

# Sanxia (Three Gorges) (Üç Boğaz)

## Barajı, Hidroelektrik Santrali, Gemi Geçidi

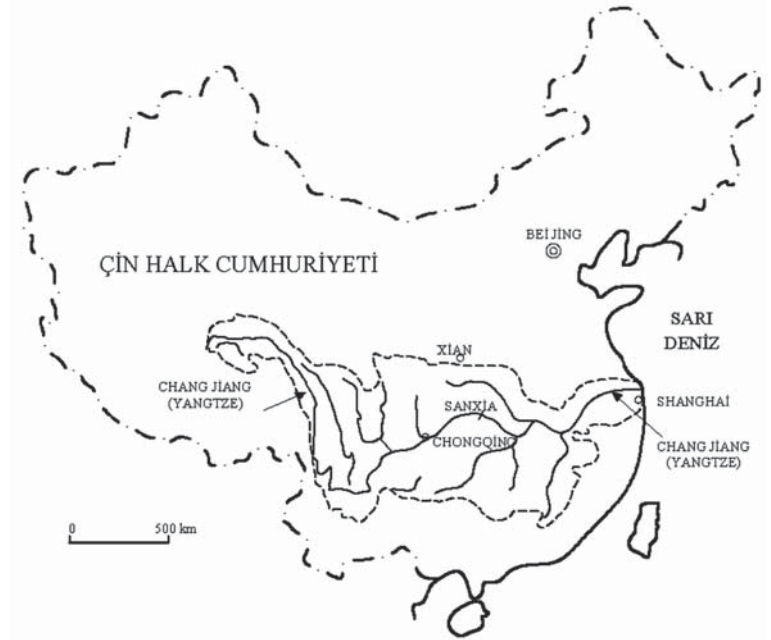
### Özet

Çin Halk Cumhuriyeti'nde Chang Jiang üstünde, temelden 181 m yüksekliğindeki Sanxia beton ağırlık barajının eteğindeki hidroelektrik santral, 18.200 MW ile dünyanın en güçlü su kuvveti tesisi olarak, ortalama 85 TWh/yıl elektrik enerjisi üretecek (sağ sahilde 4.200 MW güçteki yeraltı santrali tamamlandığında, üretim 100 TWh/yıl mertebesine yükselecek) ve 50 milyon ton/yıl kömürden tasarruf edilmesini sağlayacaktır. Sanxia barajı 10 yılda bir aşılma olasılığı bulunan taşkınları 100 yılda bir aşılma olasılığına indirgeyerek, 15 milyon kişinin yaşadığı yerleri, 1,5 milyon hektar tarımsal araziye taşkından koruyacaktır. Beş kademede 113 m yükselti farkına sahip, dünyanın en büyük gemi geçidiyle donatılan Sanxia barajının akarsuyu düzenlemesiyle, azami gemi ağırlığını on katına, yıllık taşıma kapasitesini beş katına arttırmak, taşıma masraflarını %35 azaltmak, 600 km uzunluğundaki baraj haznesinin Üç Boğaz kesiminde gemi turizmını geliştirmek mümkün olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Baraj, santral, gemi geçidi, Sanxia, Üçboğaz, Chang Jiang, Yangtze, Çin.

### Genel Planlama

Chang Jiang (Çanğ ciyanğ = uzun ırmak) (eski adı: Yangtze Kiang) Tibet yaylasının kuzeydoğusundaki Tangula dağlarından doğar; Çin Halk Cumhuriyeti'ni batıdan doğuya kateder; Shanghai'nin kuzeyinde Doğu Çin Denizi'ne dökülür. Sanxia (Sanxia = üç boğaz) barajı Chang Jiang'ın orta kesiminin sonlarında, Hubei vilayetinde Yichang'ın 30 km batısında akışyukarisinde, Sandouping yakınındadır (Şekil 1) [C.T.G.P.C 2000; Wang 2004; Jin 2006; Dai 2006; Ford 2007; Shaw, Mooney, Hurst 2007; Xu 2008; Wikipedia 2009].



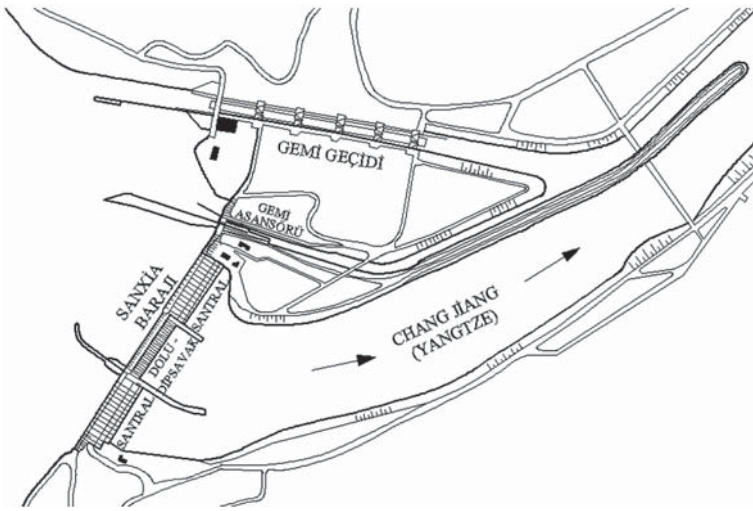
Şekil 1 - Chang Jiang havzası ve Sanxia barajının yeri.

1919'da Çin Cumhurbaşkanı Sun Yat-Sen, Chang Jiang'ın aşağı kesiminin akarsu ulaşımı, yukarı kesiminin hidroelektrik enerji üretimi için geliştirilmesi hedefini belirtmiş; 1930'lu ve 1940'lu yıllarda bazı çalışmalar yapılmış; Çin Halk Cumhuriyeti 1949'da kurulduktan sonra, 40 yılı aşkın sürede, 100 seçkin kurumda, 1000 uzman, projenin olumlu ve olumsuz yönleri, çevreye etkisi üzerinde çalışmış; nihai proje, 1992'de Büyük Halk Meclisi'nde büyük bir çoğunlukla kabul edilmiştir.

Sanxia Dàbà (Üçboğaz büyük barajı) yapımına geçilmeden önce, akışaşağısında Yichang'da, Chang Jiang üstünde, akarsuyun davranışını da bir ölçüde incelemek üzere, daha küçük boyutlardaki Gezhou Bà (Gezhou barajı) inşa edilmiştir. Yüksekliği 70 m, kret uzunluğu 2,6 km, santral kurulu gücü 2.715 MW, yıllık ortalama enerji üretimi 16 TWh/y olan, gemi geçidi de bulunan Gezhou barajı 1998'de tamamlanmıştır.

## Amaç

Sanxia çok amaçlı bir proje olup: (a) enerji üretimi; (b) taşkın kontrolü; (c) akarsu ulaşımı, amaçlarına yöneliktir. Sanxia beton ağırlık barajının orta kesimi dolu ve dip savakları barındırmakta; sol



Şekil 2 - Sanxia barajı, hidroelektrik santrali, gemi geçidi genel yerleşim planı [C.T.G.P.C. 2000].



Foto 1 - Sanxia barajı, hidroelektrik santrali, gemi geçidinin baraj yerinde sergilenen havadan görünümü (2007) (Foto: C.T.G.P.C./Ü. Özış).

ve sağ sahildeki bölümlerinin eteğinde hidroelektrik santral, ayrıca sağ sahilde bir yeraltı santrali yer almakta; sol sahilde bir gemi asansörü, sol yamaçta esas gemi geçidi bulunmaktadır (Şekil 2, Foto 1).

Sanxia barajı eteğinde 18.200 MW gücündeki hidroelektrik santralde, ortalama 85 TWh/yıl enerji üretimi gerçekleştirilecektir. Bu değer Çin'in 20. yüzyıl sonlarındaki ihtiyacının 1/9'u civarında olup, bu sayede 40-50 milyon ton/yıl kömür eksik tüketilerek çevre koşullarının korunmasına önemli katkı sağlanmış olacaktır. Sağ sahilde yapımı süren 4.200 MW gücündeki yeraltı santrali de tamamlandığında, ortalama üretim 100 TWh/yıl mertebesine ulaşacaktır.

Baraj haznesi, 10 yılda bir aşılacak taşkını 100 yılda bir aşılır duruma indirgeyerek, 15 milyon kişinin yaşadığı çok sayıda yerleşim yerini taşkından koruyacak, Ji-anghan ovası ve Dongting gölü bölgesinde 1,5 milyon hektar arazide güvenli tarımsal üretimi sağlayacaktır.

Sanxia barajının düzenlemesi sayesinde, kurak mevsimde 3.000 m<sup>3</sup>/s mertebesinde olan akışların 5.000 m<sup>3</sup>/s'nin üzerine yükseltilmesiyle, akarsu ulaşımının taşıma kapasitesi 10 milyon ton/yıl'dan 50 milyon ton/yıl'a çıkarılacak; masrafları % 35 kadar azalacak; Chongqing ile Yichang arasındaki kesimde azami 1.000 tonluk gemi yerine 10.000 tonluk gemilerin çalışabilmesi sağlanacak; özellikle Üçboğaz kesiminde yoğun biçimde gemi turizmi gerçekleştirilecektir.

## Çevresel Etki

Sanxia barajı haznesinin kapladığı alanda 20 kent, 150 kasaba, 1.500 köy, 650 endüstri tesisi, 30.000 ha tarım arazisi, bini aşkın arkeolojik yer su altında kalmaktadır. Bu bağlamda, yer değiştirmek durumunda kalan nüfus 1,2 milyon kişi olup, çoğuna yeni iş eğitimi verilerek, 1997, 2003, 2009'da üç aşamada, kendi beldelerinin hazne seviyesinin üstündeki kesimlerinde, havzanın diğer kentlerinde, veya Çin'in başka eyaletlerinde yerleştirilmişlerdir.

Chongqing'deki Üç Boğaz Müzesi'nin duvarlarında, 100 m uzunluğunda ve 2 m yüksekliğinde, Liu Zuzhong'un iki yıl arazide dolaşarak çizdiği, Chongqing ile Yichang arasında akarsu boyunca su altında kalacak yerleri de gösteren, şerit resim dizisi yer almaktadır.

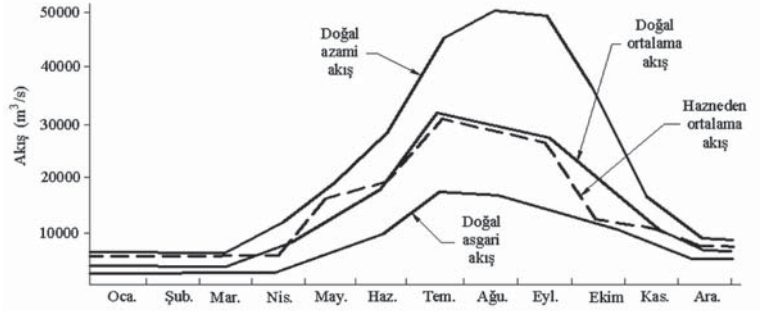
Baraj gölü sayesinde ivme kazanan gemi turizmiyle, bazı tarihi yerlerin daha kolay ve daha çok kişi tarafından gezilme olanağı doğmaktadır. Chang Jiang üstünde seyreden gemilerin Chongqing'den sonra sol sahildeki uğraklarından, şeytan heykelleriyle ünlü, 'hayaletlerin mekanı' olarak anılan Fengdu'nun teleferikle ulaşılan tepesinde birçok tapınak yer almaktadır. Baraj gölü kıyısında ki tepelerde, Baidicheng ve Shibaozhai gibi tarihi yerler de bulunmaktadır.

Chang Jiang, özellikle taşkınlarda, önemli rüsubat taşıyan bir akarsudur. Hazneye gelecek rüsubat konusunda geniş kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Sanxia barajının haznesi gelen akışa göre nisbeten küçük sayılabileceğinden, işletme düzeni de rüsubatın büyük bir kısmının dolusavak ve dipsavaklardan atılması, rüsubatın az geldiği dönemde haznenin doldurulması esasına dayanmaktadır (Şekil 3).

Sanxia'nın akış yukarısında, ana yatak üstünde Xiluodu ve Xiangjia, Minjiang kolu üstünde Zipingpu ve Pubugou, Jialingjiang kolu üstünde Tingzikou ve Hechuan, Wujiang kolu üstünde Goupitan ve Pengshui gibi önemli barajlar öngörülmüştür.

Ancak, Chang Jiang'ın akış yukarısı kesimlerinde mevcut ve tasarlanmış baraj haznelerinin rüsubat tutucu katkıları olmasa da, gelen rüsubatın 80-100 yıl sonunda dinamik dengeye ulaşacağı, haznenin % 90'ının muhafaza edilebileceği öngörülmektedir.

Sanxia barajından önce, Chang Jiang'a pek çok sanayi tesisinin ve kentsel yerleşimin atık suları boşaltıldığından, baraj haznesinin akış hızını ve çevrirtiyi azaltıcı etkisiyle çevre sorunları yaşanmaması için, bu yerlerde atık su arıtma tesislerinin yapımı da öncelikle ele alınmıştır.



Şekil 3 - Sanxia baraj yerinde akışlar [C.T.G.P.C. 2000].

## İnşaat

Sanxia projesinin geliştirilmesi ve inşaatı 'China Three Gorges Project Corporation' tarafından yürütülmektedir. Elektromekanik donatım bazı üniteler için 'Alstom, ABB, Kvaerner, Haerbin Motor'; bazı üniteler için 'Voith, General Electric, Siemens, Oriental Motor' konsorsiyumlarınca sağlanmıştır.

Projenin gerçekleştirme maliyetinin, 50 milyar RMB inşaat, 40 milyar RMB yer değiştirme olmak üzere, toplam dinamik yatırım bedelinin 200 milyar RMB (Çin para birimi: Renminbi = Yuan), dolayısıyla 27 milyar USD mertebesinde olduğu ifade edilmektedir.

İnşaata 1993'te başlanılmış; 1997 Kasım'ında Chang Jiang'ın çevrilmesiyle birinci safha sona ermiştir. 2003'te baraj haznesinde su tutulmuş; 113 m yükselti farkını aşan gemi geçidi tamamlanmış; 'China Yangtze Electric Power Company' tarafından ilk ünitelerden elektrik üretimine başlanılmış; 2006'da sol sahildeki santralda 14 üniteden üretim gerçekleştirilmiştir.

2007'de sağ sahildeki santralda altı ünite kurularak, toplam 20 üniteden üretim sağlanmış; 2008 sonunda 26 üniteden üretim yapılmış; 2009'da tesis tam gücüyle çalışmıştır. Sol sahildeki gemi asansörü ile sağ sahildeki yeraltı santralının yapımı sürmektedir.

İnşaat kapsamında iş işgücü azami 25.000 kişiye ulaşmış (24 saat, üç vardiya); 103 milyon m<sup>3</sup> toplam kazı; 32 milyon m<sup>3</sup> toplam dolgu; 28 milyon m<sup>3</sup> toplam beton; 460.000 t toplam inşaat demiri; 260.000 t toplam madeni imalat yapının başlıca unsurlarını oluşturmuştur.

## Baraj Haznesi

Chang Jiang 6.300 km ile Nil ve Amazon'dan sonra dünyanın üçüncü en uzun akarsuyudur. Toplam yağış alanı 1.800.000 km<sup>2</sup>; toplam ortalama akışı 960 km<sup>3</sup>/y (milyar m<sup>3</sup>/y) mertebesindedir. Baraj yerinin yağış alanı 1.000.000 km<sup>2</sup>; gelen ortalama akış 450 km<sup>3</sup>/y (14.300 m<sup>3</sup>/s); gelen ortalama rüsubat 530 milyon t/yıl'dır. Sanxia baraj yerine gelen yıllık ortalama akış, Türkiye akarsularının yıllık ortalama akışları toplamının 2,5 katı, Fırat akışlarının 15 katı mertebesindedir.

Azami hazne hacmi 39 km<sup>3</sup> (175 m yükseltide); faydalı hazne hacmi 27 km<sup>3</sup>'tür. Faydalı hazne hacmi gelen ortalama akışın % 6'sı civarında bulunduğundan, taşkın akışlarının sönmülmesinin ötesinde, düzenleme olanakları çok sınırlıdır. Azami hazne hacmi Atatürk barajının 48 km<sup>3</sup>, Keban'ın 30 km<sup>3</sup>; faydalı hazne hacmi Atatürk barajının 12 km<sup>3</sup>, Keban'ın 15-25 km<sup>3</sup>'tür.

Sanxia'nın öngörülen taşkın kontrol hacmi 22 km<sup>3</sup> olup, suyun % 60'ının, rüsubatın % 85'inin geldiği Haziran - Eylül süresinde hazne su seviyesi 145 m yükseltide tutulup, Ekim sonunda 175 m yükseltiye çıkarılacak biçimde hazne işletilecek; dolu ve dip savakların da katkısıyla, rüsubatın büyük kısmının hazneye çökmeden mansaba aktarılması sağlanacaktır. Hazne işletme esasları 'bulanık suyun savılması, berrak suyun biriktirilmesi' olarak özetlenebilir.

Doğal duruma kıyasla 632 km<sup>2</sup> su altında kalarak, Sanxia'nın azami hazne alanı 1.084 km<sup>2</sup> olmaktadır. Azami hazne alanı Atatürk barajında 817 km<sup>2</sup>, Keban'da 687 km<sup>2</sup>'dir. Sanxia'nın azami hazne uzunluğu 670 km; azami hazne genişliği 2,3 km; azami hazne derinliği 160 m'dir. Ortalama hazne genişliği 1,6 km mertebesindedir. Sanxia haznesi yaygın bir gölden çok geniş bir akarsu görünümündedir. Atatürk barajının hazne uzunluğu 180 km, Keban'ın 125 km; ortalama hazne genişliği Atatürk barajının 4,5 km, Keban'ın 5,5 km'dir; ancak her iki hazne de birer göl görünümündedir.

Hazne yamaçlarında heyelan tehlikesi yaratacak bazı kesimler bulunmakla birlikte, bunların toplam hacminin 0,35 milyar m<sup>3</sup> ve en yakınının baraj yerine 25 km'den uzak olduğu belirlenmiştir.

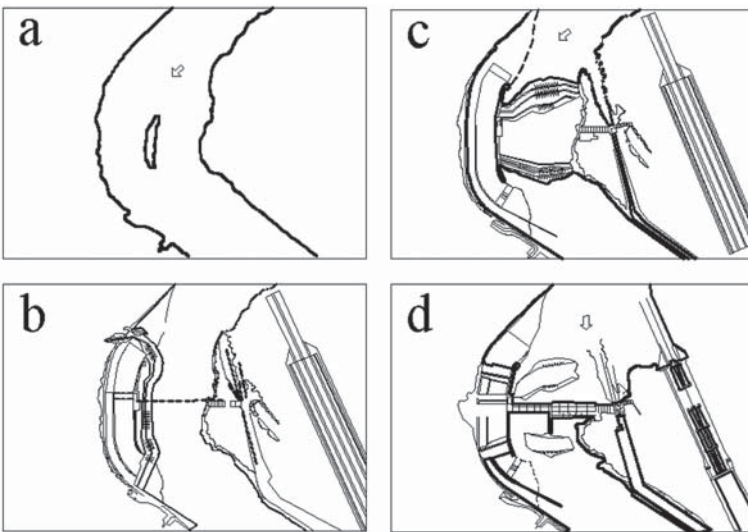
## İnşa Süresinde Çevirme

Sanxia barajı inşaatı süresince akarsuyun çevrilmesi çok ilginç yaklaşımlarla sağlanmıştır. Bu bağlamda baraj yerindeki Zhongbao adasından yararlanılarak, batardolar yardımıyla kademeli çevirme

sistemi uygulanmıştır. Onbeş seçenek arasından baraj yerinin belirlenmesinde, bu adanın varlığının çevirme sistemine olumlu etkisi de bir etken olmuştur (Şekil 4a).

1993-1997 süresindeki birinci kademe (Şekil 4b), ada ile sağ sahil arasındaki kesim, ada tarafında kıyı boyunca sedde niteliğindeki batardolarla kapatılarak, gemilerin de geçebileceği bir mecra düzenlenmiş; bu sırada akışlar ve gemiyle taşımacılık için ada ile sol sahil arasındaki esas yatak kullanılmıştır.

1998-2003 süresindeki ikinci kademe (Şekil 4c), ada ile sol sahil arasındaki ana yatak, kaya-toprak dolgu memba (Şekil 5) ve mansap batardoları, ada tarafı silindire sıkılan beton batardoyla kapatılarak, sol sahildeki baraj ve santal kesimi ile ortadaki dolu ve dipsavak kesimi inşa edilmiş; akışlar ve gemi taşı-



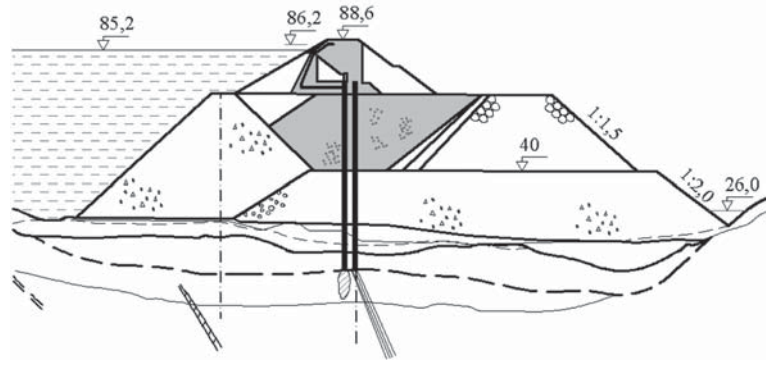
Şekil 4 - Sanxia barajı inşaatında Chang Jiang'ın çevrilmesi: (a) doğal durum; (b) inşaatın birinci kademesi; (c) inşaatın ikinci kademesi; (d) inşaatın üçüncü kademesi [Lu 2006].

macılığı için, batardolar kaldırılarak sağ sahilde düzenlenen mekra ile sol sahildeki geçici gemi geçidi kullanılmıştır.

2004'ten sonraki üçüncü kademede (Şekil 4d), sağ sahildeki mekra membada silindirle sıkılanmış beton ve mansapta kaya-toprak dolgu batardolarla kapatılarak, sağ sahildeki baraj ve santral kesimi inşa edilmiş; akışlar için ortadaki dolu ve dipsavak kesimiyle sol sahildeki santral kesiminden, gemi taşımacılığı için esas gemi geçidinden yararlanılmıştır.

Azami çevirme kapasitesi için 100 yılda bir aşılma olasılığı bulunan 83.700 m<sup>3</sup>/s

esas alınmış; memba batardosu kret yükseltisi 200 yılda bir aşılma olasılığı bulunan 88.400 m<sup>3</sup>/s debiye göre belirlenmiştir. Çevirme sistemi için 17 milyon m<sup>3</sup> kazı, 10 milyon m<sup>3</sup> dolgu, 2 milyon m<sup>3</sup> beton yapılmış, 2.000 t teçhizat demiri, 10.000 t madeni imalat kullanılmıştır.



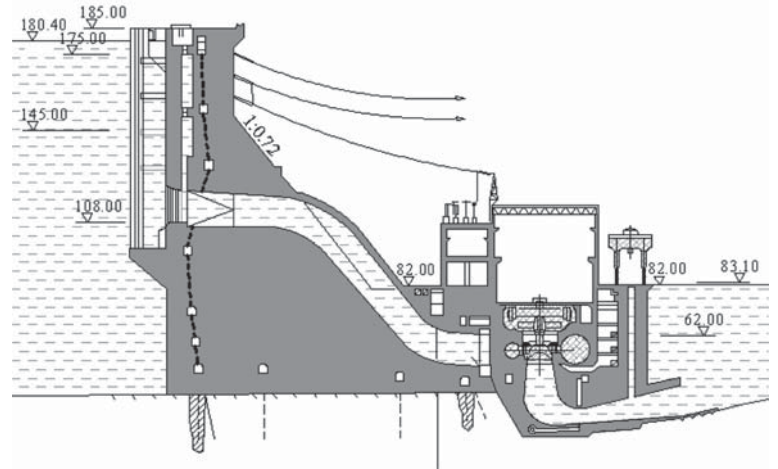
Şekil 5 - Sanxia barajı inşaatı ikinci kademesinde memba batardosunun en kesidi [C.T.G.P.C. 2000].

## Beton Baraj

Beton ağırlık barajı niteliğindeki Sanxia barajı, ortada dolusavak ve dipsavakları içeren bölüm ile iki yanda etekteki santrallerin yer aldığı bölümlerden oluşmaktadır. Kret yükseltisi 185 m'de olan barajın temelden azami yüksekliği 181 m'dir (Şekil 6; Foto 2).

Ayrıca, sağ sahilde eksenin 1,5 km akış-yukarısında, yan vadiyi kapayan, beton asfalt çekirdekli, Maopingxi dolgu barajı da inşa edilmiştir.

Savaklı orta bölüm 483 m; sol sahil tarafındaki 14 üniteli santral 644 m; sağ sahil tarafındaki 12 üniteli santral 584 m; diğer kesimler 600 m uzunluğunda olup, Sanxia barajının toplam kret uzunluğu 2,3 km'dir. Bu uzunluk Atatürk barajının kretinden % 20 daha fazladır.



Şekil 6 - Sanxia barajının hidroelektrik santral bölümünün en kesidi [C.T.G.P.C. 2000].

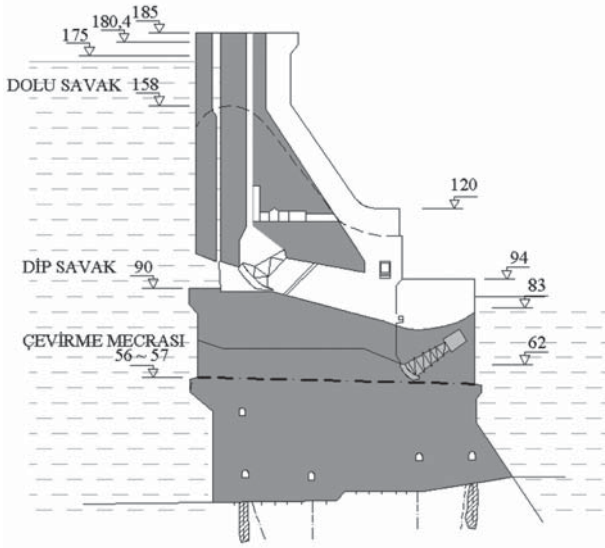
Baraj yakınında önemli bir fay hattı belirlenmemiştir. Baraj çevresinde oluşabilecek en şiddetli depremin Richter ölçeğine göre 7 büyüklüğünü, baraj haznesinin sebep olabileceği depremlerin ise azami 6 büyüklüğünü aşmayacağı belirtilmektedir. Sichuan eyaletinde 12 Mayıs 2008'de meydana gelmiş olan büyük depremde, Wenchuan'a 700 km uzaklıktaki Sanxia barajında herhangi bir hasar gözlenmemiştir.

Baraj yerinde kristalin kayalar egemendir; baraj temeli esas olarak sağlam granittir; her iki sahildeki yamaçlarda 20-40 m kalınlığında ayrılmış tabakalar mevcuttur; 10 milyon m<sup>3</sup> kazı yapılmıştır.



Foto 2 - Sanxia barajı, hidroelektrik santrali, gemi asansörünün modeli (sol sahilde Tanziling tepesinde) (Foto: Ü.Öziş)

Baraj inşaatında gerçekleştirilen toplam beton hacmi, savaklar dahil, 16 milyon m<sup>3</sup>'tür. Bu hacim, Deriner barajı beton hacminin beş katı, Karakaya'nın sekiz katı mertebesindedir. Azami agrega dane çapı 150 mm'dir; beton yapımında dış kısımlarda % 30, iç kısımlarda % 45 oranında uçucu kül de kullanılmıştır. Soğutma önlemleriyle, beton hazırlama tesisinde beton 7°, döküldüğünde 12-14°, priz süresinde azami 29-31° sıcaklıkta tutulmuştur. Azami beton dökümü aylık 553.000 m<sup>3</sup>/ay; yıllık (2000) 5,5 milyon m<sup>3</sup> değerlerine erişmiştir.



Şekil 7 - Sanxia barajının dolu ve dip savak bölümünün en kesidi [C.T.G.P.C. 2000].

Savaklanmada hazne azami su yükseltisi 180,4 m; işletmede hazne azami su yükseltisi 175 m, dolusavak eşik yükseltisi 158 m'dir. Dolusavak 8 m genişlikte ve 17 m yükseklikte düz kapaklarla donatılmış 22 açıklığa sahiptir. Dolu savak düşüm yatağı çıkışı, havaya püskürtmeyle enerji kırarak biçimdedir. Atatürk barajı dolusavağının radyal kapakları 16 m genişlik ve 17 m yüksekliktedir. Dolusavak inşaatında, 172.000 t teçhizat demiri, 72.000 t madeni imalat kullanılmıştır.

## Su Alma ve Cebri Borular

Kuvvet santralına su alma doğrudan baraj gövdesinden, 9,2 m genişlikte ve 13,2 m yükseklikte düz kapaklarla donatılmış, giriş eşik yükseltisi 108 m olan 26 adet çelik cebri boruyla sağlanmaktadır (Şekil 6).



Foto 3 - Sanxia barajı dolu ve dip savakları (Foto: C.T.G.P.C.).

## Dipsavaklar

İşletme sırasında taşkın kontrolü ve rüsubat savılmasında yararlanmak üzere, Sanxia barajının 483 m kret uzunluğundaki orta bölümünde (Şekil 7; Foto 3), giriş eşik yükseltisi 90 m olan, 7 m genişlikte ve 9 m yükseklikte radyal kapaklarla donatılmış, 23 adet dipsavak bulunmaktadır. Dipsavak çıkışı sıçratma uçludur.

Akarsuyun çevrilme aşamasında ise, giriş yükseltisi 56-57 m olan, 6 m genişlikte ve 8,5 m yükseklikte radyal kapaklarla donatılmış, 22 adet çevirme mecrası kullanılmıştır.

## Dolusavak

Sanxia barajının toplam savaklama kapasitesi 102.500 m<sup>3</sup>/s olup, bunun yaklaşık % 40'ı dolusavaktan, % 40'ı dipsavaktan, % 20'si türbinlerden geçmektedir. Bu değer, dolusavaktan 16.800 m<sup>3</sup>/s, dipsavaklardan 1.500 m<sup>3</sup>/s, türbinlerden 2.000 m<sup>3</sup>/s, toplam olarak 20.000 m<sup>3</sup>/s civarında su geçirebilecek Atatürk barajının savaklama kapasitesinin beş katı mertebesindedir.

Cebri boruların iç çapı 12,4 m, uzunlukları 122,2 m'dir. Başlangıçta cidar kalınlığı 30-36 mm olan cebri borular, 2 m kalınlığında betonarme yuvadan geçen eğik kesimin sonunda 60 mm cidar kalınlığına erişmektedir. Cebri boru azami iç çapı Atatürk barajında 7,25 m, Karakaya barajında 7,0 m'dir.

## Kuvvet Santralleri

Sanxia beton ağırlık barajının, sol sahildeki kesiminin eteğinde yer alan santralda 14 adet, sağ sahildeki kesiminin ete-

ğinde yeralan santralda 12 adet, herbiri 700 MW gücünde, toplam 26 ünite bulunmaktadır (Şekil 6; Foto 2 ila 4). Santralın kendi ihtiyacı için herbiri 50 MW gücünde iki küçük ünitesi daha vardır.

Bu durumda, Sanxia barajı etek santrali,  $26 \times 700 = 18.200$  MW (hatta 18.300 MW) kurulu gücü ile dünyanın en güçlü hidroelektrik santrali olmaktadır. Santralın yıllık ortalama enerji üretimi 85 TWh/y (milyar kWh/yıl) mertebesindedir. Santralın son beş ünitesinin hizmete girdiği 2008 yılında (Nisan, Haziran, Temmuz, Ağustos, Ekim) üretim 81 TWh olmuştur.

Bir ünitenin gücü Atatürk ve Karakaya santrallerinin ünite gücünün iki katından büyüktür. Santral toplam kurulu gücü Atatürk santralının 7,5 katı, Karakaya'nın 10 katı; enerji üretimi de 10 katı mertebesindedir.

Ayrıca, sağ sahilde  $6 \times 700 = 4.200$  MW gücünde ek bir yeraltı santrali da yapılmaktadır; tamamlandığında, kurulu güç 22.400 MW'a, ortalama üretim 100 TWh/yıl mertebesine yükselecektir.

Santralın azami düşüşü 113 m, ortalama düşüşü 81 m'dir. Kullanılan ortalama debi yaklaşık  $1050 \text{ m}^3/\text{s}/\text{ünite}$  veya  $26 \times 1050 = 27.300 \text{ m}^3/\text{s}$ , gelen ortalama akış  $14.300 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir.

Kuvvet santralının uzunluğu, sol bölümün 644 m, sağ bölümün 584 m; genişliği yaklaşık 80 m; temelden yüksekliği yaklaşık 90 m'dir. Ünite eksenleri arası 30 m, Francis türbinlerinin çark çıkış çapı 9,7 ve 10,4 m, dönüş hızı 75 d/dk, jeneratör rotor ağırlığı 1700 ton'dur.

İnşaatta 20 milyon  $\text{m}^3$  kazı yapılmış, 4 milyon  $\text{m}^3$  beton dökülmüş, 124.000 t teçhizat demiri kullanılmış, 77.000 t madeni imalat yapılmıştır.



Foto 4 - Sanxia barajı sol sahil tarafındaki etek santrali (Foto: Ü.Öziş).

## Enerji İletimi

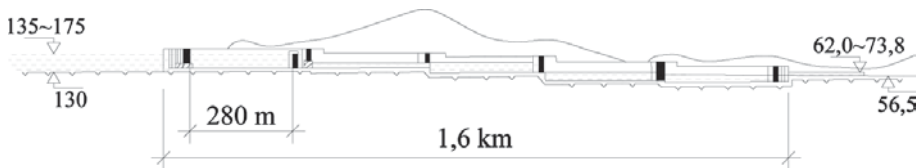
Hidroelektrik santralda 20 kV gerilimle üretilen enerji, 500 kV gerilimli 15 enerji nakil hattı vasıtasıyla 1.000 km'ye kadar, alternatif akımla Orta Çin, Doğu Sichuan, Chongqing'e; doğru akımla Doğu Çin'e, iletilmektedir.

## Gemi Geçidi

Sanxia barajının sol yamacında, beş kademeli, aralarında 60 m mesafe olan birbirine paralel çift yollu, geçiş yükseklik farkı 113 m olan, dünyanın en büyük gemi geçidi bulunmaktadır (Şekil 7; Foto 5 ve 6). Her yolda, herbirinin uzunluğu 280 m, genişliği 34 m olan 5 havuz kademesi yeralmaktadır. Havuzlarda asgari su derinliği 5 m olup, 10.000 tonluk gemilerin geçişi sağlanmaktadır.

Akışyukarısı kanal uzunluğu 2,1 km, akışaşağısı kanal uzunluğu 2,7 km, havuzların toplam uzunluğu 1,6 km olmak üzere, toplam geçiş uzunluğu 6,4 km tutmaktadır. Havuzlardan geçiş süresi 2-2,5 saat mertebesindedir.

Geçit için oluşturulan büyük yarmada yamaç şevi genellikle 1:0,3, akarsu tarafının üst kesimlerinde biraz daha yatık olup, yamaç stabilizasyonu için toplam 100.000'i aşkın çubuktan oluşan 3.600 ön-gerilmeli kablo ile ankraj yapılmıştır. Gemi geçidi için 56 milyon  $\text{m}^3$  kazı yapılmış, 5 milyon  $\text{m}^3$  beton dökülmüş, 165.000 t teçhizat demiri kullanılmış, 98.000 t madeni imalat yapılmıştır. Çift kanatlı havuz kapaklarının her kanadı 20 m genişlik ve 39,5 m yükseklikte olup, 900 ton ağırlığındadır.



Şekil 8 - Sanxia barajı gemi geçidinin boy kesidi [C.T.G.P.C. 2000].



Foto 5 - Sanxia barajı gemi geçidinin üst kesiminde havuzlar (Foto: Ü.Öziş).



Foto 6 - Sanxia barajı gemi geçidinde bir havuz kademesinin içi (Foto: C.Jiang)



Foto 7 - Chang Jiang'ın Üç Boğaz'ından Xiling boğazı (Foto: Ü.Öziş).





*Foto 8 - Daning kolunun Küçük Üç Boğaz'ından Yakut boğazı (Foto: Ü.Öziş).*

Baraj haznesinin sağladığı su derinliği ve nisbeten sakin akış sayesinde, Chang Jiang'ın Yichang ile Chongqing arasında 600 km uzunluğundaki kesiminde, gemi turizmi önemli ivme kazanmıştır. Chang Jiang'ın baraj yerinden önceki 200 km'lik kesiminde, doğal güzellikleriyle yöreye adını veren "Üç Boğaz" uzanmaktadır. Bunlar sırasıyla 8 km'lik Qutang, 40 km'lik Wu, 80 km'lik Xiling boğazlarıdır (Foto 7). Xiling boğazının sonuna doğru, Sanxia barajı yer almaktadır.

Chang Jiang'a Qutang ve Wu boğazları arasında, kuzeyden katılan Daning kolunun dar vadilerden oluşan ve "Küçük Üç Boğaz" olarak anılan kesimi küçük gemilerle gezilebilmektedir (Foto 8). Akış-yukarıya doğru sırasıyla, Ejderha boğazı, Sisli boğaz, Yakut boğazı yer almaktadır. Daning'in kolu Madu çayında da, daha küçük teknelerle ulaşılabilen Mini boğaz bulunmaktadır (Foto 9).



*Foto 9 - Madu kolunun Mini boğazı (Foto: Ü.Öziş).*

## Gemi Asansörü

Sanxia barajının sol sahilinde, inşa sırasında akarsuyun çevrilmesinin ikinci aşamasında, tek kademeli, havuz uzunluğu 280 m, genişliği 24 m, su derinliği 4 m olan, geçici bir gemi geçidinden yararlanılmıştır. Bu geçidin kanallarını da değerlendirerek, 3.000 tonluk gemileri yükseltebilecek, dünyanın en büyük gemi asansörü yapılmaktadır. 113 m yükselti farkını aşmak üzere, düşey hareket eden tek havuzun uzunluğu 120 m, genişliği 18 m, asgari su derinliği 3,5 m'dir.

## Sonuç

Çin Halk Cumhuriyeti akarsu ağının Chang Jiang belkemiği niteliğindedir. Sanxia bu akarsuyun kilit barajıdır. Dünyanın en güçlü su kuvveti tesisi niteliğindeki Sanxia barajı ve santral için Çin'de duyulan gurur ve heyecanı, Brezilya ve Paraguay'da Itaipu barajı [Monteiro 2000; Öziş v.d. 2003 a, b; 2009], Türkiye'de Atatürk barajı [D.S.İ. 1983; Öziş v.d. 1990, 1992, 2009; Öziş 1992] için duyulan gurur ve heyecana benzetmek yerindedir. Sanxia barajının gemi geçidi ve asansörü de türlerinin dünyadaki en büyük örneğidir.

Sanxia'nın 18.200 MW gücüyle yılda ortalama 85 TWh/yıl, nihai 22.400 MW gücüyle 100 TWh/yıl elektrik enerjisi üretilecek, termik santrallarda 50 milyon ton/yıl kömür yakılmayarak çevre temiz kalacak; ortalama 10 yılda bir aşılma olasılığı bulunan taşkınlar 100 yılda bir aşılacak biçimde sönmülenerek, 15 milyon kişi ve 1,5 milyon hektar tarımsal arazi korunacak; akarsu ulaşımı beş katına çıkarılacak, birim masrafları üçte bir azaltılacak, gemi turizmine de ivme kazandırılacaktır.

## Kaynaklar

- C.T.G.P.C (2000): "A brief introduction to the Three Gorges Project on the Yangtze river". Yichang, China Yangtze Three Gorges Project Development Corporation, 37 s.
- Dai, H. (2006): All change on the Yangtze river. "Int. Water Power & Dam Construction", (January 2006).
- D.S.İ. (Muhtelif yazarlar) (1983): Atatürk Barajı özel sayısı. Ankara, Devlet Su İşleri, "DSİ Bülteni", N.267 (Kasım 1983).
- Ford, N. (2007): Beyond Three Gorges in China. "Int. Water Power & Dam Construction", (January 2007).
- Lu, J. (ed.) (2006): "Three Gorges Project". Changjiang Press, 132 s.
- Monteiro, N. (2000): "Itaipu - a luz - la luz - the light". Curitiba, Itaipu Binacional, Assesoria de Comunicação Social, 2.ed., 136 s.
- Öziş, Ü. (1992): "GAP I : Güneydoğu Anadolu Projesi gelişme planı Karakaya barajı ve santral Ataturk barajı ve santral". Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, N.224, 64 s.
- Öziş, Ü.; Basmacı, E.; Harmancıoğlu, N. (1990): Atatürk nears completion. London, "Int. Water Power & Dam Construction", V.42, N.9 (September 1990), s.12 16.
- Öziş, Ü.; Basmacı, E.; Harmancıoğlu, N. (1992): Atatürk hydro-power scheme on Euphrates. Vienna, Technical University, (Ed.: A. Königsberger, H. B. Matthias, T. Varga), "7. International Seminar Water Energy Plants", s.15 29 & Wasserkraftanlage Atatürk am Euphrat. "7.Internationales Seminar - Wasserkraftanlagen", s.17 31.
- Öziş, Ü.; Dalkılıç, Y.; Özdemir, Y.; Alsan, M. (2003a): Itaipu - Dünyanın en güçlü su kuvveti tesisi. "Yapı Dünyası", Y.7, N.82, s.9-16.
- Öziş, Ü.; Dalkılıç, Y.; Özdemir, Y.; Alsan, M. (2003b): Big decisions - Sizing up the situation in Itaipu. "Int. Water Power & Dam Construction", (May 2003), s.22-25.
- Öziş, Ü.; Keloğlu, N.; Alkan, A. (Ed.) (2009): "Su kuvveti". İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, N.328, Su Yapıları C.IX (2.b.), 240 s.
- Shaw, R.; Mooney, P.; Hurst, B. (2007): "Three Gorges of the Yangtze river - Chongqing to Wuhan". Hong-Kong, Odyssey, 248 s.
- Wang, L. (2004): The Three Gorges Dam Project, China - Latest progress. "IAHR Newsletter", V.21, N.4, s.49,58-59.
- Wikipedia (2009): Three Gorges Dam. [http://en.wikipedia.org/wiki/Three\\_gorges\\_dam](http://en.wikipedia.org/wiki/Three_gorges_dam).
- Xu, Z. (2008): Impact of the Sichuan earthquake. "Int. Water Power & Dam Construction", (August 2008).