında diskten dış tarafında  $e_3$  çentiği bulunur. Bu disk 1. parçanın miline çentik  $a$  kamasının karşısına gelecek ve harf şifresine uygun bir şekilde takılır (Şekil 2.35, Şekil 2.43).



Şekil 2.42. 5. Parçanın üstten görünüşü.

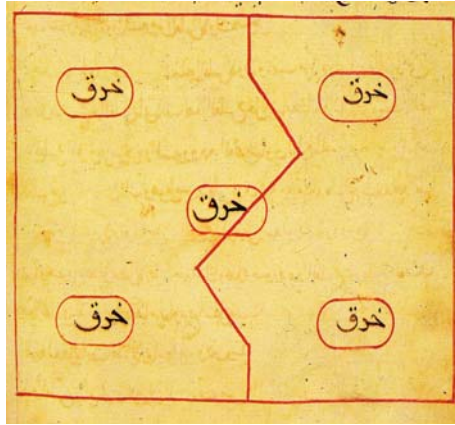


Şekil 2.43. Şifreli kilit silindirini oluşturan 8 parçanın çizimi.

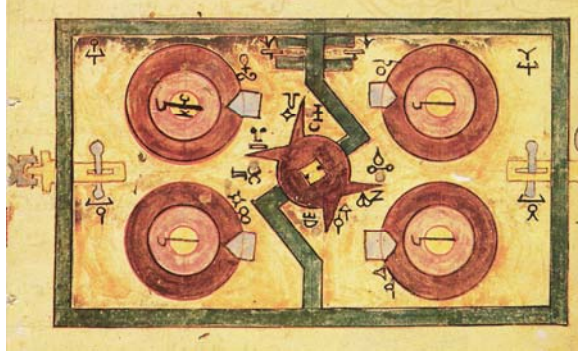
7. parça ( $s_6$ ) da disk şeklinde olmakla birlikte çapı diğerlerine göre  $2/3$  oranında daha küçüktür. Ortasındaki delikten ancak 3. parça milinin uzantısı geçebilir. Ayrıca üzerinde 6. parçanın kalınlığını aşmayan ve bu diskteki deliklere uyan bir  $i$  pimi bulunur. Disk kilit silindirinin altında pim deliklerden birine girecek şekilde yerleştirilir (bak Şekil 2.43).

8. parça ( $r$ ) tüm sistemi birleştiren at kafası şeklinde bir pimdir. Bu pim 3. parçanın uzantısına açılan kare kesitli deliğe sokulduğunda şifreli kilit kutu kapağına sabitleştirilir (bak Şekil 2.43).

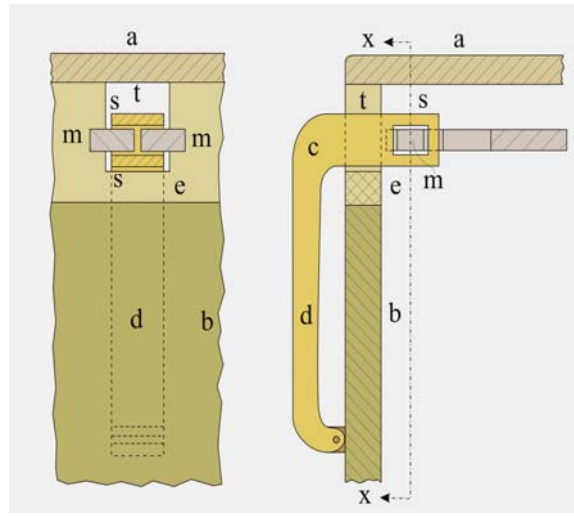
Üzerinde şifreli kilitlerin yer aldığı kasa kapağının hemen altında bir plaka mevcuttur ( $p$ ). Bu plaka enine zikzak bir çizgi boyunca iki eşit parçaya kesilir. Plakada şifre silindirlerinin bulunduğu noktalarda silindirlerden daha geniş 4 delik açılır. Ortasında anahtar göbeğinin yerleştirileceği 5. bir delik daha açılır. Kesik iki  $d$  ve  $h$  plakalarının kısa kenarında  $n$  ve  $o$  parçaları ile plakaya tutturulmuş bulunan ve kutunun yan kenarlarından dışarıya çıkan mafsallı çekme/itme halkaları (küpeler) vardır. Plaka kutunun üst kapağından daha küçük boyutta olduğundan bu kollar ile plaka parçaları dışa doğru çekilerek birbirinden ayrılabilir. Ancak bu hareket genellikle şifre silindirlerine çarpan 4 adet ucu sivri  $a$  kaması tarafından önlenir. Şifrenin her 4 şifreli silindirde doğru ayarlanmış olması halinde  $a$  kaması anahtar silindirindeki  $e_1$ ,  $e_2$  ve  $e_3$  yuvalarına girer ve ilgili plaka dışa doğru çekilerek ayrılır. Bu durumda plakanın açılmasını önleyen  $s$  mandalı plakanın  $g$  uzantısından kurtulur ve kutu kapağı açılır (bak Şekil 2.35).



Şekil 2.44. Şifre silindirlerinin altındaki plakanın üzerindeki delikler ve iki kısma ayrılması.



Şekil.2.45. Şifre silindirlerinin altındaki plakanın üzerindeki parçaların alt görünümü.

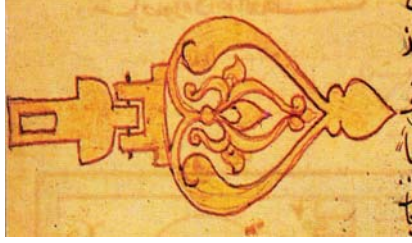


Şekil 2.46. Kutu mandalının tekrar yapımı.

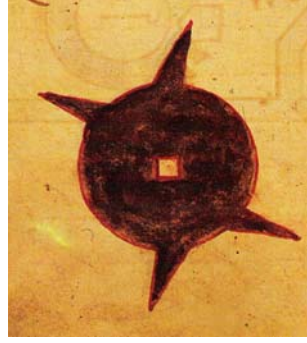
Mandal kutunun açılan yan kapağında bulunur. Menteşelerinin etrafında dönerek açılan *b* yan kapağının üzerine bir mafsalla tutturulmuş bulunan *d-c* mandalı, üzerinde şifre silindirleri bulunan *a* üst kapağının kenarındaki bir *f* deliğinden alt plakanın *g* çıkıntısına kadar uzanır. Mandalın *s* ucunda dikdörtgen kesitli bir delik vardır. *g* plakasının *m* uzantıları bu deliğe girerek mandalın dışarıya çıkmasını ve aynı zamanda *b* kutunun kapağının açılmasını önler.

Şifrenin doğru ayarlanması halinde, şifreli kilitlerin ortasındaki bir delikten bir anahtar sokulur. Anahtarın kare kesitli ucu kasa üzerine monte edilmiş, serbest dönebilen küçük bir diskin ortasındaki deliğe girer. Diskin kenarlarında bulunan 4

adet çıkıntı plakların her birinde bulunan 2 adet pimi (toplam 4 adet pimi) sağa ya da sola doğru öterler. Böylece plakalar anahtar vasıtasıyla birbirlerinden ayrılabilir ya da şifreler doğru ayarlandığında 4 adet  $a$  kaması şifreli kilit silindirleri üzerindeki  $e_1$ ,  $e_2$  ve  $e_3$  yuvalarına girer,  $c-d$  mandalı  $m$  engelinden kurtulur ve kutunun  $b$  kapağı açılır.

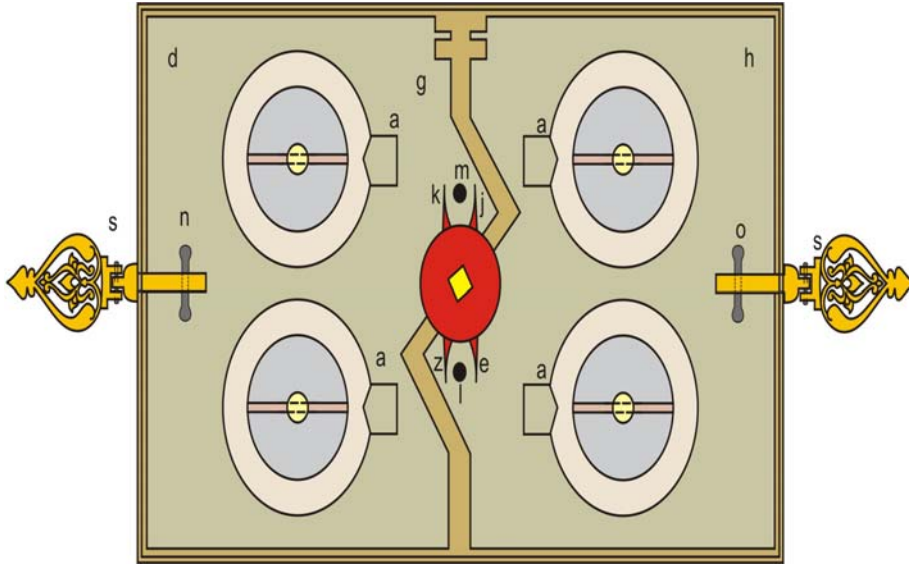


Şekil 2.47. Mafsallı kasa anahtarının görünümü.

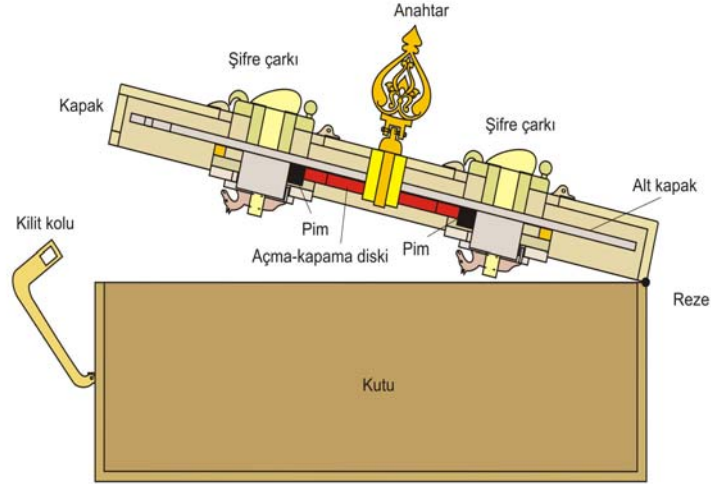


Şekil 2.48. Kasa anahtarının yuvası ve kapağı açma mekanizmasının görünümü.

Anlatımdan açıkça anlaşılacağı gibi, şifreli kilit son derece ilginç ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Modern şifreli kilitlerde uygulanan birçok elemana burada da rastlanır. Şifreyi çözmeye olasılığı adeta sıfır olduğuna göre kutuyu açmak için mandalı kesmekten başka çare yoktur. Mandalın kutu dışında bulunması kilit tasarımının en zayıf noktasını oluşturur.



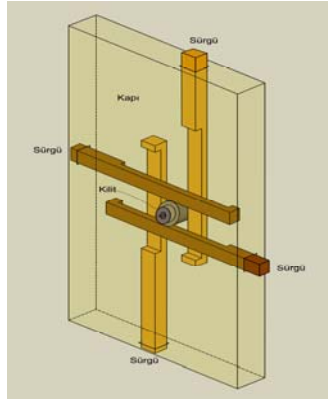
Şekil 2.49. Şifreli kilit kapağının alttan görünüşü.



Şekil 2.50. Açık şifreli kutunun yandan görünüşü.

#### 2.1.4.2. El-Cezeri'nin dört sürgülü kasa kapısı kilidi

El-Cezeri'nin "Kitab el-Hiyel" adlı eserinin 6. Bölümünde, 4. Düzen olarak bir ahşap kapiya takılan kilit mekanizması ve buna bağlı olan bir sürgü sistemi anlatılmaktadır. Düzen günümüzde çelik kasa kapılarında bulunan sürgü sistemlerine ya da kıymetli eşyaların korunduğu yerlerdeki kapıların takviyeli kilitlerine şaşılabacak derecede benzerlik göstermektedir. Kilit sistemiyle dört adet kapı sürgüsünün bir anahtar vasıtasıyla kapı kasası ve eşliğindeki özel yuvalara sokulması ya da çıkarılması amaçlanmaktadır (Şekil 2.51).

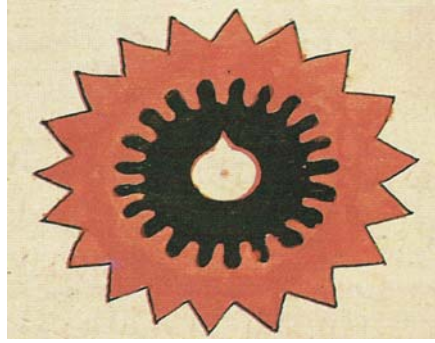
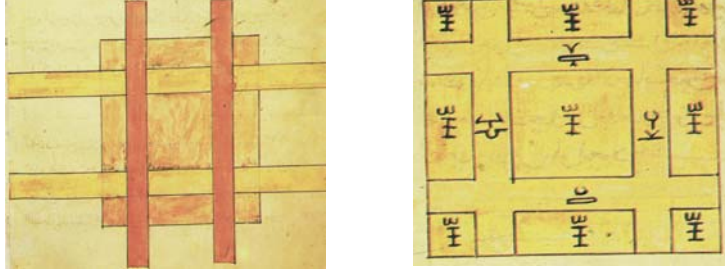


Şekil 2.51. Dört sürgülü kasa kapısı kilidinin genel görünüşü.



Şekil 2.52. Dört sürgülü kasa kapısı kilit modeli (Sezgin, 2003).

Biri kapı eşiğinde, diğer üçü sağ, sol ve üst kapı kasasındaki yuvalara sürülecek olan sürgüler kare kesitli som ağaç kalaslardan oluşur. Kapı boyutlarına ve kapı kilidinin konumuna bağlı olarak yatay konumlu sürgüler dikey konumlu sürgülerden daha uzundur. Kilit mekanizmasının bulunduğu yerde sürgüler kesiştiğinden sürgülerin kilit mekanizmasıyla öteleneceği mesafe boyunca sürgü kesitleri karşılıklı olarak yarıya düşürülür. Yatay sürgülerde düşük kesitli kısmın dış tarafına, dikey sürgülerde ise düşük kesitli kısmın iç tarafına, sürgünün hareket mesafesi boyunca diş açılır (Şekil 2.51).

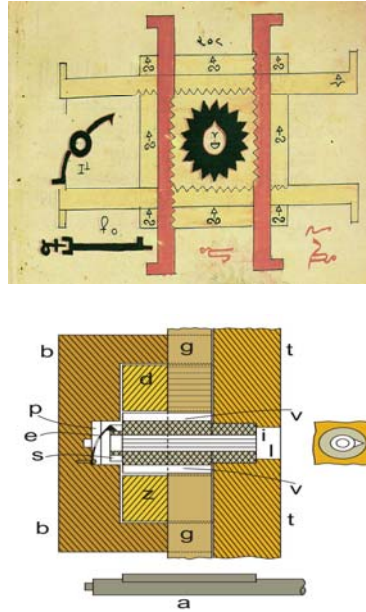


Şekil 2.53. Dört sürgülü kasa kapısı kilidinin çeşitli parçalarına ilişkin özgün çizimler.

Hazırlanan sürgüler, içlerinde kolay hareket edebilecekleri kanallar bulunan bir takozla yerleştirilir. Kilit mekanizmasının kabını oluşturan bu takozun açık tarafı kapının iç tarafına gelecek şekilde düzenlenir. Sürgü dişlilerinin tümü içe doğru yönelik bir şekilde, takozla önce yatay sonra dikey sürgüler yerleştirilir. Takozda sürgülerin ortasına açılan delikte anahtar silindirin rahatça dönebileceği bir yuva oluşturulur. Bu yuvaya oturan çelik silindirin dış yüzeyine sürgülerdeki dişlere uyumlu dişler açılır (bak *Şekil 2.54*). Silindir yuvasına oturtulurken dış yüzeyindeki dişler sürgülerdeki dişlere geçirilir. Silindirin ortasında yuvarlak bir delik ve bu deliğin bir kenarında delik boyunca boydan boya uzanan bir kanal bulunur. Silindirin takozdan dışarıya taşan ucu ahşap kapıda açılan bir deliğin iç tarafındaki bir yuvaya oturur. Silindir deliği yuvada ve takoz serbest hareket edebilen sürgülerle birlikte kapıya tespit edilir (bak *Şekil 2.53*).

Kapıyı açabilmek için silindirin ortasındaki deliğe ve kanala uygun bir anahtar yardımıyla silindiri çevirmek gerekir. *Resim 34*'ün üst sol tarafında görüldüğü gibi bu özelliğe sahip mafsallı bir anahtar önerilmiştir. Bu tür anahtarlar anahtar deliğine sokulduğunda mafsallı kısım eksenini etrafında  $90^\circ$  çevrildiğinde oluşan krank kolu anahtarın deliğinde daha kolay çevrilebilmesini sağlar.

Sürgü mekanizmasını, özel anahtar dışında açılmasını önlemek için silindirin takozla yerleştirildiği yatağın dibine bir yuva açılarak çelik bir yay yerleştirilir (bak tekrar yapım çizimi *Şekil 2.54*). Bu yayın serbest ucu silindirin kenarına açılmış bulunan dişlerin arasına girerek silindirin dönmesini önler. Ancak silindir deliğine uzunluk, kesit ve kanal genişliği uygun bir anahtar sokulduğunda anahtarın ucu yay üzerindeki bir delikten girerek yayı takozla doğru iter ve yayın serbest ucunu dişlerden kurtarır.



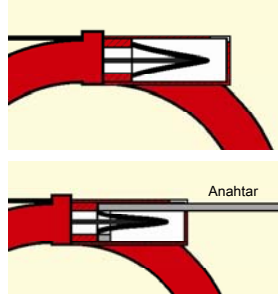
Şekil 2.54. Dört sürgülü kasa kapısı kilidine ilişkin özgün çizim ve yeniden kurulmuş kilit kesiti çizimi.

Çevirme işlemi sırasında yay takozun içindeki bir özel yuvaya itildiğinden, çelik yay sürgülerin ötelenme işlemi engellemez. Ancak anahtar deliğinden geri çekilince yay eski konumuna gelir, gerektiğinde silindir biraz sağa ya da sola doğru çevrildiğinde yayın ucu dişlerin arasına girer ve silindir daha fazla dönmelerini, diğer bir deyişle sürgülerin açılmasını önler. Mekanizmanın kapının dışından görünüşü Şekil 2.51’de verilmiştir. Sürgülerin uçlarındaki çıkıntılar sürgülerin anahtar tarafından fazla çevrilmesini önlemeye yarar. Çıkıntılar engellere dayanır ve böylece sürgülerin aşırı ötelenmesi ve dişsiz kısımlara geçmesi önlenir.

Çizim yüzeyine dik durması gereken çelik yay ve anahtar gibi elemanlar, o dönemde perspektif gösterim kullanılmadığından, çizim yüzeyine yatırılarak betimlenmiştir. Çizim ve anlatımdan açıkça anlaşılacağı gibi, bu tür mekanizmalar günümüzde çelik ev kapıları modern çelik kasa kapılarında yaygın uygulanma alanı bulmaya devam eder. Günümüzdeki dilli ve engelli anahtarlar, kilit mekanizmasının maymuncuk kullanmadan eğitimsiz kişilerce açılması önlediğinden, kilit göbeğinin dönmelerini engelleyen yaya artık gerek duyulmamaktadır.

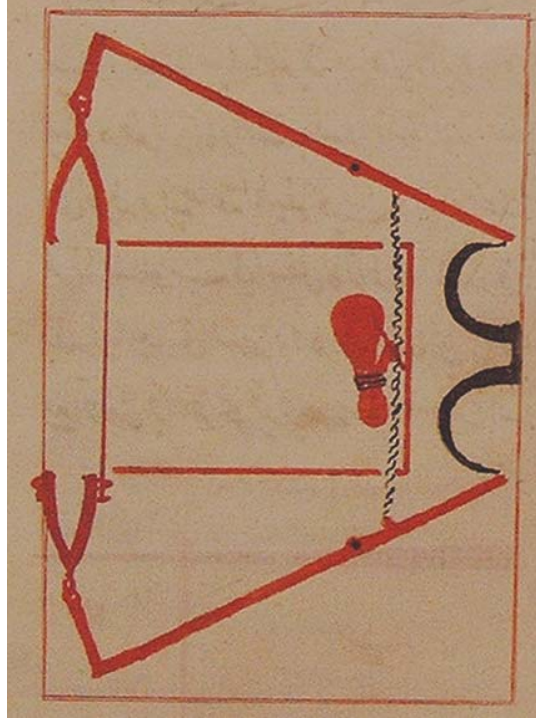
#### 2.1.4.3. Takiyuddin’ in kasa kilidi mekanizması (Bir ve ark., 2006)

Takiyeddîn bin Ma’rûf el-Râsîd’in ‘utañ kilidi’<sup>6</sup>, içi para dolu bir keseyi almak için elini uzatan kişiyi bileklerinden kapam, hırsızın utandırmaya yöneliktir (Şekil 2.56).



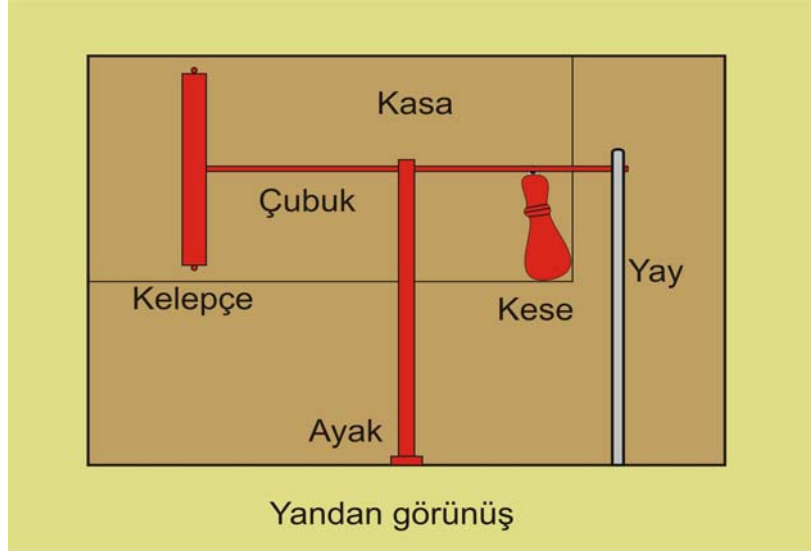
Şekil 2.55. Kelebek kanadı şeklindeki kelepçe kilidin kapanması (yanda) ve anahtar yardımıyla açılması (aşağıda).

<sup>6</sup> Takiyeddîn bin Ma’rûf el-Râsîd 1525 tarihinde Şam’da doğmuş ve 1585 tarihinde İstanbul’da ölmüştür. 1579- Sultan III. Murad (1595–1603) döneminde İstanbul’da kurması istenen gözlemevi 1580 tarihinde aynı padişah tarafından yıktırılmıştır. Burada söz konusu edilen kilit, halen Kandilli Gözlemevi Kütüphanesi’nde (No. 96) bulunan *el-Turuk el-Seniyye fi’l- Alet el-Ruhâniye* (Ruhânî aletler ya da otomatlar konusundaki yüce yöntemler) adlı kitabında yer almaktadır.

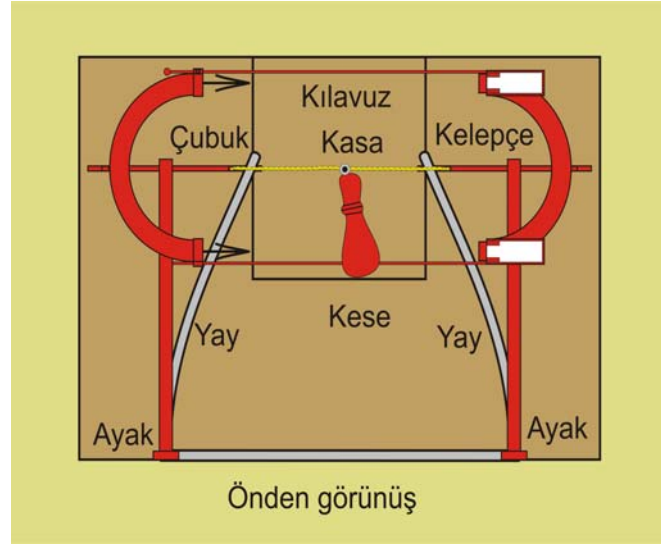


Şekil 2.56. - Takiyeddîn bin Ma'rûf el-Râsîd'in 'utanç kilidi'ne ilişkin özgün çizim (Takiyüddin al-Rasid, 1580).

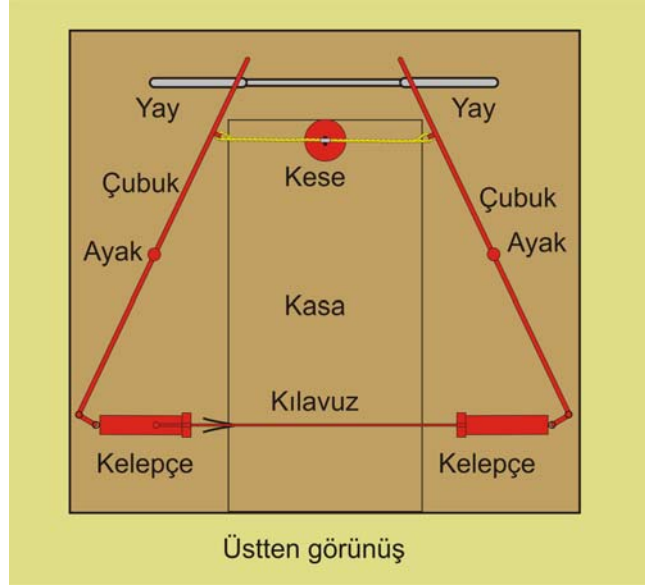
Birleştiğinde bir kelepçe şeklini alan düzen birbirleriyle iki adet kılavuz çubukla ilişkili iki yarım daireden oluşur. Yarım dairelerin her biri mafsallı bir kaldıraçla kutunun arkasında kurulu bir yaya bağlıdır. Yayın hareketini kutunun dibinde bulunan ve üzerinde bir kese altının bağlı bulunduğu bir zincir tarafından önlenir. Bir hırsız kutu kapağını açar ve elini sokarak altın dolu keseyi almak isteyince yayın kapanmasını önleyen zincir yayı serbest bırakır ve yarı dairesel kelepçe parçaları kılavuz çubuklar boyunca iter. Kelepçelerde kelebek kanadı şeklinde iki adet yay mevcuttur. Bu yaylar karşılarındaki yuvalara girdiğinde hırsız kasa sahibi gelerek kendisini kurtarıncaya kadar bileğinden kasaya bağlı kalır (Şekil 2.57).



Şekil 2.57. Utanç kilidinin yandan görünüşüne ilişkin tekrar yapım çizim.



Şekil 2.58. Utanç kilidinin önden görünüşüne ilişkin tekrar yapım çizim.



Şekil 2.59. Utaç kilidinin üstten görünüşüne ilişkin tekrar yapım çizim.

Kasa sahibi hırsız özel bir anahtarla kurtarabilir. Bunun için bilekliğin her iki kenarlarındaki bir delikten soktuğu iki adet anahtar yardımıyla kilidin içindeki kelebek kanadı şeklindeki yayı bastırması, kurgu yaylarını geriye itmesi ve altın kesesinin bağlı bulunduğu zinciri kaldıraç koluna tekrar takarak yayların kurulu kalmasını sağlaması gerekir. Kasa, kilit sistemini tetikleyen altın keseye dokunulmadığı sürece alışıldığı şekilde kullanılmaya devam edilebilir.

### 2.1.5. Osmanlıdan Günümüz Geleneksel Kilit ve Anahtarları

Roma İmparatorluğu'ndan sonra en uzun varlığını sürdüren Osmanlı İmparatorluğu, 16. yüzyıldan itibaren büyük zaferler kazanmış ve bu zaferlerle birçok kaleyi kendi sınırlarına katmayı başarmıştır. Bu dönemlerde bu kalelerin anahtarları harp ganimeti olarak saraya getirilip toplanıyordu. O devirlerden günümüze kadar korunarak taşınan Kabe Anahtarları, Harsova, Ruscuk, Silistre Kaleleri gibi birçok kale kapılarına ait anahtarlar Topkapı Sarayı Müzesi'nde koleksiyonlar arasında saklanmaktadır (Ünal, 1963). Koleksiyonda 27 gümüş, 10 tahta ve 97 demir anahtar mevcuttur. Gümüş kale anahtarlarını II. Sultan Mahmud kendi döneminde yaptırarak, kaleleri itinayla tamir ettirmiştir (Aslanapa ve ark., 1981).



Şekil 2.60. Silistre Kalesi' nin gümüş anahtarı.

Osmanlı döneminde ve halen günümüzde kullanılan farklı türde birçok kilit bulunmaktadır. Bu kilitler sürgülü ve mandallı kapı kilitleri ile yaylı, burgulu ve şifreli asma kilitlerdir.



Şekil 2.61. El yapımı işlemeli burgulu asma kilit.

Kapı kilitlerinde sürgü ve mandal bir anahtar aracılığı ile açılır. Yaylı asma kilit mekanizmalarının yapıları ise Roma Dönemi kilit mekanizmalarının sistemi gibidir.

Ayrıca farklı bir yay mekanizması olan kilit türü de yayı kelebek kanadı şeklinde olan kilittir. Bunun bir örneği olarak aşağıda Kabe Kilidi ve Anahtarı verilebilir.

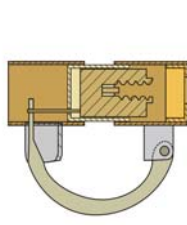


Şekil 2.62. Yayı kelebek kanadı şeklinde anahtar sokulmuş ve çıkarılmış konumdaki Kâbe kilidi ve anahtarı (Topkapı Sarayı Müzesinde korunan Kâbe Kilitleri, IRCICA Yayınları, İstanbul 1993).

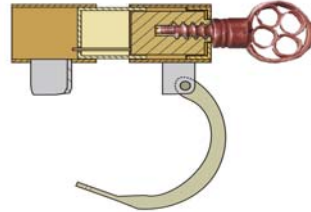
Günümüz asma kilit mekanizmalarında, yoğun bir biçimde görülen bir başka kilit mekanizma türü ise burgulu asma kilit mekanizmalarındadır. Bu türdeki kilitlerde anahtarın uç kısmı vida biçiminde olup dönme hareketi yapar. Aşağıda burgulu asma kilit mekanizmasının çalışma prensibi, açık ve kapalı durumlarıyla, resim ve çizimler yardımıyla gösterilmiştir.



Şekil 2.63. Burgulu asma kilit.



Şekil 2.64. Burgulu asma kilit kapalı konumu (Bir ve ark., 2006).



Şekil 2.65. Burgulu asma kilit açık durumu (Bir ve ark., 2006).

Yıllar yılı kilit yapımı insanların el sanatlarındaki maharetlerini ortaya çıkaran en önemli etkenlerden biridir. İnsanoğlu gerek taş, gerek ahşap ve demir, gerekse farklı maden türlerinden yapmış oldukları kilitlerle bu mekanizmaların

nesilden nesile aktarılmasına neden olmuşlardır. Günümüzde de ülkemizin farklı beldelerinde halen kilit ustaları, bu güzel geleneği sürdürmektedirler. Kendi büyüklerinden öğrendikleri bu sanatı geliştirerek günümüze ve sonraki nesillere taşımaktadırlar. Ülkemizde Bolu, Kütahya, Safranbolu gibi birçok yerde farklı türde yapılan ahşap, demir kilit örneklerine rastlamak mümkün. Ayrıca geçmişten günümüze kilit ve anahtarlarının birçok koleksiyoner tarafından toplandığı da görülmektedir. Çengelhan Rahmi M. Koç Sanayi Müzesi'nde çok sayıda kilit örnekleri sergilenmektedir.



Şekil 2.66. Ahşap Gerede KİLİDİ ve anahtarı.



Şekil 2.67. Ahşap Gerede KİLİDİ.



Şekil 2.68. Ahşap Gerede KİLİDİ iç mekanizması.

### 3. MEKANİZMALARIN ÇALIŞMA ŞEKLİNİN MODELLEMESİNDE KULLANILAN TEMEL KİNEMATİK BİLGİLER

#### 3.1. Mekanizmalar ve Kinematik

Kinematik, hareketli noktaların (veya nokta cümlelerinin) hareket modellerini belirlemeye çalışan bir disiplindir. İnceleme alanına giren nesnelere katı cisimler adı verilen, “yer değişme durumunda noktalar arasındaki uzaklık değişmez” özelliğine sahip olan cisimlerdir. Katı cisimler birlikte ve birbirine göre hareket etmelerini sağlayan bağ (link) adı verilen bağlayıcılarla birlikte “mekanizma” adı verilen yeni bir yapı oluştururlar. Kinematik, tanımlanan mekanizmaların matematiksel modellemesini çalışır.

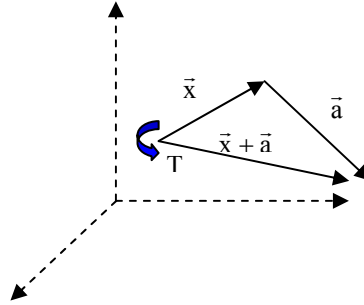
Bir mekanizma, sonlu sayıdaki katı cisim ve bu cisimleri bağlayan bağlardan oluşur. Mekanizma bağlantıları, bağlı olduğu cisme yaptırdığı hareket türü ile isimlendirilir. Hareket türleri, öteleme, dönme ayrıca bunların ardışık ve birlikteki bileşkeleridir. Öncelikle öteleme ve dönme hakkında gerekli bilgiyi verelim.

#### 3.2. Öteleme

$\mathbb{R}^3$  de  $\vec{a} \in \mathbb{R}^3$  sabit bir vektör olmak üzere,

$$T: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$$
$$\vec{x} \rightarrow T(\vec{x}) = \vec{x} + \vec{a}$$

ifadesiyle tanımlanan  $T$  dönüşümlü  $\vec{a}$  sabit vektörü ile tanımlı öteleme dönüşümü ile tanımlı öteleme dönüşümü denir.

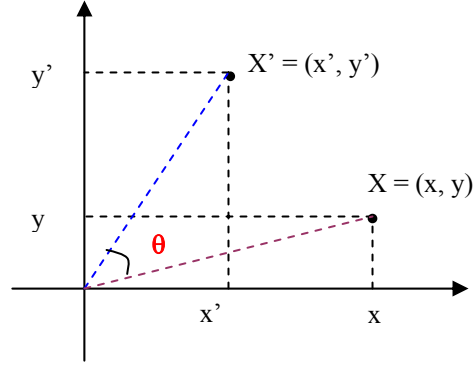


Şekil 3.1.  $T: \vec{X} \rightarrow \vec{x} + \vec{a}$  öteleme hareketi.

Ötelemeler uzaklık koruyan dönüşümlerdir. Ötelemelerin sabit noktası yoktur.

### 3.3. Dönme

$\mathbb{R}^n$  de,  $\mathbb{R}^n$  nin bir noktasını sabit bırakan ve uzaklık koruyan dönüşüme,  $\mathbb{R}^n$  de bir dönme denir. Sabit nokta genel olarak  $\vec{O}=(0,\dots,0) \in \mathbb{R}^n$  orijin noktasıdır.  $\mathbb{R}^2$  de  $\theta$  derecelik bir dönmenin ifadesini hesaplırsak,



Şekil 3.2..  $\theta$  Derecelik dönme.

$R_\theta(0)$  ile, O noktasını sabit bırakan  $\theta$  derecelik dönme ifade edilsin.

$$R_\theta(X) = X'$$

ise,

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \theta + y \sin \theta \\ y' &= -x \sin \theta + y \cos \theta \end{aligned}$$

veya matris çarpımı notasyonlarıyla,

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

verilebilir. Kısa gösterimi ile;

$$\vec{X}' = [R_\theta] \cdot \vec{X}$$

yazılabilir. Burada  $[R_\theta]$  matrisi,  $R_\theta^T = R_\theta^{-1}$  özelliğine sahip bir matristir ve tanım gereği  $R_\theta$  matrisi bir ortogonal matristir.

$R_\theta$  nın matris formu,  $R^n$  için  $[A]$  ile ifade edilsin.  $[A]$  matrisi de  $[A^T].[A] = [I]$  özelliğine sahiptir. Şöyle ki;

$$\begin{aligned} A(\vec{X}) &= \vec{X}' \\ A(\vec{Y}) &= \vec{Y}' \end{aligned}$$

olmak üzere,

$$\begin{aligned} \|\vec{Y}' - \vec{X}'\| &= \|A(\vec{Y}) - A(\vec{X})\| \\ &= \|A(\vec{X} - \vec{Y})\| \end{aligned}$$

dir.  $\|\cdot\|$  ile  $R^n$  deki Öklid metriği gösterildi. Uzaklık fonksiyonu için,

$$d(\vec{X}, \vec{Y}) = \|\vec{Y} - \vec{X}\| = \sqrt{(\vec{Y} - \vec{X})^T \cdot (\vec{Y} - \vec{X})}$$

eşitliği kullanılırsa;

$$\begin{aligned} \|A(\vec{Y} - \vec{X})\| &= \sqrt{(A(\vec{Y} - \vec{X}))^T \cdot A(\vec{Y} - \vec{X})} \\ &= \sqrt{(\vec{Y} - \vec{X})^T \cdot A^T \cdot A \cdot (\vec{Y} - \vec{X})} \end{aligned}$$

ve bu ifadenin

$$\|\vec{Y} - \vec{X}\| = \sqrt{(\vec{Y} - \vec{X})^T \cdot (\vec{Y} - \vec{X})}$$

ifadesine eşit olması için  $[A^T].[A] = [I]$  olması gerekir. Yani  $A$  matrisi bir ortogonal matristir.

### 3.4. Tanım

$A$  bir  $n \times n$  reel matris olsun.

$$A(\vec{X}) = \lambda \vec{X} \quad (\lambda \neq 1)$$

eşitliğini sağlayan  $\lambda$  ya  $[A]$  nın karakteristik değeri,  $\vec{X}$  e de  $[A]$  nın  $\lambda$  ya karşı gelen karakteristik vektörü denir.

Bir  $[A]$  matrisi ile tanımlı lineer dönüşüm  $L$  iken,  $[A]$  nın karakteristik vektörü  $\vec{X}$  ise bunun anlamı şudur:  $L: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  lineer dönüşümü altında  $\vec{X}$  in taşıyıcı doğrusu bir bütün olarak değişmez (invariant) kalır.

### 3.5. Teorem

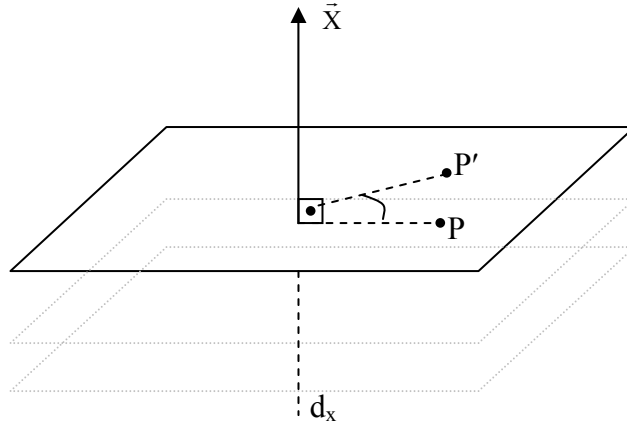
$[A]$  bir  $3 \times 3$  ortogonal matris olsun.  $[A]$  nın üç tane karakteristik değeri vardır.  $\lambda_1 = 1$  ve  $\lambda_{2,3} = \cos \theta \pm i \sin \theta$  dir (Bottema, Mc Carthy).

Yani  $[A]$  bir  $3 \times 3$  ortogonal matris iken,  $[A]$  ile belli olan lineer dönüşüm,

- a)  $\lambda = 1$  ile belli olan  $\vec{X}$  vektörüne karakteristik vektör kabul eden,  $\vec{X}$  ile belli olan doğrultu değişmez kalır.
- b)  $\lambda_{2,3} = \cos \theta \pm i \sin \theta$  sanal eşlenik iki köktür ve bir düzlem tanımlarlar.
- c) Farklı karakteristik değerlere karşı gelen karakteristik vektörler dik olduğundan  $\vec{X}$  in belirlediği doğrultu  $\lambda_{2,3}$  ve  $X_2, X_3$  vektörleri ile belirli olan düzleme diktirler.

### 3.6. Sonuç

$\mathbb{R}^3$  te dönmeler düzlemsel hareketlerdir ve dönmeler  $\lambda = 1$  e karşı gelen karakteristik vektöre dik olan düzlemlerde oluşurlar.



Şekil 3.3.  $X_2, X_3$  vektörleri ile belli olan düzlem.

$\vec{X}$  vektörü ile belli olan  $d_x$  doğrusuna R dönmesinin dönme eksenini adı verilir.

### 3.7 Vida Hareketi

$\mathbb{R}^3$  te,  $[A] \in O(3)$ ,  $\vec{a} \in \mathbb{R}^3$  olmak üzere;

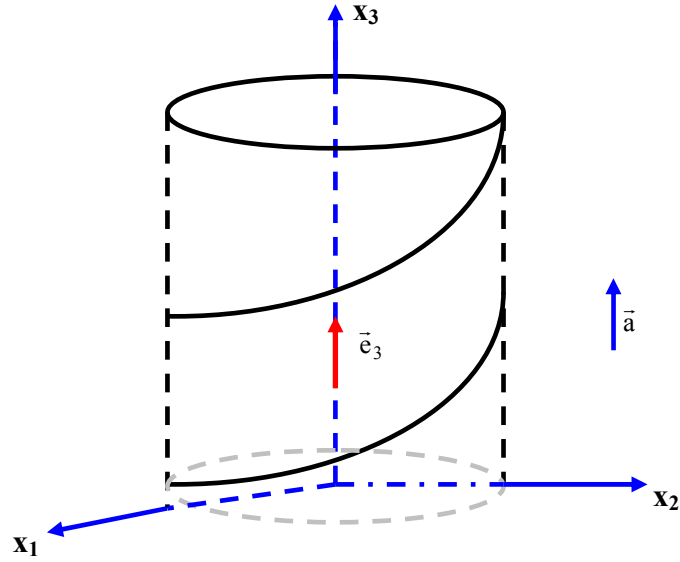
$$V : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$$

$$\vec{X} \rightarrow V(\vec{X})$$

$$V(\vec{X}) = [A] \cdot \vec{X} + \vec{a}$$

ile verilen dönüşüme vida hareketi denir.

$\vec{a}$  ile  $[A]$  nın  $\lambda = 1$  e karşı gelen karakteristik vektör paralel ise V vida hareketi altında bir noktanın yörüngesi, dik dairesel silindir üzerinde bir helis eğrisidir.



Şekil 3.4.  $\vec{e}_3$  :  $[A]$  nın  $\lambda = 1$  e karşı gelen karakteristik vektörü.

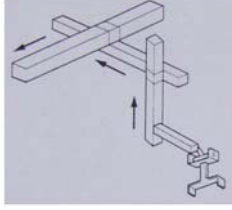
şekil ile verilen vida hareketinin matris formu;

$$\begin{bmatrix} X' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & \bar{a} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ 1 \end{bmatrix}$$

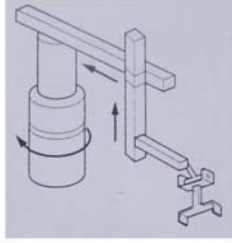
şeklinde verilebilir (Mc Carthy).

### 3.8 Mekanizma Bağlantı Türleri

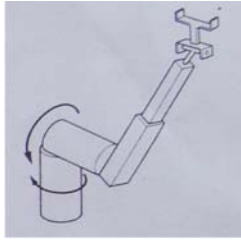
$R^3$  te bir mekanizma, bağ (link) larının yaptığı (veya yaptırdığı) hareketin kinematik karşılığına göre isimlendirilir. Temel olan türler şunlardır:



Kartezyen robot modelleme



Silindirik robot modelleme



Küresel robot modelleme

Şekil 3.5. Robot modellemede kullanılan temel koordinat biçimleri (Niku, 2001).

Kilit mekanizmalarının matematiksel modellemesinde benzer düşünce sistematigi kullanıldı.

#### 4. KİLİT MEKANİZMALARININ KİNEMATİK YÖNDEN İNCELENMESİ

Kilit mekanizmaları kinematik açıdan ele alınarak incelenebilir. Tezin bu bölümünde farklı türden kilit mekanizmaları, kilitleme işlemini üstlenen kısmın yaptığı hareket ve uygulanan hareket biçimi yönünden ele alınarak incelenecektir.

Kilit, temel olarak, kilit üzerinde bulunan ve kapama işlevini üstlenen, genelde mandal olarak adlandırılan hareketli parçanın hareketiyle çalışan bir mekanizmadır. Mandal, hareketli sistem ile sabit sistem arasında, sabitleme (kilitleme) işini üstlenir. Kilitleme işini yaparken, kinematik olarak, dönme, öteleme, ötelemeli dönme, dönmeli öteleme hareketlerinden birini yapar. Mandala hareket sağlayan anahtar mekanizması da benzer hareketlerden birini yapar. Böylece kilit-anahtar ikilisi (K, A) ile ifade edilirse,

$$(K, A) : (H_1, H_2)$$

alınır. Bu gösterimde,

$H_1$  : Kilitteki mandalın yaptığı hareket

$H_2$  : Mandala hareket sağlayan mekanizmanın yaptığı hareket

anlaşılır. Burada  $H_1$  ve  $H_2$ ; T: öteleme, R: dönme, RT: dönmeli öteleme, DH: dejenere hareket, V: burgu(vida) hareketlerinden biri veya birkaçının bileşkesidir.

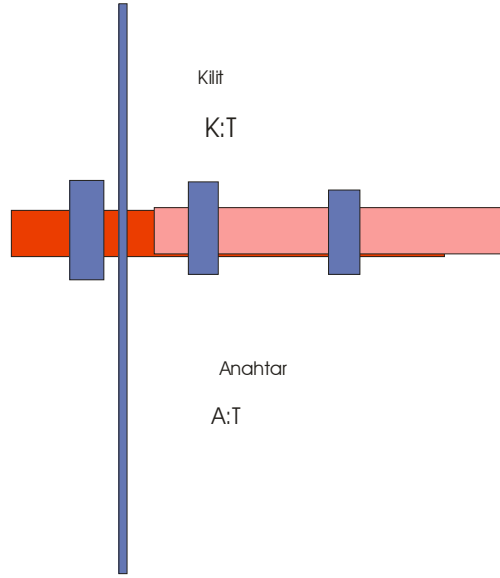
##### 4.1. (K, A) : (T, T) Türündeki Kilit Mekanizmaları

En basit kilit mekanizması, hem kilitleme görevini üstlenen parçanın (mandal\mafsal) hem de buna uygulanan hareketin, düz doğrusal hareket ( öteleme ) yaptığı bir mekanizmadır.

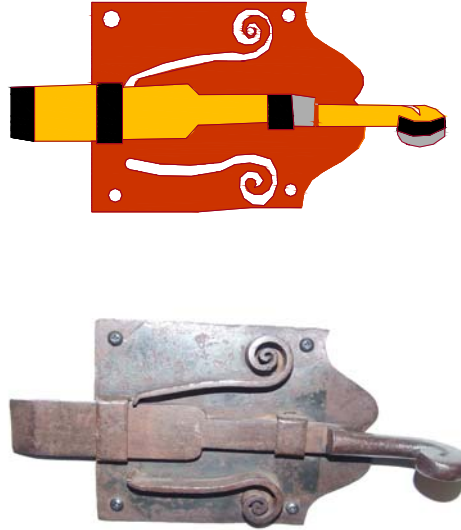
Yazımsal olarak bu ikili, (K,A) : (Mandalın yaptığı hareket, Uygulanan Hareket) ile sembolize edilirse;

$$(K, A) : (T, T)$$

eşitliği, ilgili mekanizmayı belirler ( bak Şekil 4.1. ) .



Şekil 4.1. Sürgülü kilit mekanizması.

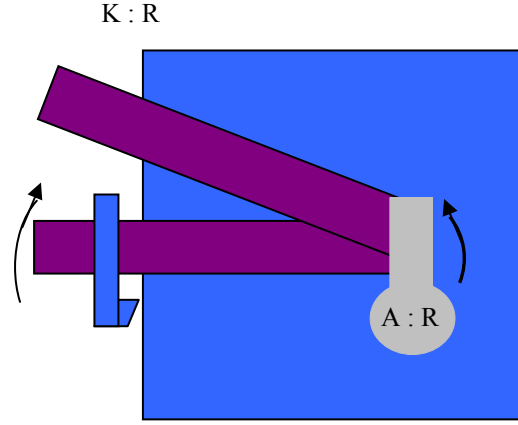


Şekil 4.2. Sürgülü kilit örnekleri.

#### 4.2. (K, A) : (R, R) Türü Kilitler

Diğer bir mekanizma türü ise, bir anahtar vasıtasıyla hareketin başlatıldığı kilit düzeneğidir. Buradaki hareket, dönme hareketi olup mandalı harekete geçirir. Böylelikle mandal da dönme hareketi yapar.

Bu da (K, A) : (R, R) hareketi demektir.



Şekil 4.3. Dönme hareketli kilit mekanizması.

Hareketin matris formu; anahtar göbeğinin orta noktası  $0 = (0,0)$  olmak üzere;

$$[R] = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

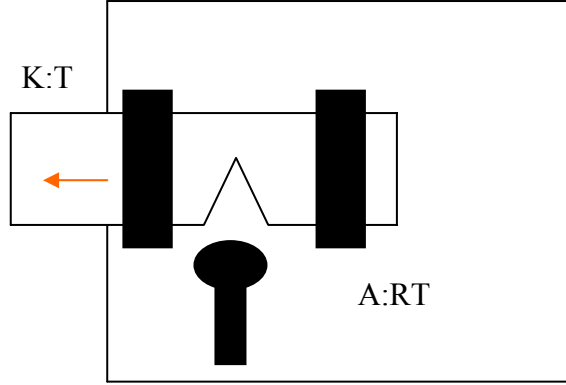
ile verilebilir.



Şekil 4.4. Dönme hareketli kilit örneği.

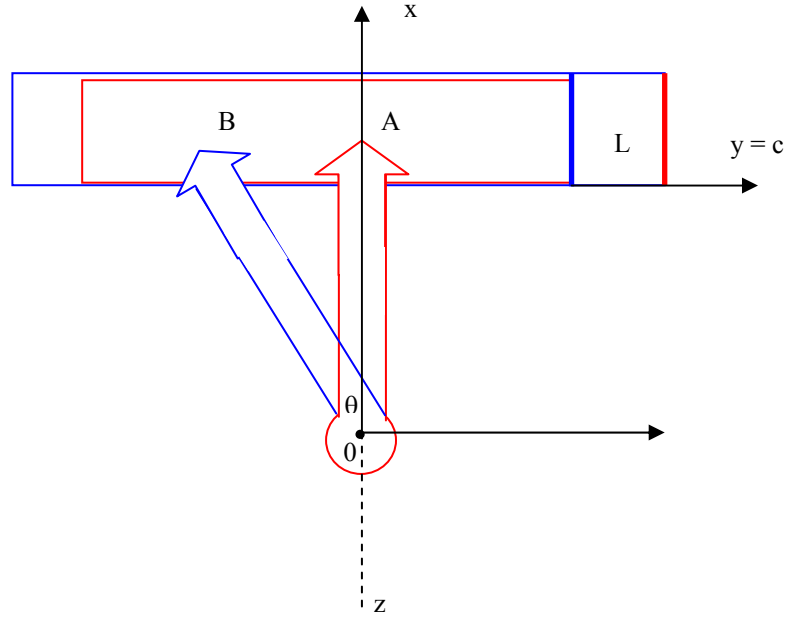
#### 4.3. (K, A) : (T, RT) Türü Kilit Mekanizmaları

Kilit mekanizmalarının üçüncü türü ise anahtarın dönme, kilidin öteleme hareketi yaptığı türdür.



Şekil 4.5. Dönmeli öteleme hareket sistemi-1.

Anahtar görünüş olarak dönme hareketi yapıyor gibi olmasına rağmen, anahtarın kilide uyguladığı hareket bir dönmeli ötelemedir. Şöyle ki;



Şekil 4.6. Dönmeli öteleme hareket sistemi-2.

Anahtarın dönme eksenini z eksenine, dönme merkezi orijini noktası ve dönme düzlemi xoy düzlemi olsun. Kilitin kapama mafsali, anahtarın etkisiyle A konumundan B konumuna gider. Mafsal kilit üzerinde belli bir olukta hareket edeceği için bir öteleme hareketi yapar. Öteleme vektörü,  $(L,0)$  dir. Anahtar mafsali üzerindeki her nokta,

$$(x,y) \rightarrow (x-L,y)$$

dönüşümüne uğrar. Buna bağlı olarak hareket matrisi

$$[K] = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & d_1 \\ -\sin\theta & \cos\theta & d_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y_0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x - L \sin\theta \\ y_0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

şeklindedir.  $\theta$  derecesi belli olduğuna göre  $(d_1, d_2)$  öteleme vektörü hesaplanmalıdır. Yukarıdaki eşitlikten,

$$\begin{aligned} x \cdot \cos\theta + y_0 \cdot \sin\theta + d_1 &= x - L \sin\theta \\ -x \cdot \sin\theta + y_0 \cdot \cos\theta + d_2 &= y_0 \end{aligned}$$

ve buradan  $d_1$  ile  $d_2$  ötelemeleri,

$$\begin{aligned} d_1 &= (1 - \cos\theta) \cdot x - (y_0 + L) \sin\theta \\ d_2 &= x \cdot \sin\theta + (1 - \cos\theta) \cdot y_0 \end{aligned}$$

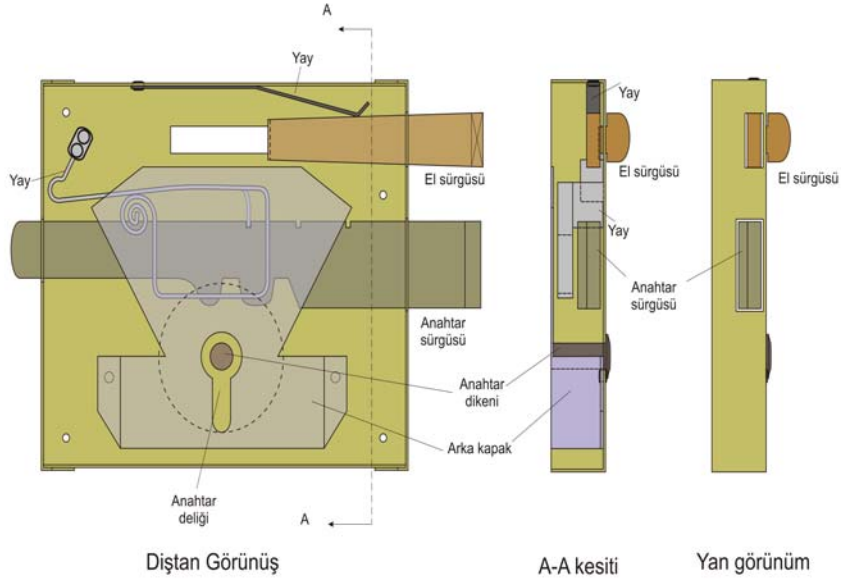
olarak elde edilir. Buna göre,

$$(K, A) : (T, RT)$$

eşitliği yazılabilir.



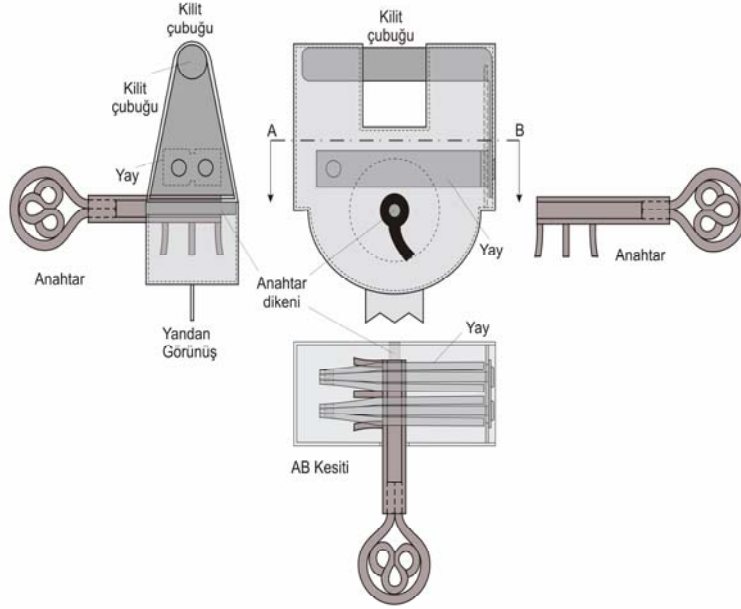
Şekil 4.7. (K, A) : (T, RT) türü kilit mekanizması.



Şekil 4.8. (K, A) : (T, RT) türü kilit mekanizmasının iç yapısı ve bölümleri.



Şekil 4.9. (K, A) : (T, RT) türü kilit örneği.



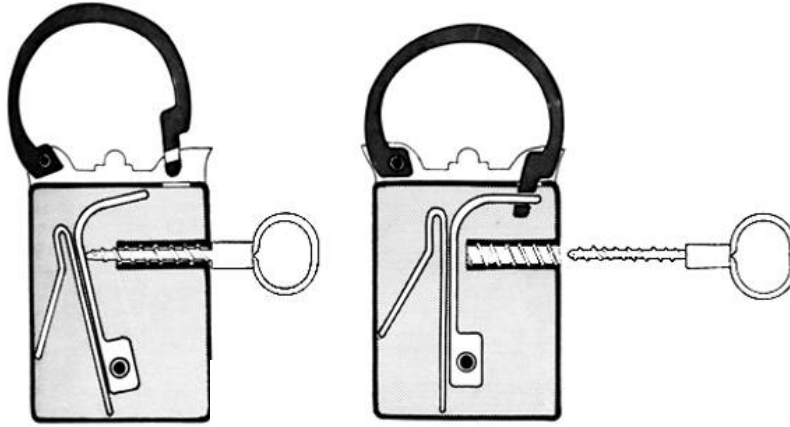
Şekil 4.10. (K, A): (T, RT) türü kilit mekanizmasının bölümleri.

#### 4.4. (K, A) : (R, V) Türü Kilit Mekanizmaları

Bir başka kilit mekanizması ise vida hareketli kilit mekanizmasıdır. Bu sistemde anahtar helis hareketi yapar. Anahtar vida biçiminde olup sisteme helis hareketiyle girer, yay mekanizmasını sıkıştırarak, kilidi kapalı konumda tutan çubuğun kurtulmasına neden olur. Bu da sistemin açılması demektir. Bu sisteme ait örnek çizimler aşağıda verilecektir.



Şekil 4.11. Vida hareketli kilit.



Şekil 4.12. Vida hareketli kilit mekanizmasının iç yapısı (Tanavoli, 1976).

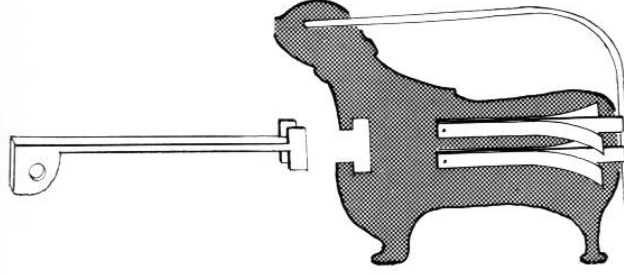
Böylelikle, hareketimize bağlı olarak,

(K, A) : (R, V)

eşitliği yazılabilir.

#### 4.5. (K, A) = (DH, T) Türü Kilit Mekanizmaları

Kilit mekanizmalarına örnek olabilecek bir diğer mekanizma türü ise engel kaldıracı kilit türü diyebileceğimiz sistemdir. Bu düzende anahtar işlevini gören parça, serbest durumdaki yayların üzerine kuvvet uygulayarak mekanizmanın açılmasına engel olan parçaları etkisiz hale getirir. Böylelikle mekanizmadaki parçalar birbirinden ayrılabilir ve sistem açık konuma gelir. Bu düzeneğe ilişkin çizimler ve resimler aşağıda görülmektedir.



Şekil 4.13. (K, A) = (DH, T) türü kilit mekanizmasının iç yapısı (Tanavoli, 1976).

Bu sistemde dejenere hareket denilebilecek farklı bir hareket türü kendini gösterir. A ve B eğrileri arasındaki fonksiyon,

$$f: A \rightarrow B$$

$$f(A) = B$$

olan fiziksel biçim değiştirmeye dejenere hareket (DH) adı verilir.

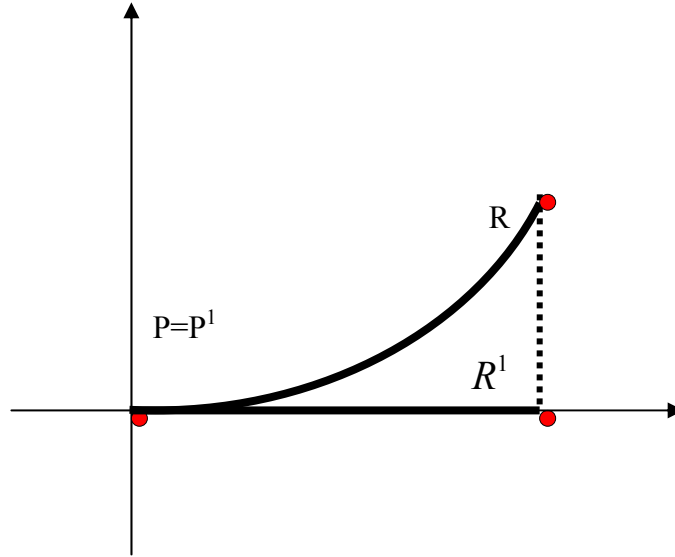
A'daki herhangi iki nokta arasındaki eğrisel uzaklık, B'de bu noktalara karşı gelen noktalar arasındaki öklid uzaklığına eşittir.

Aşağıdaki çizimde de görüldüğü gibi, PR eğrisi üzerinde alınan P ve R noktaları arasındaki eğrisel uzaklık, PR<sup>1</sup> eğrisindeki P ve R<sup>1</sup> noktaları arasındaki Öklid uzaklığına eşittir.

$$D: (x, 0) \rightarrow (x, ax^2)$$

$$(x, ax^2) \rightarrow (x, 0)$$

olmak üzere,  $\widehat{PR} \rightarrow \overline{PR}^1$  eğrileri elde edilir.



Şekil 4.14.  $(K, A) = (DH, T)$  Mekanizmasındaki dejenere hareket.

Bu hareket türü bazı sitemlerde kendini çift yönlü olarak da gösterebilir.



Şekil 4.15.  $(K, A) = (DH, T)$  türü kilit bölümleri.



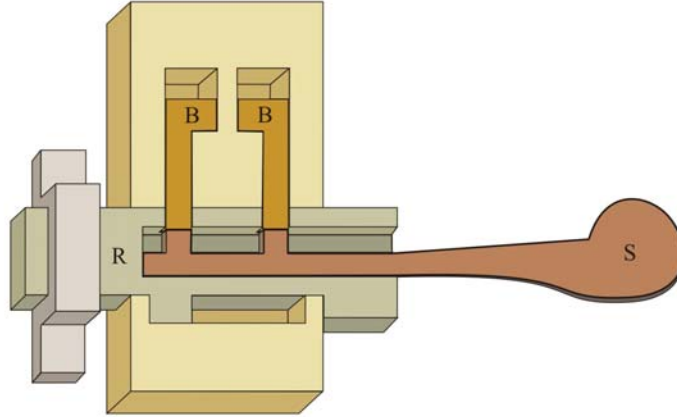
Şekil 4.16.  $(K, A) = (DH, T)$  türü kilit örneği.



Şekil 4.17. (K, A) = (DH, T) türü kilidin hareketli parçaları.

#### 4.6. (S, R) : (T, T) Türündeki Kilit Mekanizmaları

Çoklu engelli kilit mekanizması, kilit sistemlerinin ana kaynağını oluşturur. Mısır kilitleri tarihte yapılmış ilk kilit mekanizmaları olduğundan, kilit çalışma prensiplerinin temeli bu tür kilitlere dayanır. Sistemde hareketi başlatan, sürgüye sokulan anahtardır. Anahtarın yukarı doğru kaldırılmasıyla tırnaklar sürgüdeki yuvalara girer ve takozları yukarı kaldırır. Sürgüye sokulan anahtar son konumu değiştirilmeden geri çekilir, bu da kapının açılması demektir. Burada dikkat çekici en önemli durumlardan biri de sürgünün anahtar kutusunun dışına çıkamıyor olmasıdır. Bunun nedeni şekilde de görüldüğü gibi sürgüye bağlı yuvada hareket eden çıkıntıdır.

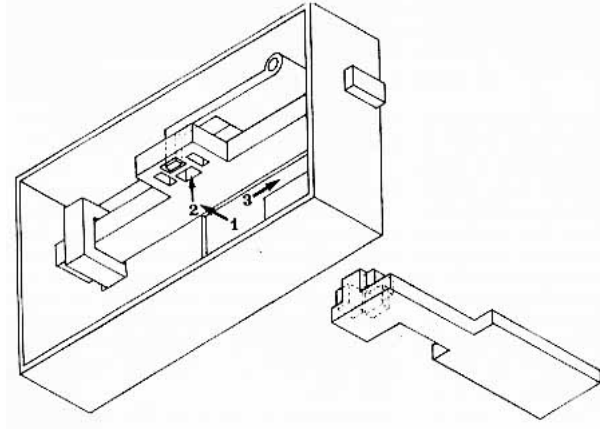


Şekil 2.24. Tırnaklı anahtarın sürgünün içine sokularak sürgünün takozlardan kurtarıldığı kilit türüne ilişkin kesit gösterim (*R* sürgü, *S* anahtar, *B-B* takozlar).

Bu durumda, sistemde ötelemeli hareket hakim olduğunda,

$$(S, R) = (T, T)$$

yazılabilir.



Şekil 4.18. Sistemin farklı açıdan çizimi.



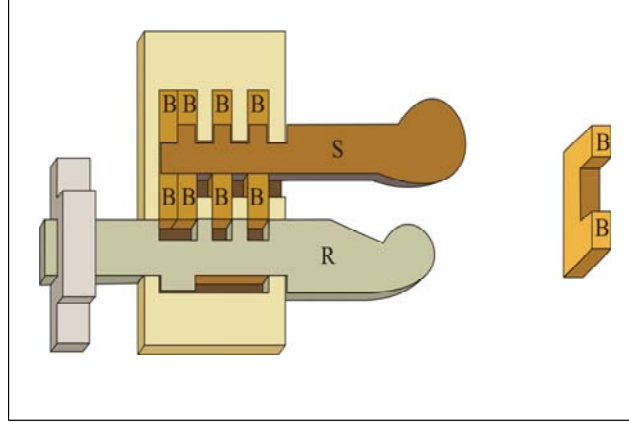
Şekil 2.18. Mısır kilidi ve anahtarı.

#### 4.6.1. (S, R) : (T, T) Türündeki kilit mekanizmalarının farklı bir sistemi

Çoklu engelli üçüncü türdeki kilit mekanizmasının da temel mantığı mısır kilitlerine dayanır. İlk olarak bu sistemin temelinde yatan ikinci tür Mısır kilidi çalışma prensibi gösterildikten sonra, çoklu engelli kilit mekanizması türünün üçüncü durumu incelenecektir.

Diğer sistemin bir üst geliştirilmiş hali olan bu sistemde anahtar sürgüye sokulmaz. Kutudaki yuvaya sokularak önceki türde olduğu gibi yukarı kaldırılır. Bu hareket, anahtarın tırnaklarının takozları yukarı kaldırıp sürgünün de çekilebilmesini

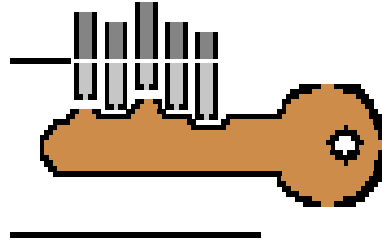
sağlar. Böylece kapı sürgüsünün fonksiyonu daha da etkili hale gelir. Aşağıdaki çizimle bu durum somut bir biçimde gösterilmektedir.



Şekil 2.25. Tırnaklı anahtarın anahtar kutusuna sokularak takozlardan kurtarıldığı kilit ve bir takoz (R sürgü, S anahtar, B-B takozlar) (Bir ve ark., 2006).

Bu mantıkla, yukarıdaki sistem daha da geliştirilerek, çoklu engelli Yale Kiliti ortaya çıkarılmıştır. İlk aşamada hareketin başlamasına sebep olan anahtar, kilit göbeğine sokulur. Bu durumda 6. tip Mısır kilidinin gelişmiş biçimi olan beşli şifre anahtarın tanınmasına olanak sağlanmış olur. Böylelikle 3. tip hareket başlar. Kilit anahtarı tanıdıktan sonra, dönme işlemi mafsalla (mandalla) öteleme hareketini yaptırır.

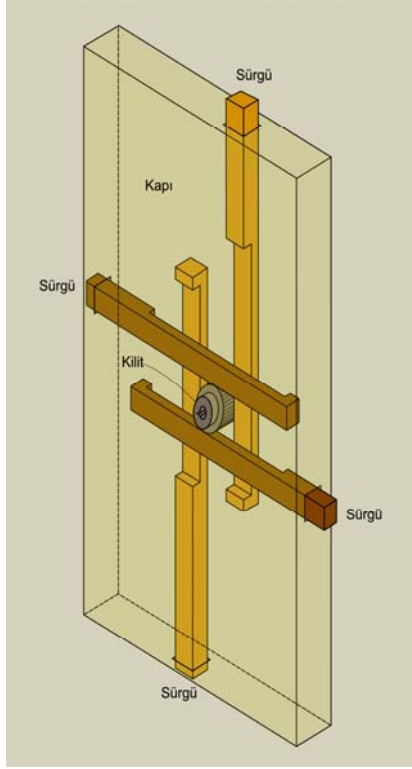
Günümüzde çok kullanılan Yale Kilit, bu mantık çerçevesinde, çok engelli ve bu sistemi kilit-anahtar tanınmasının ilk aşaması olarak düşünülmesi temeline dayanır (Yale, 1848)



Şekil 4.19. Anahtarın şifreyi tanınması.

#### 4.7. $(K_1, K_2, K_3, K_4), A) : (T_1, T_2, T_3, T_4), R)$ Türü Kilit Mekanizmaları

Bu hareket türünün çoklu hareket – tekli hareket ettirici mekanizma olarak adlandırılması mümkündür. Tek merkezden bir hareketle çok mafsallı kilit mekanizması, aynı anda dört yönlü bir kilit hareketinin yapıldığı mekanizmadır. Burada 3. tipte gösterilen tek bir kilit hareketiyle, bir aşamada dört sistem harekete geçirilir. Bu sistemin yaylı mekanizmaları olduğu gibi günümüzde geliştirilmiş dilli ve engelli anahtarlı türleri de vardır. Sistemdeki yay mekanizmanın maymuncuk kullanmadan da açılmasına fırsat verir. Ancak dilli ve engelli anahtarlar bu sorunu ortadan kaldırır.



Şekil 4.20. Dört sürgülü kasa kilit mekanizması (Bir ve ark., 2006).



Şekil 4.21. Dört sürgülü kasa kilidi modeli (Sezgin, 2003).

Anahtarın yaptığı hareket dönme hareketi olup dört ayrı öteleme hareketinin ortaya çıkmasına neden olur. Buna göre,

$$A = R$$

hareketi için, dört farklı yönde dönmeli öteleme hareketi  $K_1, K_2, K_3, K_4$  olarak alınır. Bu durumda elde edilen matrisler ve ötelemeler,

$$[K_1] = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & d_1 \\ -\sin\theta & \cos\theta & d_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y_0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x - L \sin\theta \\ y_0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$x \cdot \cos\theta + y_0 \cdot \sin\theta + d_1 = x - L \sin\theta$$

$$-x \cdot \sin\theta + y_0 \cdot \cos\theta + d_2 = y_0$$

Buradan  $d_1$  ve  $d_2$  ötelemeleri,

$$d_1 = (1 - \cos\theta) \cdot x - (y_0 + L) \sin\theta$$

$$d_2 = x \cdot \sin\theta + (1 - \cos\theta) \cdot y_0$$

olarak elde edilir.

### İkinci dönme + Öteleme Hareketi

$$[K_2] = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & d_1 \\ -\sin\theta & \cos\theta & d_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ -y_0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -x + L \sin\theta \\ -y_0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$x \cdot \cos\theta - y_0 \cdot \sin\theta + d_1 = -x + L \sin\theta$$

$$-x \cdot \sin\theta - y_0 \cdot \cos\theta + d_2 = -y_0$$

eşitliklerinden  $d_3$  ve  $d_4$  ötelemeleri,

$$d_3 = (-1 - \cos\theta) \cdot x + (y_0 + L) \sin\theta$$

$$d_4 = x \cdot \sin\theta + (-1 + \cos\theta) \cdot y_0$$

olarak bulunur.

### Üçüncü dönme + öteleme hareketi

$$[K_3] = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & d_1 \\ -\sin\theta & \cos\theta & d_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y - L \cdot \sin\theta \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$x_0 \cdot \cos\theta + y \cdot \sin\theta + d_1 = x_0$$

$$-x_0 \cdot \sin\theta + y \cdot \cos\theta + d_2 = y - L \cdot \sin\theta$$

eşitliklerinden  $d_5$  ve  $d_6$  ötelemeleri,

$$d_5 = (1 - \cos\theta) \cdot x_0 - y \cdot \sin\theta$$

$$d_6 = (1 - \cos\theta) \cdot y + (x_0 - L) \cdot \sin\theta$$

şeklinde bulunur.

#### Dördüncü dönme + öteleme hareketi

$$[K_4] = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & d_1 \\ -\sin\theta & \cos\theta & d_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -x_0 \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -x_0 \\ -y + L.\sin\theta \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$-x_0.\cos\theta + y.\sin\theta + d_1 = -x_0$$

$$x_0.\sin\theta + y.\cos\theta + d_2 = -y + L.\sin\theta$$

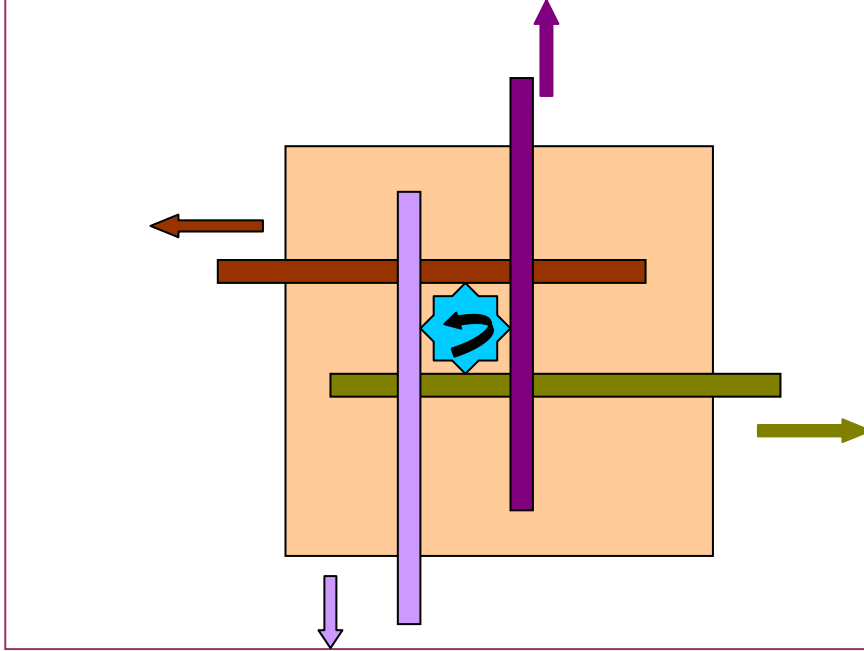
eşitliklerinden  $d_7$  ve  $d_8$  ötelemeleri,

$$d_7 = (-1 + \cos\theta).x_0 - y.\sin\theta$$

$$d_8 = (-1 - \cos\theta).y + (L - x_0).\sin\theta$$

şeklindedir.

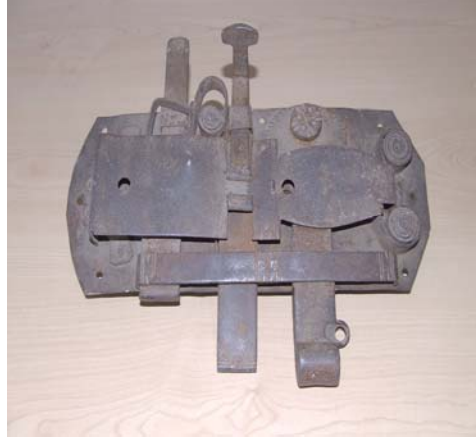
Dönme ve öteleme hareketlerine ait çizimler Şekil 4.22 de verildi.



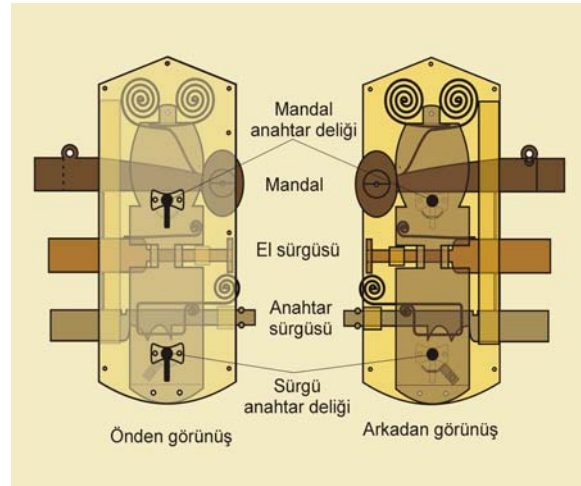
Şekil 4.22. Dört farklı yönde bir merkezden dönmeli öteleme hareketi.

#### 4.8. Çoklu Hareket, Toplu Hareket Ettirici Kilit Mekanizmaları

Bir kilitte, ele alınan sistemlerin birden fazlası aynı anda mevcut olabilir. Geleneksel kilit sistemleri genellikle bu şekildedir. Örneğin, aşağıda resmi verilen sistemler bu türden mekanizmalar olup, bununla ilişkili hareket türleri şematik çizimlerin üzerine işlenmiştir.

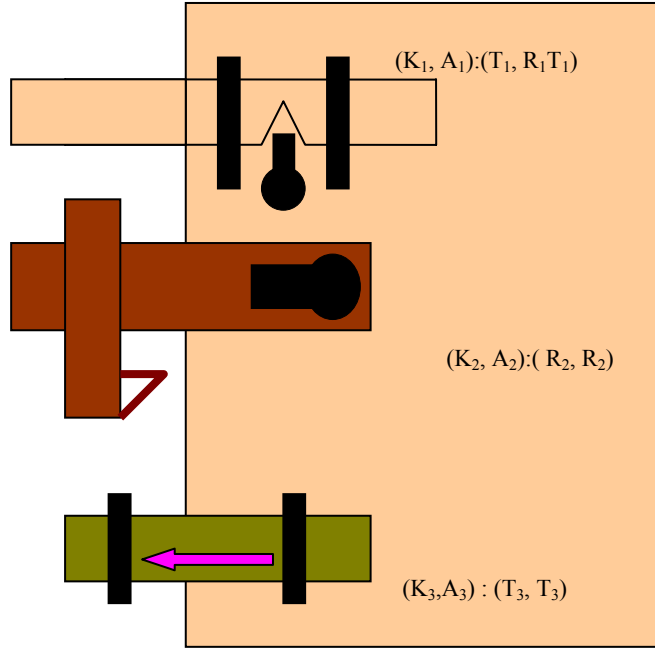


Şekil 4.23.  $((K_1, A_1), (K_2, A_2), (K_3, A_3)) : ((T_1, R_1 T_1), (R_2, R_2), (T_3, T_3))$  türünden bir kilit örneği.



Şekil 4.24.  $((K_1, A_1), (K_2, A_2), (K_3, A_3)) : ((T_1, R_1 T_1), (R_2, R_2), (T_3, T_3))$  türünden kilidin çizimi.

Bu sistem, kullanılan terminolojiye göre modellenirse Şekil 4.33 de görülen hareketler elde edilir.



Şekil 4.25. Üç farklı hareket sisteminin bir arada özeti.

#### 4.9. Şifreli Kilitler ve Mekanizma Kinematikleri

Mekanik şifreli kilitler, mekanik kilitler içerisinde, anahtarla açılma öncesi sistemin anahtarı tanımaya izin veren, düşük olasılıklı bir ön düzeneğe sahip kilitlerdir.

Tarihsel olarak, El-Cezeri'nin şifreli kasa kilidi düzeneği tekrar hatırlatılabilir.

El-Cezeri'nin "Kitab el-Hiyel" adlı eserinin 6. Bölüm, 3. Düzeninde ilginç bir şifreli kasa kilidi anlatılmaktadır<sup>7</sup>. Kasa, içine kıymetli özel eşyaların konduğu ve

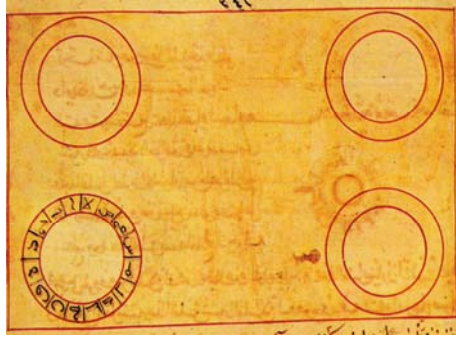
<sup>7</sup> Bediü'z-Zaman Ebü'l-İzz İsmail b. El-Rezzaz el-Cezerî [Cizreli (Mezopotamya) Pirinç Tüccarının Oğlu Bedi'ü'z-Zaman (Eşsiz) İsmail] ya da kısaca Cezeri, Amid (Diyarbakır) Artuklu Sarayı'nda 25 yıl (1181-1206) saray mühendisi olarak çalışmış bulunan ve *Kitâb el-câmi' beyn el-'ilm ve'l-'amel el-nâfi' fi Sinâ'at el-hiyel (Harika düzenleri gerçekleştirilmede, gerekli kuramsal ve uygulamalı bilgileri bir arada sunan kitap)* isimli kitabı yazmış olan mühendistir. Eseri Ortaçağın en kıymetli eseri olarak kabul edilmektedir. Eserinin 1. el kopyaları Topkapı Sarayı Müzesinde bulunmaktadır (A 3472).

kapağında 4 adet şifreli kilidin yer aldığı bir kutu şeklindedir. Şifre kilitlerindeki silindirlerde 16 adet harf şu şekilde sıralıdır (bak Tablo 2.1):

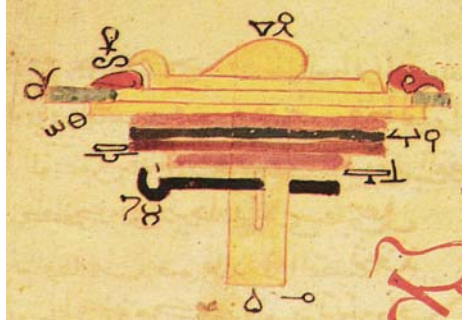
Tablo 2.1. Şifreli kilitteki 16 harfin sıralanışı.

|    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لا | ص | ع  | س | م | ل | ك | ى | ط | ن | ف | ه | د | ج | ب | ا |
| lâ | z | 'a | s | m | l | k | y | t | n | f | e | d | c | b | a |

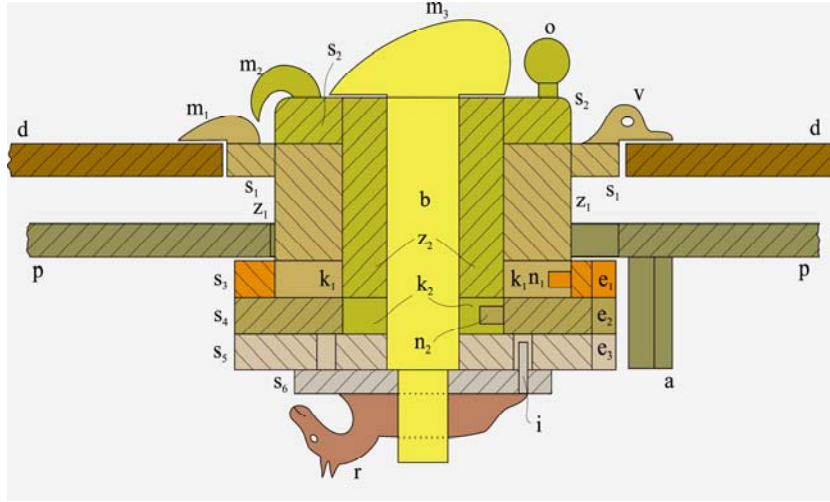
Günümüzdeki değerli eşyaların konduğu kasalardaki şifreli kilitlere çok benzeyen bu kutuyu açmak için, kutunun üst yüzeyinde bulunan 4 adet şifreli kilidin her birinde 16 harfi 3 farklı silindiri çevirerek ayarlamak ya da toplam  $m = 3 \times 4 = 12$  harfi bilmek gerekir. Ayarlanması gereken harf sayısı  $n = 16$  olduğuna göre oluşabilecek birleşim sayısı  $n^m = 16^{12} = 281.474.976.710.656 \cong 2,8 \times 10^{14}$ , diğer bir deyişle bu kilidi bir denemede açma olasılığı  $p = 1/(n^m) \cong 3,55 \times 10^{-15}$  ya da sıfırdır.



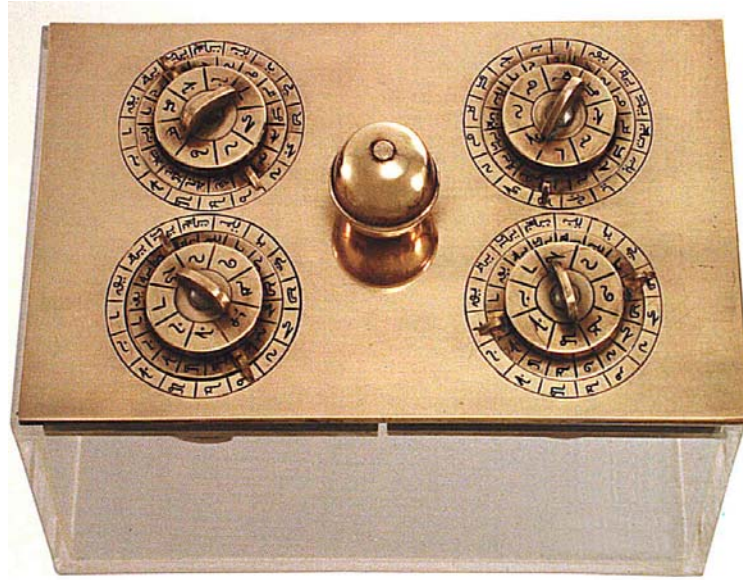
Şekil 2.33. Kasa kutusu kapağının üst görünümü.



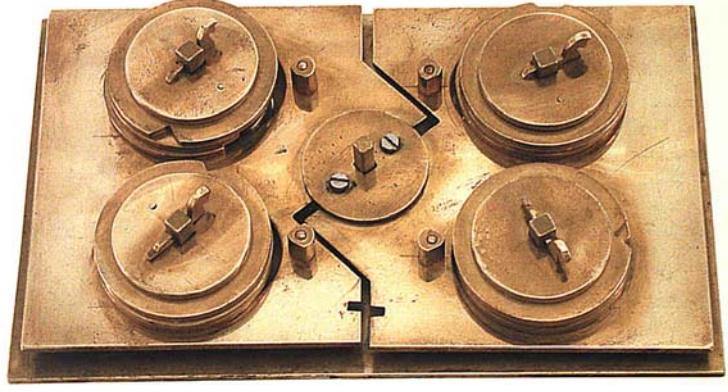
Şekil 2.34. Bir Şifreli kilit silindirinin özgün kesit resmi.



Şekil 2.35. Şifreli kilit silindirlere yenden kurulmuş kesit gösterimi.  
(Bir ve ark., 2006)



Şekil 4.26. El-Cezeri'nin şifreli kilit mekanizması modeli ( Sezgin, 2003 ).



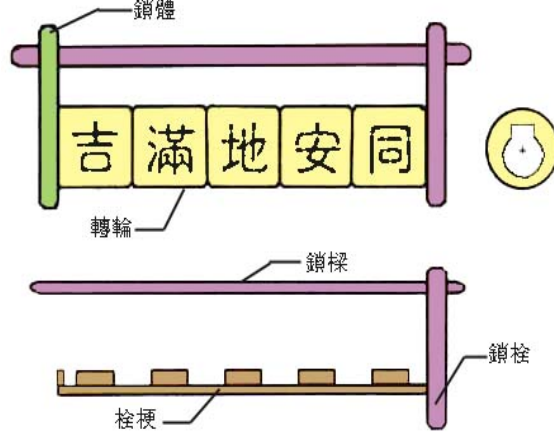
Şekil 4.27. El-Cezeri'nin şifreli kilit mekanizmasının iç yapısı ( Sezgin, 2003 ).

Her bir şifre silindiri 8 parçadan oluşur (bak özgün kesit çizim *Şekil 2.34*). Bu 8 parçanın yapısı *Şekil 2.35*'de verilen bir yeniden kurma (rekonstrüksiyon) yardımıyla inceleyelim.

Geçmişten günümüze taşınan çok daha farklı birçok şifreli kilit mekanizma örneklerine rastlanabilir. Bunlardan bazılarında şifre, rakamlarla bazılarında da harflerle ifade edilmiştir. Aşağıdaki Çin kilidi resmi bu mekanizmalara verilebilecek en çarpıcı örneklerden biri olup kilidin iç yapısı da somut olarak çizimiyle birlikte verilmiştir.



Şekil 4.28. Şifreli Çin kilidi mekanizmasının açık ve kapalı durumları.

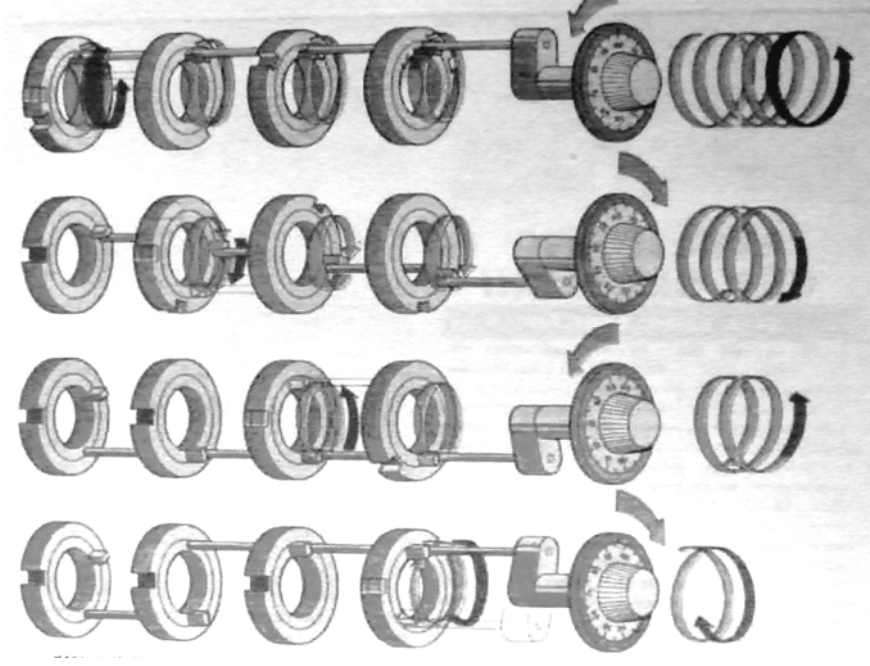


Şekil 4.29. Şifreli Çin kilidi mekanizmasının çizimle açık şeklinin ve şifre tasarımının gösterimi.

Kullanımı en yaygın olan ve kasa kilidi olarak bilinen şifreli kilitlerdeki mekanizma ise birçok sayıda plakanın birleşerek harekete geçmesiyle oluşur. Bu sistemin işleyişi aşağıdaki şekilde verilmiş olup, mekanizmaya ait resimler ve bir plaka örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Kasa kilidi mekanizmasının birimleri ve içindeki bir plaka.

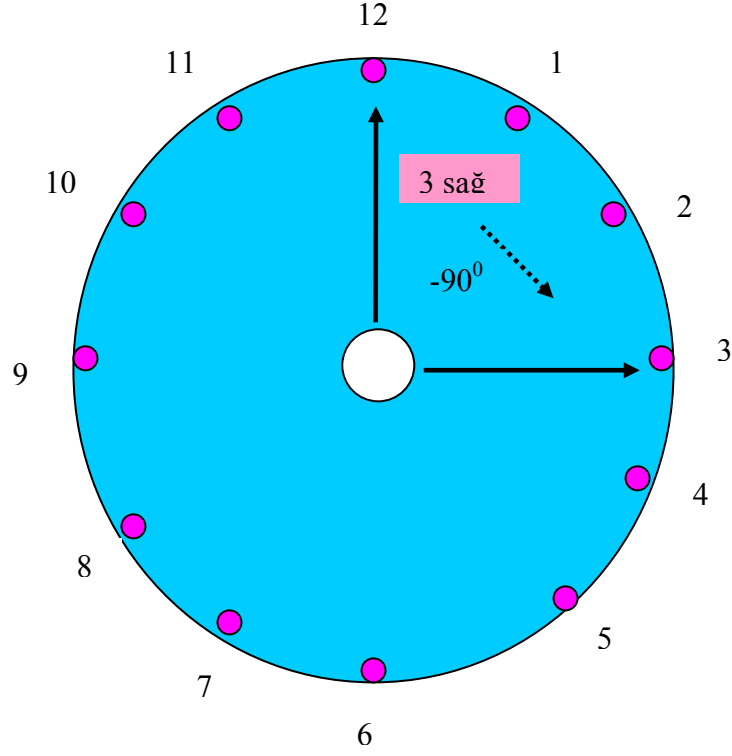


Şekil 4.31. Şifreli kasa kilidi mekanizmasındaki hareket sistemi (Weber, 1984).

Mekanik şifreli kilit sistemleri, temel olarak ardışık dönme hareketlerine dayanır. Bu dönme hareketlerini sağlayan yapılardan bazıları sistemdeki kol yapısı ve yuvarlak bir plaka düzeneğidir. Plaka üzerindeki sayılar veya harflerden yararlanılarak şifre tasarlanır.

Özel olarak aşağıda verilecek örnekle bu durum daha etraflı bir biçimde ele alınacaktır:

Örneğin, 1'den 12'ye kadar sayıların verildiği bir kadran üzerinde sistemi oluşturarak işleyişini gösterelim:



Şekil 4.32. 12'lik bir kadran düzeneği.

Burada şifre,

3 sağ  
2 sol  
5 sağ  
7 sol  
2 sağ

şeklinde ayarlanırsa, sistemde arka plandaki durum, O merkezli dönmeler itibariyle açı değerleri aşağıdaki gibi verilir. Bu düzenekte, açı değerleri,  $360^0/12^0 = 30^0$  cinsinden verilmiştir.

|                                 |                   |                 |
|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| 3 sağ ... $3 \times 30 = 90^0$  | $\theta = -90^0$  | $[R_1(-90^0)]$  |
| 2 sol ... $2 \times 30 = 60^0$  | $\theta = +60^0$  | $[R_2(+60^0)]$  |
| 5 sağ ... $5 \times 30 = 150^0$ | $\theta = -150^0$ | $[R_3(-150^0)]$ |
| 7 sol ... $7 \times 30 = 210^0$ | $\theta = +210^0$ | $[R_4(+210^0)]$ |
| 2 sol ... $2 \times 30 = 60^0$  | $\theta = -60^0$  | $[R_5(-60^0)]$  |

Dolayısıyla, mekanik sistem  $K_1, K_2, K_3, K_4$

$$[R_1(-90^\circ)], [R_2(+60^\circ)], [R_3(-150^\circ)], [R_4(+210^\circ)], [R_5(-60^\circ)]$$

dönmelerinden sonra, şifre plakaları belli bir düzene girer ve kilidin açılabilir konuma gelmesi sağlanmış olur.

Böylece, verilen örneğe bağlı olarak oluşturulan sistemin kinematik denklemi,

$$\prod_{i=1}^5 [R_i(\theta_i)]$$

dir. Bu durumda  $\forall i$  değeri için

$$[R_i(\theta_i)] = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & \sin \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \end{bmatrix}$$

matrisleri, bu harekete karşılık gelen dönme matrisleridir. Örnekteki  $[R_i(\theta_i)]$  matrisleri buna göre yazılırsa,

$$[R_1(\theta_1)] = [R_1(-90^\circ)] = \begin{bmatrix} \cos(-90^\circ) & \sin(-90^\circ) \\ -\sin(-90^\circ) & \cos(-90^\circ) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ +1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[R_2(\theta_2)] = [R_2(60^\circ)] = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$$

$$[R_3(\theta_3)] = [R_3(-150^\circ)] = \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \\ +\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$$

$$[R_4(\theta_4)] = [R_4(210^\circ)] = \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$$

$$[R_5(\theta_5)] = R_5(-60^\circ) = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

dönme matrisleri elde edilir.

Mekanik şifreli bir kasa kilidinin, ardışık dönmeleri gösteren, programlanmayı ve şifrelemeyi elektronik ortamda uygulamada etmede kullanacağımız ve tanımlayacağımız matris tanımı şu şekilde verilebilir:

#### 4.9.1. Tanım

$f: I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  verilen bir fonksiyonu gösterebilir.

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos((-1)^{[f(x)]} \cdot \theta(x)) & \sin((-1)^{[f(x)]} \cdot \theta(x)) \\ \sin((-1)^{[f(x)]} \cdot \theta(x)) & \cos((-1)^{[f(x)]} \cdot \theta(x)) \end{bmatrix}$$

Olarak belirlenen  $[A]$  matrisine şifreli (code) matris denir.

#### 4.9.2. Örnek

Yukarıda ele alınan beşli dönme hareketi dizisi, tanımlanan şifre (code) matrisi ile şöyle verilebilir:

$f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  olmak üzere,

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ 2, & x = \frac{1}{2} \\ 3, & x = 1 \\ 4, & x = 2 \\ 1, & x = \frac{1}{4} \end{cases} \text{ fonksiyonu tanımlansın.}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos((-1)^{[f(x)]} \cdot 2\pi x) & \sin((-1)^{[f(x)]} \cdot 2\pi x) \\ \sin((-1)^{[f(x)]} \cdot 2\pi x) & \cos((-1)^{[f(x)]} \cdot 2\pi x) \end{bmatrix}$$

$$[A_1] = \begin{bmatrix} \cos 0^\circ & \sin 0^\circ \\ -\sin 0^\circ & \cos 0^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[A_2] = \begin{bmatrix} \cos \pi & \sin \pi \\ -\sin \pi & \cos \pi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$[A_3] = \begin{bmatrix} \cos(-2\pi) & \sin(-2\pi) \\ -\sin(-2\pi) & \cos(-2\pi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[A_4] = \begin{bmatrix} \cos(4\pi) & \sin(4\pi) \\ -\sin(4\pi) & \cos(4\pi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[A_5] = \begin{bmatrix} \cos(-\pi/2) & \sin(-\pi/2) \\ -\sin(-\pi/2) & \cos(-\pi/2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

olarak bulunur.

Ele aldığımız örnekte,  $f(x)$  fonksiyonu oldukça özel seçilmişti. Çünkü amaç  $f(x)$ 'in üstlendiği görevi anlatmaktır.

Şimdi  $f(x)$  fonksiyon tipinin seçimine göre, şifre matrisinin durumları ele alınacaktır.

$x$  ve  $f(x)$ ' e bağlı şifre matrisine eşlik eden bileşenler cinsinden form, öncelikle genel durum oluşturularak, buna bağlı şekilde özel fonksiyonlar için irdeleme yapılacaktır.

Tablo 4.1. Şifre matrisinin genel incelemesi.

| $x$   | $x_1$ | $x_2$             | $x_3$             | $x_4$             |
|---|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $f(x)$  | 0     | 1                 | 2                 | 3                 |
| $[ f(x) ]$  | 0     | 1                 | 2                 | 3                 |
| $\theta \rightarrow (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0     | $-2\pi x_2$       | $-2\pi x_3$       | $-2\pi x_4$       |
| $\cos\theta$                                      | 1     | $\cos(-2\pi x_2)$ | $\cos(-2\pi x_3)$ | $\cos(-2\pi x_4)$ |
| $\sin\theta$                                      | 0     | $\sin(-2\pi x_2)$ | $\sin(-2\pi x_3)$ | $\sin(-2\pi x_4)$ |
|   |       | I                 | II                | III               |
|   |       | [A <sub>1</sub> ] | [A <sub>2</sub> ] | [A <sub>3</sub> ] |

olmak üzere,  $[A] = \dots [A_3] \cdot [A_2] \cdot [A_1] (P)$  dönme matrisleri incelenecektir.

### 4.9.3. $f(x) = ax$ lineer fonksiyon durumu

Tablo 4.2. Şifre matrisinin lineer fonksiyon durumu.

|   |   |  |  |                  |
|---|---|--|--|------------------|
| x   | 0   | 1/a  | 2/a  | 3/a              |
| f(x)  | 0   | 1  | 2  | 3                |
| [ f(x) ]  | 0   | 1  | 2  | 3                |
| $\theta \rightarrow (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0   | $-2\pi/a$  | $4\pi/a$   | $-6\pi/a$        |
| cos $\theta$                                      | 1   | cos( $-2\pi/a$ )   | cos( $4\pi/a$ )  | cos( $-6\pi/a$ ) |
| sin $\theta$                                      | 0   | sin( $-2\pi/a$ )   | sin( $4\pi/a$ )  | sin( $-6\pi/a$ ) |
|   | 0'dan<br>( $-2\pi/a$ )'ya<br>negatif yönde<br>dönme | ( $-2\pi/a$ )'dan<br>$4\pi/a$ 'ya pozitif<br>yönde dönme | ( $4\pi/a$ )'dan<br>( $-6\pi/a$ )'ya<br>negatif yönde<br>dönme |                  |

$f(x) = ax$  genel durumunda  $a = 4$  özel seçimini uygulayalım. Yani;  $f(x) = 4x$  fonksiyonumuz için yukarıdaki durum şu şekilde incelenebilir.

Tablo 4.3. Şifre matrisinin lineer fonksiyon  $a = 4$  özel durumu.

|   |  |   |  |                  |
|---|--|---|--|------------------|
| x   | 0  | 1/4   | 2/4  | 3/4              |
| f(x)  | 0  | 1   | 2  | 3                |
| [ f(x) ]  | 0  | 1   | 2  | 3                |
| $\theta \rightarrow (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0  | $-\pi/2$  | $\pi$  | $-3\pi/2$        |
| cos $\theta$                                      | 1  | cos( $-\pi/2$ )   | cos( $\pi$ )   | cos( $-3\pi/2$ ) |
| sin $\theta$                                      | 0  | sin( $-\pi/2$ )   | sin( $\pi$ )   | sin( $-3\pi/2$ ) |
|   | 0'dan<br>( $-\pi/2$ )'ye<br>negatif yönde<br>dönme | 0'dan<br>( $-2\sqrt{1/a\pi}$ )'ye<br>negatif yönde<br>dönme | $\pi$ 'den<br>( $-3\pi/2$ )'ye<br>negatif yönde<br>dönme |                  |

#### 4.9.4. $f(x) = ax^2$ , ( $a \neq 1$ ), karesel fonksiyon durumu

( $x'$  in pozitif değerleri incelenecektir)

Tablo 4.4. Şifre matrisinin karesel fonksiyon durumu.

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| x                                       | 0 | $\sqrt{1/a}$   | $\sqrt{2/a}$  | $\sqrt{3/a}$   |
| f(x)                                    | 0 | 1  | 2   | 3  |
| [ f(x) ]                                | 0 | 1  | 2   | 3  |
| $\theta = (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0 | $-2\sqrt{1/a}\pi$                                      | $+2\sqrt{2/a}\pi$   | $-2\sqrt{3/a}\pi$  |
| cos $\theta$                            | 1 | $\cos(-2\sqrt{1/a}\pi)$                                | $\cos(2\sqrt{2/a}\pi)$  | $\cos(2\sqrt{3/a}\pi)$   |
| sin $\theta$                            | 0 | $\sin(-2\sqrt{1/a}\pi)$                                | $\sin(2\sqrt{2/a}\pi)$  | $\sin(2\sqrt{3/a}\pi)$   |
|   |   | $(-\pi/2)$ 'den<br>$\pi$ 'ye<br>pozitif yönde<br>dönme | $(-2\sqrt{1/a}\pi)$ 'den'<br>$(+2\sqrt{1/a}\pi)$ 'ye pozitif<br>yönde dönme | $(2\sqrt{2/a}\pi)$ 'den<br>$(-2\sqrt{3/a}\pi)$ 'ye negatif<br>yönde dönme. |

Buna bağlı olarak,

$f(x) = 4x^2$  özel durumu için incelenirse,

Tablo 4.5. Şifre matrisinin karesel fonksiyon özel durumu.

|   |   |              |                     |                      |
|---|---|--------------|---------------------|----------------------|
| x                                       | 0 | $1/2$        | $\sqrt{1/2}$        | $\sqrt{3}/2$         |
| f(x)                                    | 0 | 1            | 2                   | 3                    |
| [ f(x) ]                                | 0 | 1            | 2                   | 3                    |
| $\theta = (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0 | $-\pi$       | $+\sqrt{2}\pi$      | $-\sqrt{3}\pi$       |
| cos $\theta$                            | 1 | $\cos(-\pi)$ | $\cos(\sqrt{2}\pi)$ | $\cos(-\sqrt{3}\pi)$ |
| sin $\theta$                            | 0 | $\sin(-\pi)$ | $\sin(\sqrt{2}\pi)$ | $\sin(-\sqrt{3}\pi)$ |

#### 4.9.5. $f(x) = ax^3$ kübik fonksiyon durumu

Tablo 4.6 Şifre matrisinin kübik fonksiyon durumu.

|   |   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
| x                                       | 0 | $\sqrt[3]{1/a}$  | $\sqrt[3]{2/a}$   | $\sqrt[3]{3/a}$   |
| f(x)                                    | 0 | 1  | 2   | 3   |
| [ f(x) ]                                | 0 | 1  | 2   | 3   |
| $\theta = (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0 | $-2\sqrt[3]{1/a}\pi$   | $+2\sqrt[3]{2/a}\pi$  | $-2\sqrt[3]{3/a}\pi$  |
| cos $\theta$                            | 1 | $\cos(-2\sqrt[3]{1/a}\pi)$   | $\cos(+2\sqrt[3]{2/a}\pi)$  | $\cos(-2\sqrt[3]{3/a}\pi)$  |
| sin $\theta$                            | 0 | $\sin(-2\sqrt[3]{1/a}\pi)$   | $\sin(+2\sqrt[3]{2/a}\pi)$  | $\sin(-2\sqrt[3]{3/a}\pi)$  |
|   |   | $\underbrace{\hspace{1.5cm}}$<br>0'dan<br>$(-2\sqrt[3]{1/a}\pi)$ 'ye<br>negatif yönde<br>dönme | $\underbrace{\hspace{1.5cm}}$<br>$(-2\sqrt[3]{1/a}\pi)$ 'den<br>$(+2\sqrt[3]{2/a}\pi)$ pozitif<br>yönde dönme | $\underbrace{\hspace{1.5cm}}$<br>$(+2\sqrt[3]{2/a}\pi)$ 'den<br>$(-2\sqrt[3]{3/a}\pi)$ 'ye negatif<br>yönde dönme |

Bu durumda,

$f(x) = 8x^3$  özel durumu için incelenecek olursa, aşağıdaki sonuçlar elde edilir:

Tablo 4.7. Şifre matrisinin kübik fonksiyon özel durumu.

|   |   |               |   |  |
|---|---|---------------|---|--|
| x                                       | 0 | $\frac{1}{2}$ | $1/\sqrt[3]{4}$                             | $\frac{\sqrt[3]{3}}{2}$                      |
| f(x)                                    | 0 | 1             | 2   | 3  |
| [ f(x) ]                                | 0 | 1             | 2   | 3  |
| $\theta = (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0 | $(-\pi)$      | $(2/\sqrt[3]{4})\pi$                        | $\left(-2\frac{\sqrt[3]{3}}{2}\pi\right)$    |
| cos $\theta$                            | 1 | $\cos(-\pi)$  | $\cos\left(\frac{2}{\sqrt[3]{4}}\pi\right)$ | $\cos\left(-\frac{\sqrt[3]{3}}{2}\pi\right)$ |
| sin $\theta$                            | 0 | $\sin(-\pi)$  | $\sin\left(\frac{2}{\sqrt[3]{4}}\pi\right)$ | $\sin\left(-\frac{\sqrt[3]{3}}{2}\pi\right)$ |

#### 4.9.6. $f(x) = a^x$ , ( $a \neq 1$ ) üstel fonksiyon durumu

Tablo 4.8. Şifre matrisinin üstel fonksiyon durumu.

|   |   |            |                       |
|---|---|------------|-----------------------|
| x                                       | 0 | $\log_a 2$ | $\log_a 3$            |
| f(x)                                    | 0 | 1          | 2                     |
| [ f(x) ]                                | 0 | 1          | 2                     |
| $\theta = (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0 | 0          | $+2\log_a 2\pi$       |
| cos $\theta$                            | 1 | 1          | $\cos(2\log_a 2\pi)$  |
| sin $\theta$                            | 0 | 0          | $\sin(2\log_a 2\pi)$  |
|   |   |            | $(-2\log_a 3\pi)$     |
|   |   |            | $\cos(-2\log_a 3\pi)$ |
|   |   |            | $\sin(-2\log_a 3\pi)$ |

Dönme yok.
0'dan  $(2\log_a 2\pi)$ 'ye pozitif yönde dönme
 $(+2\log_a 2\pi)$ 'ye  $(-2\log_a 3\pi)$ 'ye negatif yönde dönme.

$$f(x) = a^x \Rightarrow \log_a(f(x)) = x$$

$$a^x = 2 \Rightarrow \log_a 2 = x$$

$f(x) = 2^x$  üstel fonksiyonunu özel bir durum olarak çalışalım.

Tablo 4.9. Şifre matrisinin üstel fonksiyon özel seçimi.

|   |   |   |                       |
|---|---|---|-----------------------|
| x                                       | 0 | 1 | $\log_2 3$            |
| f(x)                                    | 0 | 1 | 2                     |
| [ f(x) ]                                | 0 | 1 | 2                     |
| $\theta = (-1)^{[ f(x) ]} \cdot 2\pi x$ | 0 | 0 | $(+2\pi)$             |
| cos $\theta$                            | 1 | 1 | $\cos(2\pi)$          |
| sin $\theta$                            | 0 | 0 | $\sin(2\pi)$          |
|   |   |   | $(-2\log_2 3)\pi$     |
|   |   |   | $\cos(-2\log_2 3\pi)$ |
|   |   |   | $\sin(-2\log_2 3\pi)$ |

#### 4.10. Sarkaçlı Vida Hareketi Durumu

Yukarıda  $f(x)$  fonksiyonun doğrusal, karesel, kübik ve üstel formu incelendi. Farklı  $\theta$  açıları için pozitif ve negatif dönmeler elde edildi. Tüm bunların dışında aşağıda özel olarak  $\theta$  ve  $-\theta$  dönmeleri için nasıl bir  $f(x)$  fonksiyonun bulunabileceği araştırılacaktır.

$f(x) = (-1)^{[x]}$  alınsın. Bu durumda  $[A]$  matrisi,

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos((-1)^{[x]}\theta) & \sin((-1)^{[x]}\theta) \\ \sin((-1)^{[x]}\theta) & \cos((-1)^{[x]}\theta) \end{bmatrix}$$

şeklinde olur ( $\theta(x) = \theta$ : sabit).

Bu sarkaçlı hareketten homogen koordinatlarda, sarkaçlı vida hareketini elde edebiliriz. Bu hareket inişli çıkışlı olabileceği gibi, sadece iniş veya sadece çıkış hareketi de yapması mümkündür. Bu durum,

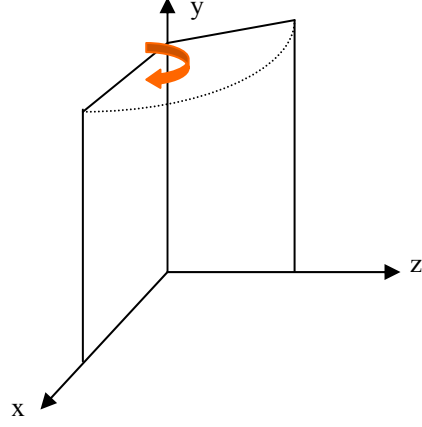
$\beta = (-1)^{[x]}\theta$  olmak üzere;

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos \beta & \sin \beta & 0 & 0 \\ -\sin \beta & \cos \beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & f(\theta)(-1)^{[x]} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

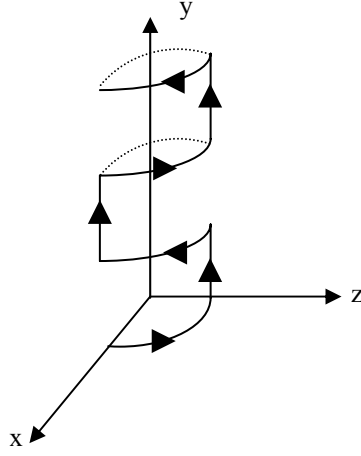
inişli çıkışlı sarkaçlı vida hareketidir. Sabit bir çıkış veya iniş olarak düşünülürse;  $[A]$  matrisi,

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos \beta & \sin \beta & 0 & 0 \\ -\sin \beta & \cos \beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & c_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

şeklini alır.

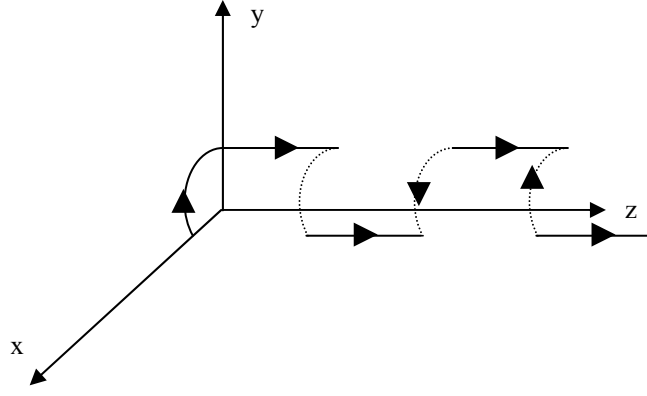


Şekil 4.33. Sabit çıkışlı vida hareketi.



Şekil 4.34. İnişli çıkışlı sarkaçlı vida hareketi-1.

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos\beta & \sin\beta & 0 & 0 \\ -\sin\beta & \cos\beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z \end{bmatrix} \text{ matrisinin yörüngesi aşağıdaki gibidir:}$$



Şekil 4.35. İnişli çıkışlı sarkaçlı vida hareketi-2.

Tablo 4.10. Mekanik icatlar kronolojisi.

| <b>TARİH</b> | <b>İCAT-BULUŞ</b>   | <b>MUCİT-BİLİM ADAMI</b>             |
|--------------|---|--------------------------------------|
| M.Ö. 10      | Vinç tasarlandı   | Romalı Mimar Vitruvius               |
| M.Ö. 210     | Spiral Tulumba  | Archiemedes                          |
| M.Ö. 280     | Mekanik Aletler Kitabı –<br>Mechanica yazıldı   | Heron                                |
| M.Ö. 331     | İskenderiye Mekanik Okulu<br>yapıldı  | İskenderiyeli Ktesibios              |
| M.Ö. 540     | Geometri okulu kuruldu.   | Miletli Thales                       |
| M.Ö.3000 ~   | İlk toplama makinesi olan<br>abaküs icat edildi   | Babilliler                           |
| M.Ö. 3200 ~  | İlk yazı kullanıldı, tekerleğin<br>resmi ilk olarak çizildi                               | Mezopotamyalı Sümerler               |
| M.S. 850     | Kitab-el Hiyal eseri yazıldı.   | Benu Musa Kardeşler                  |
| M.S. 999     | Mekanik saat icat edildi  |                                      |
| M.S. 1000 ~  | 13000 sayfalık araştırmalarını<br>yayınladı   | Türk gökbilimci Biruni               |
| M.S. 1010 ~  | 270 sayfalık araştırma<br>yayımlandı.   | İbn Sina                             |
| M.S. 1614    | Logaritma cetveli icat edildi   | İskoçyalı matematikçi John<br>Napier |
| M.S. 1630 ~  | İlk defa yapılan kanatlarla uçuş<br>başarıldı.  | Türk Hazarfen Ahmet Çelebi           |
| M.S. 1642    | Vergi hesaplarında kullanılan<br>toplama makinesi yapıldı.                                | Blaise Pascal                        |
| M.S. 1656    | Sarkaçlı saat tasarlandı.   | Christian Huygens                    |
| M.S. 1700 ~  | Otomatik flütçü robotu yapıldı.   | Jacques de Vaucanson                 |
| M.S. 1778    | Çift etkili mandallı sistemle<br>çalışan kilidi ortaya çıkarıldı.                         | Robert Baron                         |
| M.S. 1784    | Bramah Kilidi yapıldı.  | Joseph Bramah                        |
| M.S. 1801    | Mekanik dokuma tezgahı<br>yapıldı.  | Marie Jacquard                       |
| M.S. 1805    | Yaylarla çalışan, resim<br>çizebilen, İngilizce ve Fransızca<br>yazabilen otomat yapıldı. | Maillardet                           |
| M.S. 1818    | Manivelalı kilit türü geliştirildi.   | Jeremiah Chub                        |
| M.S. 1843    | Mors Alfabeti icat edildi.  | Samuel Morse                         |

Tablo 4.10. Mekanik icatlar kronolojisi tablosunun devamı

| <b>TARİH</b> | <b>İCAT-BULUŞ</b>   | <b>MUCİT-BİLİM ADAMI</b>     |
|--------------|---|------------------------------|
| M.S. 1848    | Pim mandallı kilitler icat edildi.  | Linus Yale                   |
| M.S. 1855    | Faraday Kanunları ilk defa matematiksel olarak kanıtlandı.                      | James Maxwell                |
| M.S. 1876    | Dünyanın ilk Endüstriyel Araştırma Laboratuvarı kuruldu.                        | Edison                       |
| M.S. 1894    | İlk yürüyen merdiven tasarlandı.  | Jesse Reno                   |
| M.S. 1903    | İlk emniyet kemeri tasarlandı.  | Fransız Gustave Liebau       |
| M.S. 1939    | İlk helikopter yapıldı.   | İgor Sikorsky                |
| M.S. 1953    | Robot bir kaplumbağa yapıldı.   | Grey Walter                  |
| M.S. 1953    | Farklı tipteki saat parçalarının montajını yapan minyatür bir robot yapıldı.    | Japon firması Seiko          |
| M.S. 1976    | Stanford Kolu olarak bilinen ve elektrikle çalışan bir robot kolu geliştirildi. | Stanford Araştırma Enstitüsü |

Tablo 4.11. Kilit mekanizmalarında Türkçe'de ve diğer dillerde kullanılan terimler.

| <b>TÜRKÇE</b>            | <b>YABANCI DİL</b>  | <b>KELİME</b>     |
|--------------------------|---------------------|-------------------|
| Anahtar                  | Fransızca           | Clau              |
| Anahtar                  | Eski İspanyolca     | Clav              |
| Anahtar                  | İtalyanca           | Chiave            |
| Anahtar                  | Portekizce          | Chave             |
| Anahtar                  | İngilizce           | Key               |
| Anahtar ( Açık )         | Latince             | Clavis            |
| Anahtar ( Açık )         | Fransızca           | Clef              |
| Anahtar ( Açık )         | Almanca             | Schlüssel         |
| Anahtar ( Açık )         | Yunanca             | Anakhtora         |
| Asma Kilit               | İngilizce           | Padlock           |
| Asma Kilit               | Fransızca           | Cadenas           |
| Burgulu Anahtar          | İngilizce           | Screw Key         |
| Emniyet Kilidi           | İngilizce           | Warded Locks      |
| Hareket ettirmek         | Sanskritçe          | Klu               |
| Kale                     | Latince             | Clausura          |
| Kapak                    | İsveç Dili          | Lock              |
| Kapalı yer               | Latince             | Clausum           |
| Kapatmak                 | Latince             | Claudo            |
| Kapatmak                 | İngilizce           | Close             |
| Kapı Kilidi \ Kilitlemek | İtalyanca           | Luchetto          |
| Kapı Kilidi \ Kilitlemek | İngilizce           | Latch             |
| Kapı Sürgüsü             | İngilizce           | Bolt              |
| Kilit                    | İrlanda Dili        | Glas              |
| Kilit                    | Gal Dili            | Clo               |
| Kilit                    | Almanca             | Schloss           |
| Kilit                    | Fransızca           | Serrure           |
| Kilit                    | İtalyanca           | Serratura         |
| Kilit                    | İsveç Dili          | Las               |
| Kilit                    | İngiliz Sakson Dili | Loc               |
| Kilit                    | Yunanca             | Kleidi            |
| Kilit \ Kale             | Hollanda Dili       | Slot              |
| Kilit \ Kapı Mandalı     | İzlandaca           | Loca              |
| Kilit \ Kilitlemek       | İngilizce           | Lock              |
| Kilit, sürgü             | Latince             | Claustrum         |
| Kilitlemek               | Greko-İtalyanca     | Klu               |
| Kilitlemek               | Danimarka Dili      | Laas              |
| Sürgü                    | İtalyanca           | Verrou            |
| Sürgü                    | Hollanda Dili       | Bout              |
| Sürgü                    | Almanca             | Bolz              |
| Sürgü                    | Valonca             | Ferou, Verou      |
| Şifreli Kilitler         | İngilizce           | Combination locks |

Tablo 4.11. Kilit mekanizmalarında Türkçe'de ve diğer dillerde kullanılan terimler tablosunun devamı

| <b>TÜRKÇE</b> | <b>YABANCI DİL</b> | <b>KELİME</b> |
|---------------|--------------------|---------------|
| Tırnak        | Latince            | Clavus        |
| Tırnak        | Fransızca          | Clou          |
| Tırnak        | İrlanda Dili       | Clo           |
| Tırnak        | Gal Dili           | Clo           |
| Yay           | İngilizce          | Spring        |
| Zincir        | Latince            | Catena        |



16x8x2,5 cm



15x6,5x4 cm



6x11x1,5 cm



12x12x2 cm



30,8x12,3x2,3 cm



13x24x8 cm



6,5x10x2 cm



8,5x4x2 cm



4x4x2 cm



## TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, geçmişten günümüze farklı çalışma prensiplerine sahip kilit sistemleri ele alınıp toplanarak, hareket yapıları incelendi. Çalışılan mekanizmalardaki hareketli yapı ve sabit yapı arasındaki ilişki somut örnekler üzerinde gözlemlendi. Ele alınan yapıların farklı sistemlerdeki fonksiyonları karşılaştırıldı. Şifreli kilitlerdeki hareket sistemi ile sürgülü kilit mekanizmalarındaki hareket prensibinin farklılıkları ortaya koyuldu.

İlk olarak, incelenen mekanizmalardaki mandalın yaptığı hareket ile uygulanan hareket belirlendi. Bu hareketlerin her mekanizmada farklı işlevlerinin olduğu görüldü.

$$(K, A) : (T, T)$$

türündeki kilit mekanizmalarında mandalın yaptığı hareketin de uygulanan hareketin de ötelemeli hareket olduğu sonucuna varıldı.

$$(K, A) : (R, R)$$

türü kilitlerde ise bu iki hareketin dönme hareketi yaptığı, mekanizma çizimleri ve resimleriyle somut olarak gösterildi. Öteleme ve dönme hareket türlerinin aynı mekanizmada aynı anda olabileceği, matris işlemleriyle ispatlandı. Dönmeli öteleme hareketinin sonunda farklı d ötelemeleri elde edildi. Aynı hareket, dört sürgülü mekanizmalarda da incelenerek tek merkezden dört farklı hareketi doğuran hareket yapısının denklemleri sunuldu. Bu sistemlerin ardından,

$$(K, A) : (DH, T)$$

türü kilit mekanizmalarına yer verildi. Burada alınan herhangi bir

$$f : A \rightarrow B$$

fonksiyonunun

$$f(A) = B$$

fiziksel biçim değiştirmesini vereceği saptandı. İlk konumdaki eğri üzerinde alınan iki nokta arasındaki eğrisel uzaklık, ikinci konumdaki eğride bu noktalara karşılık gelen noktalar arasındaki Öklid uzaklığına eşittir. Tüm incelenen hareket türleri, çoklu hareket toplu hareket ettirici mekanizmalarda toplu olarak yorumlandı.

Farklı bir çalışma sistemine sahip şifreli kilit mekanizmalarındaki hareket, incelendi. Çok sayıda farklı türlerine rastlanabilen bu mekanizmaların temelinde ardışık dönme hareketlerinin olduğu saptandı. Dönme sayısı, dönme açısı gibi faktörlerin hareketin yapısını ve mekanizmanın şifresini nasıl değiştireceği araştırıldı. Örneklerle incelenen bu hareket yapısında, ele alınan her bir fonksiyon için (lineer, karesel, üstel fonksiyonlar gibi), farklı verilere ulaşıldı. Bunu sağlayan

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos((f(x).\theta x) & \sin((f(x).\theta x) \\ \sin((f(x).\theta x) & \cos((f(x).\theta x) \end{bmatrix}$$

Biçimindeki şifreli (code) matrisi tanımlandı. Özel olarak,

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos((-1)^{[f(x)]}.2\pi x) & \sin((-1)^{[f(x)]}.2\pi x) \\ \sin((-1)^{[f(x)]}.2\pi x) & \cos((-1)^{[f(x)]}.2\pi x) \end{bmatrix}$$

matris seçimi yapıldı. En son olarak elde edilen şifreli (code) matrisinden sarkaçlı vida hareketi

$$f(x) = (-1)^{[x]}$$

alınarak,

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos((-1)^{[x]}.\theta) & \sin((-1)^{[x]}.\theta) \\ \sin((-1)^{[x]}.\theta) & \cos((-1)^{[x]}.\theta) \end{bmatrix}$$

bulundu. Bu hareket türü, inişli çıkışlı sarkaçlı vida hareketinin ortaya çıkmasını sağladı. Bu da,

$$\beta = (-1)^{[x]}. \theta$$

olmak üzere,

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos\beta & \sin\beta & 0 & 0 \\ -\sin\beta & \cos\beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & f(\theta)(-1)^{[x]} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

biçimindedir.

En son olarak, kilit mekanizma türlerindeki hareket sistemlerinin daha somut sunulması açısından toplanan kilit örneklerinin küçük bir resim katalogu çalışma sonunda sunuldu.

## KAYNAKLAR

- Al-Hassan, A. Y., Hill, D.R., 1986. *Islamic Technology*. Cambridge University Press, Cambridge. 299.
- Aslanapa, O., Altun, Ara., 1981. *Topkapı Sarayı'nda Kalmış Bazı Kale Anahtarları*. Sanat Tarihi Yıllığı, 11(1): 13-26
- Bir, A., Kaçar, M., Saraçoğlu, S., 2006. *Antik Dönem, Ortaçağ ve Günümüzde Kilit ve Anahtar*. Türk Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi Bildirileri, 30-31 Ekim 2006. Isparta.
- Bir, A., Kayral, M., 1992. *Antik Kapılar ve Kilitler. Otomasyon*, 12(6): 58-60.
- Bir, A., Kayral, M., 1993. *El-Cezeri'nin Bir Şifreli Kutu Kilidi*. Otomasyon, 2(1): 61-63.
- Bir, A., Kayral, M., 1993. *El-Cezeri'nin Dört Sürgülü Kapı Kilidi*. Otomasyon, 1(1): 50-52.
- Bottema, O., Roth, B.M., 1979. *Theoretical Kinematics*. Nort-Holland Publishing Company, Amsterdam. 557.
- Brickell, F., Clark, R.S., 1970. *Differentiable Manifolds*. Van Nostrand Reinhold Company, London. 289.
- Cotterell, B., Kamminga, J., 2002. *Endüstri Öncesi Teknolojilerin Mekaniği*, (Çeviren: Atilla Bir) Literatür Yayıncılık, İstanbul. 372.
- Çeçen, K., 1986. *12. Asırda Diyarbakır'da Büyük Bir Türk Mühendisi: El-Cezeri*. İnsan ve Kainat, 9(13): 47-51.
- El-Cezeri, 1990. *Olağanüstü Mekanik Araçların Bilgisi Hakkında Kitap-Tıpkı Basım*. Kültür Bakanlığı Yayınları, Ankara. 255.
- Hacısalıhoğlu, H.H., 1995. *2 ve 3 Boyutlu Uzaylarda Analitik Geometri*. 4. Baskı. Ankara Üniversitesi, Ankara. 528.
- Hacısalıhoğlu, H.H., 1998. *Lineer Cebir*. 6. Baskı. Ankara Üniversitesi, Ankara. 480.
- Hill, D.R., 1974. *The Book Of Knowledge Of Ingenious Mechanical Devices*. Reidel, Boston. 285.
- İhsanoğlu, E., Şeşen, R., Bekar, M., Gündüz, G., Bulut, V., 2006. *Osmanlı Tabii ve Tatbiki Bilimler Literatürü Tarihi – I*. IRCICA, İstanbul. 714.
- Koçin, A., 1994. *800 Yıllık Otomatik Makineler*. Bilim ve Teknik Dergisi, 1 Ocak (314).
- McCarthy, J.M., 1990. *An Introduction to Theoretical Kinematics*. The MIT Press, Massachusetts. 130.
- Needham, J., 1976. *Mechanical Engineering*, Part II. Science and Civitisation in China (Editors: Needham J.). Cambridge University Press, UK. 421.
- Niku, Saed B.Niku, 2001. *Introduction to Robotics. Prentice Hall Press*, New Jersey. 349.
- Philips, B., 2000. *Locksmithing*. McGraw-Hill Companies, United States of America. 537.
- Philips, B., 2005. *Locks and Locksmithing*. McGraw-Hill Companies, New York. 525.
- Rathjen, J., 1995. *Locksmithing*. McGraw-Hill Companies, United States Of Amerika. 303.

- Rivers, P., 1883. *Development and Distribution of Primitive Locks and Keys*. Chatto and Windus, Piccadilly, London. 51.
- Sezgin, F., 2003. *Wissenschart Und Technik Im Islam*. Strauss Offsetdruck, Frankfurt. 218.
- Takiyüddin al-Rasid, 1580. *al-Turuk al-Saniyya fi'-'Âlât al-Ruhâniyya*, Kandilli Rasathanesi nr. 96: talik yazısıyla 46 yaprak.
- Tanavoli, P., 1976. *Locks from Iran*, Smithsonian Institution, Iran. 151.
- Tekeli, S., Dosay, M., Unat, Y., 2002. *El-Câmi" Beyne'l'ilm Ve'l-'Amel En-Nâfi'Fâfi'Fî Ex-Şinaâ 'Ti'l-Hiyel*. Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara. 338.
- Tok, G. 2002. *Güvenliğin Çağlar Boyu Değişmeyen Adı Kilitler ve Anahtarlar*. Bilim ve Teknik Dergisi, 8(1): 82-85
- Ünal, İ., 1963. *Kale Anahtarları*. İlahiyat Fakültesi Dergisi, 11(1) : 119-152.
- Weber, R., 1984. *Güvenliğimizin Mekanik Bekçileri: Kilitler*. Bilim ve Teknik Dergisi, 2 (1): 21-22.

<http://www.watery.co.uk/lockpicking>, 16.04.2006.

<http://www.localhistory.scit.wlv.ac.uk/museum/locks>, 16.04.2006.

<http://www.oldlocks.com>, 18.05.2006.

<http://anvilfire.com>20.05.2006.

<http://www.2.edc.org/makingmath/mathprojects/simplex>, 24.05.2006.

<http://140.116.71.92/lock>, 24.05.2006.

<http://chubblocks.co.uk/historyoflocaks.html>, 23.06.2006.

<http://www.queensnewyork.com/history/locks.htm>, 22.07.2006.

[http://www.bergen.org/AAST/projects/engineering\\_graphics/lock/pages/history.htm](http://www.bergen.org/AAST/projects/engineering_graphics/lock/pages/history.htm), 28.05.2006.

<http://www.elk.itu.edu.tr/kontrol/tarihce>, 20.10.2006.

<http://www.watery.co.uk/lockpicking>, 26.10.2006.

<http://w3.gazi.edu.tr/web/akbas/buluslar.htm>, 20.10.2006.

<http://www.antikite.com>, 18.05.2006.

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Van'da doğdu. İlk öğrenimini Van Atatürk İlkokulu'nda, orta öğrenimini Van Gölü Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü'nden bölüm üçüncüsü olarak mezun oldu. Aynı yıl içerisinde Milli Eğitim Bakanlığı'nda matematik öğretmeni olarak çalışmaya başlayarak aynı zamanda Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. 28.01.2003 tarihinde yüksek lisansını bitirerek aynı yıl içerisinde Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı'nda doktora başladı. Doktora öğrenciliğine devam etmekte olup, aynı zamanda Milli Eğitim Bakanlığı'nda matematik öğretmenliği görevini sürdürmektedir.

Semra SARAÇOĞLU