

OSMANLI DÖNEMİNDE ANADOLUDA KULLANILDIĞI BİLİLEN ALTTAN ÇEVİRMELİ SU DEĞİRMENLERİ VE SU KALDIRMA DÜZENLERİ

Atilla Bir - Mahmut Kayral*

İnsanlığın su gücünden yararlanarak makinaları çalıştırması ve değirmenleri döndürmesi için M.Ö. birinci yüzyılın başlarına kadar beklemesi gerekmiştir [1,2]. Roma İmparatorluğunun büyük bir kısmını dolaşan Amasyalı (Amesela) coğrafyacı Strabon'a göre (M.Ö.65-M.S.23), Yunanistan ve İtalya'daki en eski su değirmenlerinden önce, Anadolu'nun kuzey doğusunda Kabeira'da (şimdiki Niksar yakınlarında) Mitridas kralı bir su değirmeni inşa ettirmişti (Coğrafya XII, 3, 40). Bu ilk uygulamanın neden Anadolu kökenli olduğu basitçe açıklanabilir. Bir su değirmeni için debisi büyük ve yıl boyu sabit bir akarsu gereklidir. Mithridates krallığının yerleştiği şehir yüksek debili Lycus yakınındadır (Yeşilirmak kolu şimdiki Kelkit çayı). Bu bölgeye düşen yağış miktarı Akdeniz çukurundan çok fazla olmamasına rağmen nehrin havzası çok geniş ve suyu boldur. Oysa Yunanistan ve İtalya'daki nehirlerin çoğu (kuzey hariç) su değirmenlerini çevirmek için yeterli ve sürekli bir debiyeye sahip değildir. Değirmenlerle ilgili arkeolojik bulguların tümü yazılı kaynakları doğrular yönde M.S. ki yıllara aittir [3,4].

Değirmen çarkları milin konumu yönünden

a) Dikey milli çarklar

b) Yatay milli çarklar

olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Değirmen taşlarının dikey bir mile takılması gerektiği göz önünde bulundurulursa en eski değirmenlerin dikey bir mile takıldığı ve akan suyun kanalize edilerek tercihen dikeyle 30°'lik açı yapan bir dizi kanatın üzerine akıtılarak çevrildiği varsayılır. Bu varsayım su değirmenlerinin öncüsü sayılan önceleri insan, sonraları hayvan gücüyle çalıştırılan dikey milli değirmenlerden türetildiği düşüncesine dayanır. Modern hidrolik santrallardaki türbinlere benzeyen bu çarklarda suyun paletlerin üzerine düzgün ve yeterli miktarda akmasını sağlamak için sürekli izlenmesi, ahşap malzemenin inşa edilen çarkın ve bir çukura yerleştirilen mil yatağının sürekli bakım gerektirmesi önemli bir sakıncadır. Bugün dikey milli hiç bir değirmene rastlanmaması, arkeolojik kalıntıların da çok sınırlı oluşu özellikle bu teknik zorluklardan kaynaklanmış olmalıdır. Ancak bu değirmenlerde dişli takımına gerek kalmadığından suyun paletlerin üzerine akıtılması için gerekli 3 metre kadar yükseklik farkının getirdiği altyapı

* İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi, Kontrol Bilgisayar Bölümü, 80626 Maslak, İstanbul.

gereksinimi bir miktar karşılanmış olur. Yatay milli çarkların tümünde dişli takımı gereklidir ve bu nedenle oluşan verim kaybı göz önünde bulundurulmalıdır.

Çarklar suyun uygulanışı yönünden de iki kısma ayrılır (Şekil 1):

- a) Alttan çevrilen çarklar,
- b) Üstten çevrilen çarklar.

Belirli bir uygulamada ne tür bir çarkın kullanılacağı akarsuyun debisi ve akış hızına bağlı olarak belirlenir. Alttan çevrilen çarklar debisi yıl boyunca fazla değişmeyen, akış hızı yüksek akarsularda kullanılırken, verimi yüksek ancak kuruluş masrafı fazla ve sürekli bakım gerektiren üstten çevrilen çarklar düşük debili ve değişken akarsularda uygulama alanı bulur.

Alttan çevirmeli yatay milli çarkların konu edildiği bu yazıda Osmanlı döneminde Anadolu'da kullanıldığı belgelenen iki türü üzerinde durulacaktır. Bunlar suya daha kolay erişme yönünden bir salın üzerinde kurulan yatay çark milli değirmenler ve suyu akarsu gücüyle kaldıran noria'lardır.

1. Yatay milli, alttan çevrilen sal tipi değirmenler:

Geniş nehirlerin kıyısında kullanılan yatay milli, alttan çevrilen çarklara ait bir örnek Bozoklu Osman Şakir tarafından kaleme alınan "Musavver İran Sefaretnamesi" adlı eserdeki bir resimde görülmektedir (Resim 1). Yazarın sefir olarak İran'a giderken 1811'de uğradığı Osmancık kazasını gösteren bu resimde kalenin önünden akan Kızılırmak üzerinde iki değirmen görülmektedir [5]. Şehre ve köprüye yakın bu değirmenlerin kıyıya köprülerle bağlı sallar üzerine yerleştirildiği anlaşılmaktadır. Bu tür değirmenlerin XX. asrın başında hala daha kullanıldığını Adana ile ilgili iki kartpostal kanıtlamaktadır (Resim 2 ve 3). Burada da Seyhan üzerindeki köprünün yakınında 4 adet sal tipi değirmen yer almaktadır.

Bu tür değirmenlerde salın kenarında bulunan paletli dolap (Şekil 2), sal nehir dibine ağırlıklarla demirli ve kıyıya iplerle bağlı olduğundan (Resim 2 ve 3), akan nehir suları tarafından çevrilir. Bir dişli takımı hareketi dikey bir mile iletir. Dikey milin üst yatağını sabit bir değirmen taşı oluşturur. Milin üst ucu, sabit taşın üzerinde dönebilen değirmen taşını çevirir. Bu taşın ortasına dökülen buğday taneleri taşlar arasında ezilir, oluşan un sabit taşıdaki bir delikten çuvallara akıtılır.

Çalışma prensibini kısaca anlatmaya çalıştığımız alttan çevrilen, yatay milli değirmenlerde, faydalı güç özellikle etkin palet yüzeyi $A [m^2]$ ve nehir hızı $v [m/s]$ tarafından belirlenir. Kanatları çeviren su debisi

$$Q = A \cdot v \quad [m^3 / s] \quad (1.1)$$

kanat yüzeyine aktardığı

$$W = \frac{1}{2} m v^2 = F \cdot x \quad [N \cdot m] \quad (1.2)$$

kinetik enerji su kütlesi m [kg] ve v hızının karesi ile orantılıdır. Bu enerji palet kanatlarını x kadar öteleyen bir F [N] kuvvetinin oluşmasına neden olur.

Suyun özgül kütlesi ρ , hacmi V [m³] olmak üzere,

$$\rho = m / V = m / A \cdot x \quad [kg / m^3] \quad (1.3)$$

şeklinde ifade edilirse, paletlerdeki su basıncı (1.1) ve (1.3) ilişkilerinden

$$p = F / A = \frac{1}{2} m v^2 / A \cdot x = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad [N / m^2] \quad (1.4)$$

olarak elde edilir. Bu su basıncının oluşturduğu P_g mekanik giriş gücü

$$P_g = F \cdot v = (F / A) \cdot (A \cdot v) = p \cdot A \cdot v = p \cdot Q \quad [W] \quad (1.5)$$

η sistem verimi ile,

$$P_\zeta = \eta P_g = \eta p Q = \frac{1}{2} \eta \rho A v^3 \quad [W] \quad (1.6)$$

v akarsu akış hızının kübüyle orantılı P_ζ sistem çıkış gücünü belirler.

Örnek olarak akış hızı $v=1,5$ m/s olan bir nehirde, etkin palet alanı

$$A = 20 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 1000 \text{ cm}^2 = 0,1 \text{ m}^2$$

olan bir çark göz önünde bulundurulur, ve kullanılan basit dişli takımı ve yatak sürtünmeleri nedeniyle verim $\eta = \% 22$ olarak alınırsa, suyun özgül kütlesi $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ için (1.6) çıkış gücü ilişkisinden

$$P_{\text{ç}} = \frac{1}{2} \cdot 0,22 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,1\text{m}^2 \cdot (1,5 \text{ m/s})^3 \cong 37 \text{ W}$$

olarak hesaplanır. Bir beygir gücü $1 \text{ PS} = 736 \text{ W} \cong 10 \text{ insan gücü}$ 'ne eşit olduğundan burada elde edilen gücün yaklaşık $1/20$ beygir ya da $1/2$ insan gücü'ne eşdeğer olduğu görülür. Buna göre bu değirmen, daha önceleri insan ya da hayvan gücü ile çevrilirken, M.Ö. 1.yüzyılda su gücü ile çevrilebilir hale gelmiştir. Eğer değirmeni çevirmek için su hızı iki kat daha fazla ($v=3 \text{ m/s}$) olan bir nehirden yararlanılırsa, güç $2^3=8$ kat artar ve çıkış gücü $37 \times 8 = 296 \text{ W}$ mertebesine ulaşır. Bu değer $8/20 = 0,4$ beygir gücü ya da 4 insan gücü'ne eşdeğerdir.

Sal tipi değirmenler gerektiğinde, akar su debisinin uygun olduğu, akıntının hızlandığı nehir kıvrımlarında, buğday ve un çuvallarının kolaylıkla arabalara aktarılabilceği yol kenarlarına kurulduğu anlaşılmaktadır. Sal değirmenleri büyük bir ihtimalle kullanılmadıkları dönemlerde daha korumalı yerlere çekilmekteydi. Bu hareketli yapı, akarsu yatağındaki değişimlerden fazla etkilenmediği için, sabit değirmenlere göre büyük bir üstünlük sağlar. İşletmede karşılaşılan tek sorun malzemenin bir köprü üzerinde sırtta taşınarak değirmene ulaştırılması gerektiğinde yaşanır.

2. Yatay milli, alttan çevirmeli su kaldırma düzenleri (noria):

Ortaçağda Doğu Anadolu, yukarı Mezopotamya ve Suriyede aktarma elemanı olarak dişlilerden yararlanmayan büyük su dolaplarına naure (naïre) denir. Aynı çarklara Mısır, Sudan ve Irakta farsçadan dilimize geçmiş olan dolap (davlab) adı da verilir. Buna karşılık İspanyada ve batı dillerinde yaygın naure'den türetilmiş noria kelimesi kullanılır [2]. Noria'lar debisi yüksek akarsuların kenarında bulunur. Genellikle çark çapı kaldırılacak su yüksekliğine bağlı olarak değişir. Çarkın çevresinde birer adım aralıklarla yerleştirilmiş olan paletler hızlı akan su tarafından sürüklenir. Böylece eksen çubukları ile yataklı bir mile bağlı çark dönmeye başlar. Amaç su gücünden yararlanarak akarsuyun suyunu belirli bir yüksekliğe kaldırmaktır. Bunun için çarkın çubukları ve çevresi arasına yerleştirilen bölmelerden ya da çubuklara bağlarla tutturulan tercihen seramik veya deri kaplardan yararlanır. Burada incelemeyi amaçladığımız norai'lar bölmeli türden olup eskiden Fıratın kolları

ile Asi nehri üzerinde çok yaygın kullanıldığı bilinmektedir. Roma döneminde bu çarklardan debisi düşük Akdeniz bölgesi nehirleri ya da durgun sularından su kaldırmak için faydalanılmıştı. Bu tür antik çarklarda paletler yerine çark etrafına yaklaşık 30 cm aralıklarla yerleştirilen basamaklarda yürüten kölelerin gücünden yararlanılırdı (Şekil 3). Basamakların altında çark çevresi boyunca uzanan bölmeler vardı. Bölmelerin kenarlarında tıpkı norialarda olduğu gibi bir delik bulunurdu (Şekil 4). Çark durgun ya da sakin akan suyun içine girince, hava, bölmelerin deliklerinden kabarcıklar halinde dışarıya çıkarken, bölmeler suyla dolardı. Kölelerin çevirdiği çarkın suyla dolu bölmeleri çarkın üst kısmına eriştiğinde, su bu kez aynı deliklerden bir depoda toplanmak üzere bir kanala akardı.

Ortaçağda gittikçe kıtlaşan insan gücünün yerini hayvan gücü almış ve dikey bir mile aktarılabilen hayvan gücü, sadece dişli çarklar vasıtasıyla, bu tür yatay milli çarklara aktarılabilmiştir [3]. Ancak dişli çarklarındaki yüksek verim kayıpları bu yöntemin kullanılabilirliğini uzun süre engellemiştir. Verilen örneklerden görülebileceği gibi, debisi yüksek akarsularda, insan gücüne gerek kalmadığından noria'lar 19. asrın sonuna kadar kullanılmaya devam edile gelmiştir (Resim 4,5,6).

Resimlerden görüldüğü gibi bu tür çarklarda genellikle $n=64$ çubuk bulunur. Kalıntılardan her çubuğun çevrede $L=50$ cm'lik aralıklarla yerleştirildiği bilindiğine göre, çarkın çevresi $\mathcal{C} = n \cdot L = 64 \times 50 \text{ cm} = 3200 \text{ cm} = 32 \text{ m}$ 'dir. Buna göre çarkın çapı $D = \mathcal{C} / \pi = 32 / \pi \approx 10 \text{ m}$ 'dir. Bölmelerin karesel kesitli kenarları $a=10 \text{ cm}$, alanı $A = a^2 = 100 \text{ cm}^2$ ve hacmi $V = A \cdot L = 100 \text{ cm}^2 \times 50 \text{ cm} = 5000 \text{ cm}^3 = 5 \text{ lt}$ 'dir. Bu durumda kuramsal toplam hacim $V_k = n \cdot V = 64 \cdot 5 \text{ lt} = 320 \text{ lt}$ olarak hesaplanır. Eğer su kayıpları ve bölümler arasındaki duvar kalınlıkları da göz önünde bulundurulursa $\eta = \% 70$ verim ile gerçek hacim $V_g = \eta \cdot V_k = 0,7 \cdot 320 \text{ lt} = 224 \text{ lt}$ olarak bulunur.

Nehrin çarkı $v = 0,5 \text{ m/s}$ bir hızla sürüklediği varsayılırsa

$$v = R \cdot \omega = R \cdot 2 \pi f = D \pi f \quad (2.1)$$

ilişkisinden çarkın dönüş frekansı **devir / dk** boyutunda

$$f = v / \pi D = 0,5 \text{ m/s} / (\pi \cdot 10\text{m}) \cong 0,0166 \text{ d / s} = 1 \text{ d/dk} \quad (2.2)$$

olarak hesaplanır. Buna göre noria dakikada bir tur dönmekte ve

$Q = 224 \text{ lt /dk} = 3,73 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$ debiyle suyu H yüksekliğine kaldırmaktadır. Gerçekçi bir yaklaşımla kaldırma açısı 120° kabul edilirse (Şekil 5), kaldırma yüksekliği

$$H = 2 R \sin 60^\circ = \sqrt{3} R = 8,66 \text{ m} \quad (2.3)$$

olarak bulunur. Eğer antik dünyada olduğu gibi bu iş için kölelerden yararlanılırsa, $\rho = 1000 \text{ kg /m}^3$ suyun özgül kütlesi, $g \cong 10 \text{ m / s}^2$ yer çekimi ivmesi olmak üzere, gerekli güç

$$P_t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cong 1000 \text{ kg / m}^3 \cdot 10 \text{ m / s}^2 \cdot 3,73 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 8,66 \text{ m} = 323 \text{ W}$$

olarak hesaplanır. $\eta = \% 75$ verim ile bu iş için, gerekli insan gücü P_g , 1 insan gücü = 1 PS / 10 = 73,6 W olduğundan,

$$P_g = P_t / \eta = 323 / 0,75 = 430 \text{ W} \cong 6 \text{ kişi} \quad (2.4)$$

mertebesindedir. Bu nedenle tarlaların sulanması ya da şehirlerde genel kullanım için gerekli su, ancak Asi nehri gibi debisi bol akarsulardan elde edilebilir.

Sulamada kullanıldığında kanalların eğimi $1 / 200 = \% 0,5$ olduğundan, eğim açısı $\alpha = \text{arc tg } 0,005 = 0^\circ, 286$ ile, sulanabilecek en uzak mesafe

$$L_s = H / \text{tg } \alpha = 8,66 \text{ m} / \text{tg } 0^\circ, 286 = 1,735 \text{ km} \quad (2.5)$$

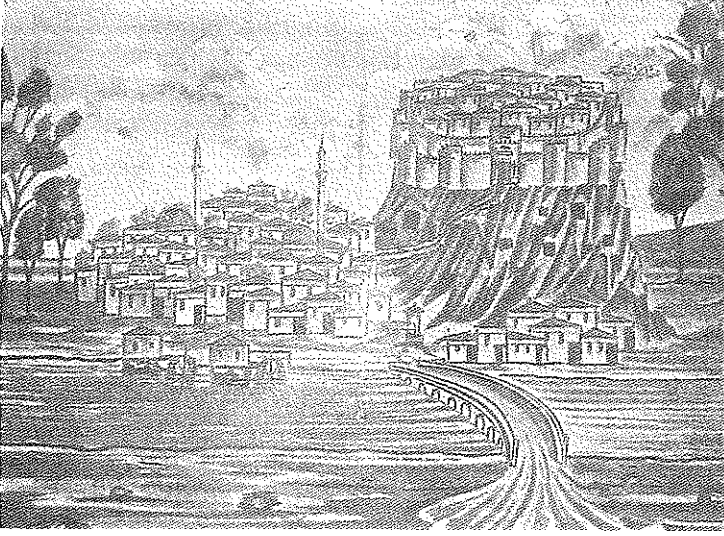
olarak hesaplanır. Yüksek debili nehirlerde $R = 10 \text{ m}$ ve $H = \sqrt{3} R = 17,32 \text{ m}$ alınarak sulama mesafesi $L_s = 3,5 \text{ km}$ 'ye kadar çıkarılabilir.

Bugün bu etkili su kaldırma düzenlerin mevcudiyetini ancak solgun 19. asır kartpostalları ve resimleriyle kanıtlanabilmektedir. Suriyede Hama şehrinde yine Asi nehri üzerindeki 10 m yarıçapındaki dev noria son yıllarda restore edilerek tekrar canlandırıldı [3]. Kültür varlığımızın hoyratça heba edildiği asrımızda bu dev dinazorların sadece görsel kalıntılarıyla yetinmek zorundayız. Kanuni'nin 1536 Irak seferinde geçtiği yerlerdeki olayları anlatan Matrakçı Nasuh'un kitabında [7] Eskişehir'in görünümünü veren minyatürde Porsuk üzerinde bir noria'nın bulunduğunu ve bununla bir binaya su kaldırıldığını görüyoruz (Resim 5). Osmanlı minyatürlerinde genellikle sayfa klişeleşmiş resim kalıplarıyla doldurulsa bile en önemli ayrıntı hep başarıyla

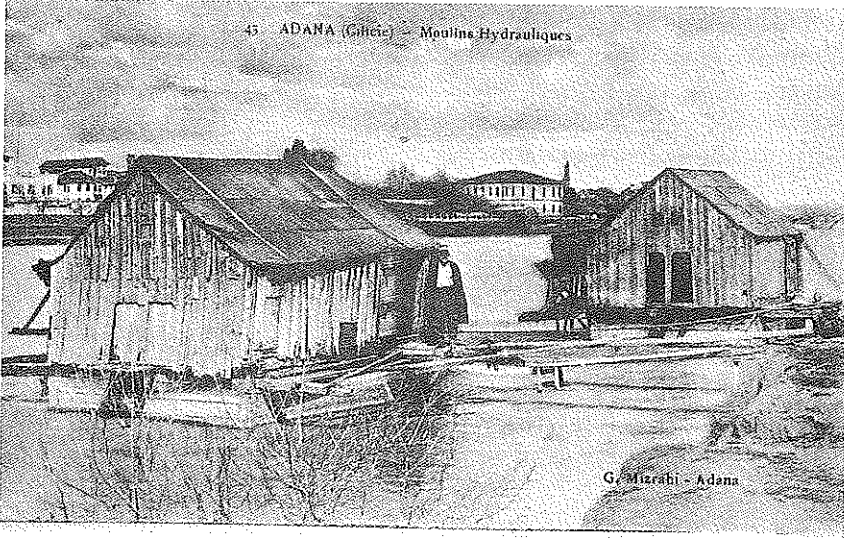
aktarılmış ve dikkatli izleyici bilgilendirilmiştir. Minyatürde Eskişehirdeki topolojik duruma uygun olarak önemli cami, han, çeşme, hamam gibi yapılar, kale duvarları ve akarsular verilmiş, Porsuk üzerindeki noria'nın ise konstrüktif en önemli öğeleri şaşılabacak derecede doğru ve basit aktarılmıştır.

Kaynaklar

1. Landels, J.G., *Eski Yunan ve Roma'da Mühendislik- Tübitak Popüler Bilim Kitapları 34*, Ankara 1996.
2. White, K.G., *Greek and Roman Technology*, Thames and Hudson, 1984.
3. Thorkild Schiøler ; *Roman and Islamic Water-Lifting Wheels*, Odense University Press, 1973.
4. Basalla, George, *Teknolojinin Evrimi- Tübitak Popüler Bilim Kitapları 29*, Ankara 1996.
5. Savaş, Ali İbrahim, *Osmanlı Elçilerinin Sefaret Güzergahları- Toplumsal Tarih 27*, Mart 1996, s. 54-62.
6. Demir, Ataman, *Çağlar içinde Antakya*", *Akbank Kültür ve Sanat Kitapları*; 62, 1996.
7. Matrakçı, Nasuhî's - Silahi, *Beyan-ı Menazil-i Sefer-i Irakeyn-i Sultan Süleyman Han*, Hüseyin G. Yurdaydın, Türk Tarih Kurumu Yayınları, Ankara, 1976.



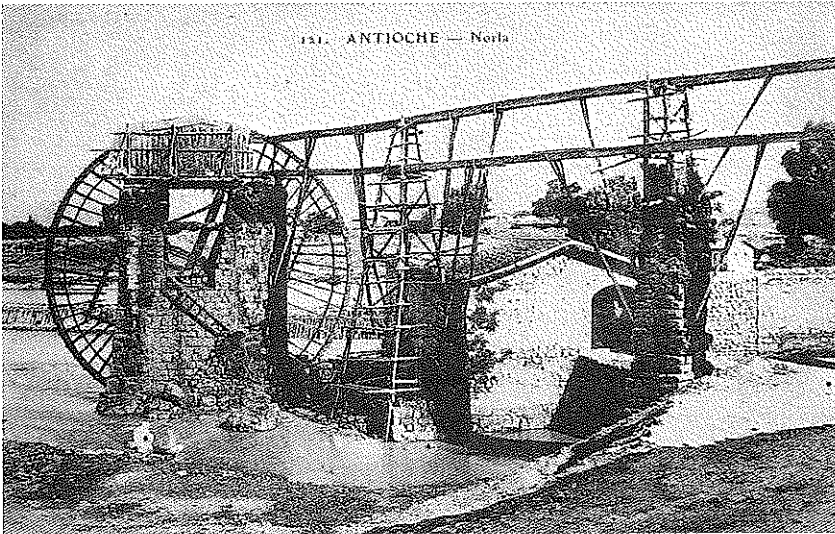
Resim 1. Bozoklu Osman Şakir'in 1811'de kaleme aldığı "Musavver İran Sefaretnamesi" adlı eserinde Osmanlı kazasına ait resim. Köprü'nün sol tarafında iki adet su değirmeni görülmektedir [5].



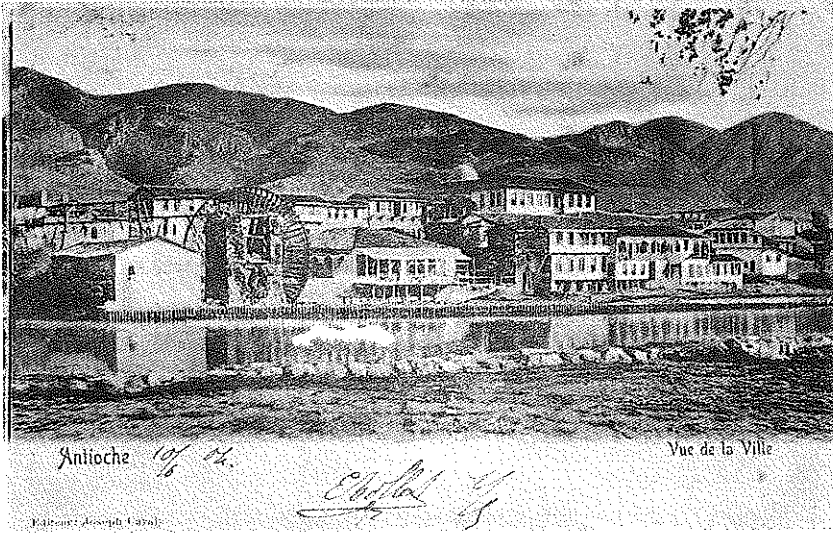
Resim 2. Adana'da Seyhan nehri üzerinde iki adet su değirmenini gösteren kartpostal. Akıntıdan yeterince yararlanmak üzere nehrin sol kıyısında demirlemiş ve kıyıya bağlanmış, salları üzerindeki bu değirmenlerin arkasında Adana şehri ve Taş köprü görülmektedir. Öndeki değirmen açık kapısı önünde değirmenci de poz vermiş (A. Bir koleksiyonu).



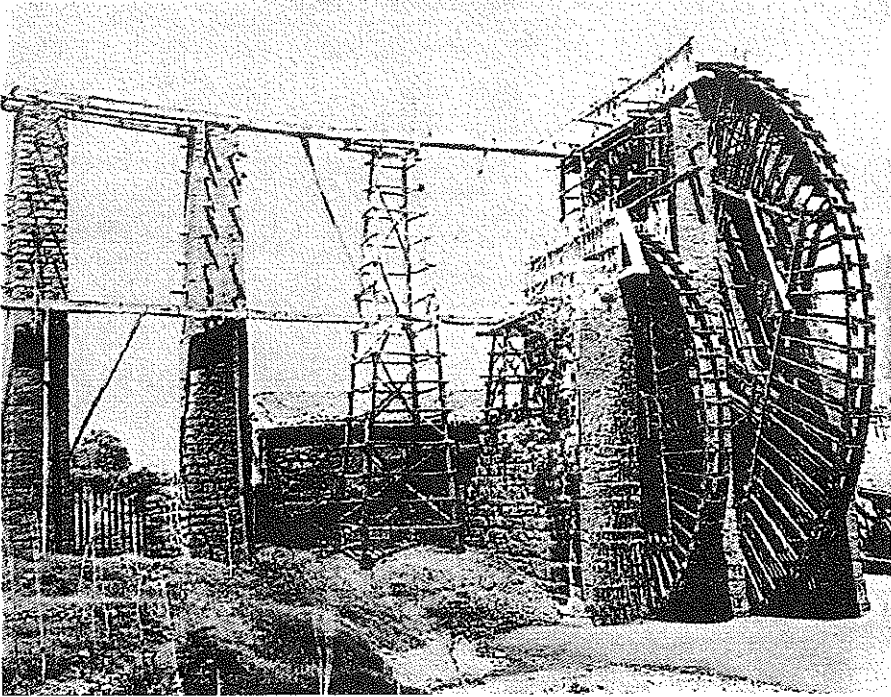
Resim 3. Daha geriden çekilmiş olan bu kartpostal resminde değirmenlerin aslında dört adet olduğu ve kıvrım yapan nehrin bu noktada çok hızlı aktığı açıkça görülmektedir. (A. Bir koleksiyonu).



Resim 4. Antakya'da sulamada kullanılan bir noria'yı gösteren kartpostal (A. Bir koleksiyonu).



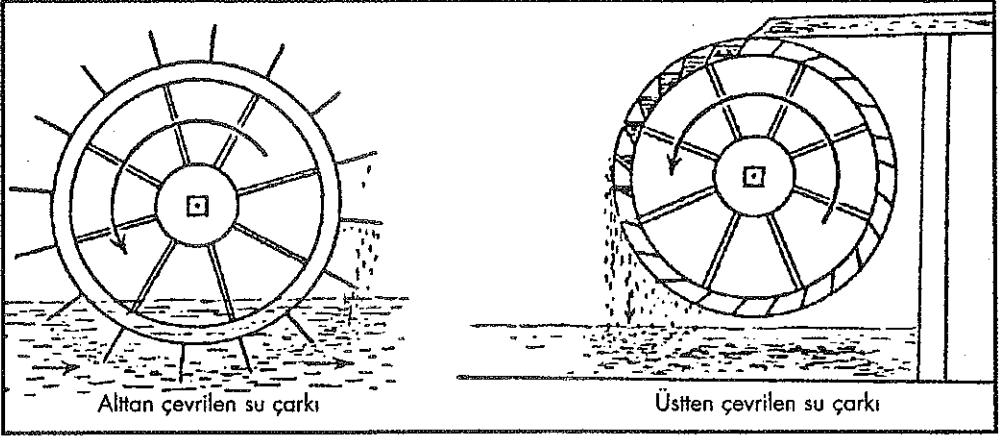
Resim 5. Antakya'da bir mahallenin su ihtiyacini karşılayan bir noria'yı gösteren kartpostal (A. Bir koleksiyonu).



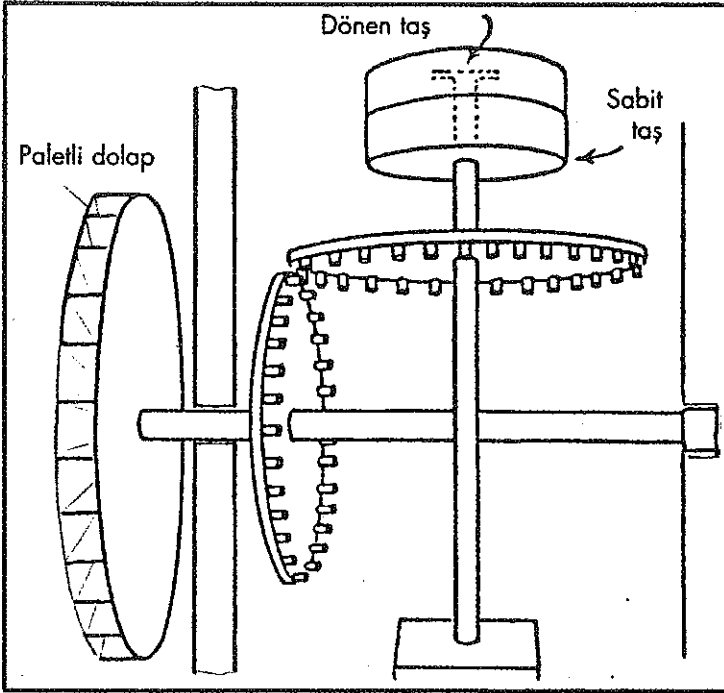
Resim 6. Antakya'da iki farklı seviyeye su kaldıran bir çifte noria'yı gösteren resim [6].



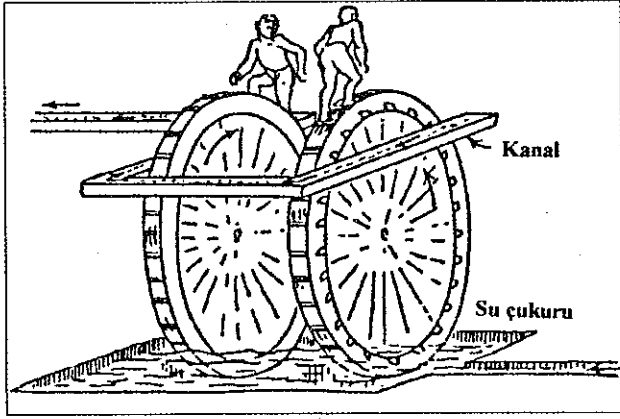
Resim 7. Matrakçı Nasuh'un "Beyan-ı Menazil-i Sefer-i Irakeyn-i sultan Süleyman Han" adlı eserinde Eskişehir minyatürü. 1536 tarihinde şehrin ortasından akan Porsuk kenarında ir binaya noria ile su kaldırıldığı açıkça görülmektedir [7].



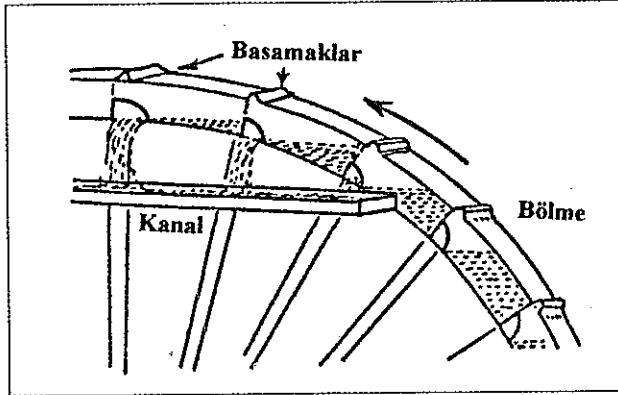
Şekil 1. Alttan ve üstten çevrilen su çarkları [1,2].



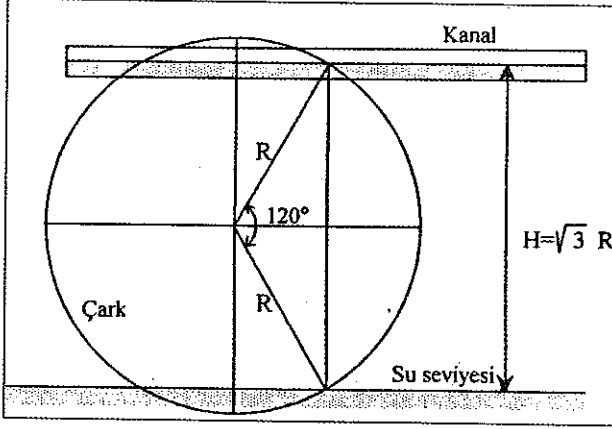
Şekil 2. Su değirmenlerinin çalışma prensibi [1].



Şekil 3. İnsan gücüyle çevrilen bölmeli çarklar [1].



Şekil 4. Bölmeli çarklarda basamak, bölme ve kanal ayrıntısı [1].



Şekil 5. Bölmeli çarklarda bölme, su kaldırma yüksekliği H 'nın belirlenmesi.