



Büyük piramitlerin inşasının Keops Piramidiyle açıklanması

İsmail Yılmaz¹

Özet

Boyut ve kütle değerleriyle Keops Piramidi ön plana çıktığından, büyük piramitlerin inşası, bu piramit için geliştirilen üç teoriyle açıklanacaktır. Bu teorilerden birincisi, piramit inşasında kas gücünü zorlayan işlerde fil ve askerler çalıştırılabilir. İkincisi, ocaktan kesilen taş bloklar, ağırlık aktarmalı düzenekte filler kullanılarak, piramide taşınabilir. Sonuncusu, piramide taşınarak getirilen taş bloklar, kas gücünün üst sınırları zorlandığı noktaya kadar çıkarılıp, sonrasında basamaklı havuzlarda sıvının kaldırma kuvvetinden yararlanılarak üst noktaya kadar taşınıp piramit inşa edilmiş olabilir. Bu piramidin inşası için geliştirilen teoriler diğer piramitlerin inşası içinde kullanılabilir. Piramitlerin inşası; taş blokların alındığı ocak, taş blokları ocaktan piramide taşıma ve piramidin inşaat aşaması olarak üçe ayırıp, iki aşaması incelenecektir. Bu çalışmada ocak aşaması incelenmeyecektir. Burada verilecek teoriler için dört farklı havuz sistemine olası değerler verilerek piramidin inşaat süresi hesaplanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Keops Piramidi, taş blokları taşıma, piramit inşası, basamaklı havuz sistemi

Giriş

Geçmişten günümüze ulaşan piramitlerden en çok bilinenler eski Mısır medeniyetine ait olmakla birlikte bugünkü Çin Halk Cumhuriyeti'nin sınırları içerisinde muhtemelen Türklere ait araştırılmaya muhtaç piramitlerle, dünyanın farklı bölgelerinde piramit ve benzeri yapılar da mevcuttur. Elimizde yeterli bilgi bulunmayan Çin Halk Cumhuriyeti'nin sınırları içerisinde muhtemelen Türklerin inşa ettiği piramitlerin dışında, yaklaşık 230 metre taban ve 146 metre yükseklik boyutu ve inşasında kullanılan taş blokların ortalama 2500 kilogramlık kütleleri nedeniyle, inşası için gerekli yapı teknolojisi ve mühendisliği bakımından en önemli yapı bugünkü Mısır'da bulunan Keops Piramididir. İnşa edildiği çağda karada güç gereksinimi kaslarla sağlanmaktadır. Taş blokları yukarı çıkarmada malzeme, araç gereç ve çalışma alan sınırlılıklarının, kas gücünün sınırlarını

¹ Doç. Dr., Sakarya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Hendek, Sakarya, Türkiye, iyilmaz@sakarya.edu.tr

zorladığı noktada kullanılabilir yapı teknoloji ve mühendisliği diğer piramitlerin inşasında kullanılmış olabilir.

Mısırlıların ölçü ve tartıları standartlaştırdıkları bilinmektedir. Mısırlılar Nil nehrinin yönetim ve denetimiyle, tarım için ihtiyaç duyulan suyu kanallar vasıtasıyla verimli arazilere dağıtarak genellikle kaliteli ve bol mahsul elde edebilmelerini sağlayacak yapı teknoloji ve mühendisliğine sahipti. Tarımla birlikte çoğunluğu Nil deltasında olmak üzere sığır sürüleri yetiştirmişler, hayvancılıkla ilgili bilgi ve becerilere de sahip olmuşlardı. Nil vadisi taş ocağıydı ve taş kesmede usta olmalarının yanı sıra metalleri işlemede de ustaydılar. İnşaatla ilgili başarıları, pratik tecrübeyle yapı mühendisliği konusundaki becerilerine dayanmaktaydı. İnşaatlarda ihtiyaç duydukları keresteyi komşularından sağlardı. Mısırlılar, temel ilkeler üzerinde düşünmekten ziyade, yararlı sonuçlarla ilgilenen çok pratik insanlar gibi görünmektedir (Ronan, 1983, s: 14-16; McClellan III&Dorn, 1999, s: 42). Afrika'da yaşamaları filleri tanımalarını sağlamış olmalıdır. Tekerleğin gelişim tarihiyle (Hart-Davis, 2008, s: 20-21), Keops Piramidinin inşaat tarihi kesişmesine karşılık taş blokları taşımada tekerleğin kullanıldığı söylenemez. Piramidi inşa edebilecekleri yeterli nüfusa sahip olduklarında bu inşaat yapılabilir.

Bu çalışmada eski Mısır medeniyetinin malzeme ve teorik bilgi sınırlılıklarına rağmen, coğrafi konumlarını, su yönetim ve denetim deneyimlerini kullanabilecekleri yapı teknoloji ve mühendisliğine yönelik bir teori ve taş blokların taşınmasına yönelik iki teori verilerek Keops Piramidinin nasıl inşa edilebileceği açıklanacaktır. Ayrıca bu teorilerin olası durumlarına değerler verilerek yapılacak hesaplamalarla inşaatla ilgili sonuçlar çıkarılacaktır. Keops Piramidi için bu teorilerle geliştirilecek yapı teknoloji ve mühendisliği benzer piramitlere de genelleştirilecektir.

Teoriler

Piramitlerin inşasının açıklanmasında aşağıda verilen teoriler kullanılacaktır;

Piramide getirilen taş bloklar, kas gücünün üst sınırları zorlanana kadar kas gücüyle çıkarılır ve sonrasında basamaklı küçük havuzlarda sıvının kaldırma kuvvetinden yararlanarak piramidin üst noktasına kadar taşınır.

Zor işlerdeki kas güç gereksinimi filler ve askerler tarafından karşılanır.

Ocaktan kesilen taş bloklar, ağırlık aktarmalı düzenekte filler kullanılarak, piramide taşınır.

Yöntem

Piramit inşasında taş blokların iki yöntemle hareket ettirildiği kabul edilecektir. Bunlar yer çekimi kuvvetine paralel hareket ettirmede sıvıların kaldırma kuvveti, diğer durumlardaki hareketler için kas kuvvetidir. Bu yöntemlerin uygulanmasını sağlayan tekniklerdir. Yapı teknoloji ve mühendisliklerin bu yöntem ve tekniklerden oluşturulduğu kabul edilecektir. Piramitlerin inşası; taş blokların alındığı ocak, taş blokları ocaktan piramide taşıma ve piramidin inşaat aşaması olarak üçe

ayırp incelenebilir. Bu çalışmada ocak aşaması incelenmeyecektir. Boyut ve kütle değerleriyle Keops Piramidi ön plana çıktığından, piramit inşası için geliştirilen teoriler bu piramitle açıklanacaktır. İnşaatin ortalama büyüklüğe sahip taş bloklarla yapıldığı kabul edilecektir. Bu kabul, kullanılan tekniklerin standartlaştırılmasını sağlamakla birlikte yöntemleri etkilemez. Taşıma yöntem ve tekniklerini, taş blokların boyut ve kütleleri etkiler. İnşaat yöntem ve tekniklerini ise piramitlerin boyutlarıyla, taş blokların boyut ve kütleleri etkiler.

Tekerleğin gelişim tarihiyle, Keops Piramidinin inşaat tarihi kesişmesine karşılık taş blokların taşınmasında tekerleğin kullanıldığına kanıtları olmadığından taş blokların piramide taşınmasında zemin sürtünmesini azaltmaya yönelik farklı sistemler geliştirilmiş olabilir. Burada sürtünmeyi azaltıcı sistemlerden, eğik düzeneğin kullanıldığı kabul edilecektir. Bu düzeneğin ana malzemesi keresteden oluşturulabilir. Taş bloklar itme, çekme ve sıvıların kaldırma kuvvetleriyle hareket ettirilebilir. Yer çekimi kuvvetine paralel harekette sıvının kaldırma kuvveti, diğer durumlarda itme ve çekme kuvvetlerinin uygulandığı kabul edilecektir. İtme ve çekme kuvveti, fil ve askerlerin kas gücüyle sağlandığı öngörülmektedir. Çekme kuvveti yönünün değiştirilebildiği kabul edilecektir. Bu kuvvetin iletiminde urgan, yönünü değiştirmede ağaç direk veya fil kemiği v.b. malzemeler kullanılabilir. Taş blokların kas gücüyle piramidin belirli bir noktasına kadar çıkarıldığı öngörülmektedir. Bu nokta için burada yapılacak hesaplamalarda onuncu taş blok katı kullanılacaktır. Bu kata kadar çıkılan yolların eğim oranlarının piramidin eğim oranından düşük olduğu kabul edilecektir.

Taş blokların piramidin üstüne çıkarılabilmesi için kas gücüyle çıkılan noktadan sonra sıvının kaldırma kuvvetinden yararlanan basamaklı havuz sisteminin kullanıldığı kabul edilecektir. Bir havuzla belirli bir yüksekliğe çıkarıldıktan sonra diğer havuza alt kapaktan geçirilebilir. Havuzlarda sıvı olarak yoğunluğu artırılmış su karışımı kullanılabilir. Taş blokların yukarı çıkarılmasına yardımcı olmak için, yoğunluğu sıvının yoğunluğundan düşük bir malzemenin kaldırma kuvvetinden yararlanan kaldırma kullanıldığı kabul edilecektir. Taş blokların bulunduğu havuzun sıvısı yanda bulunan havuzundan doldurulabilir. Burada işten kazanmak için kendiliğinden sıvı aktarımının olduğu birleşik havuz sistemi kullanılacaktır. Kendiliğinden aktarılamayan sıvı askerler tarafından kova v.b. kaplarla aktarıldığı kabul edilecektir. Sıvının kaldırma kuvvetinden yararlanılarak piramidin üstüne çıkarılan taş bloklar, askerler tarafından kaydırılarak piramitteki yerine konulabileceği gibi aynı zamanda havuzlarda taş bloklarla çıkarılan kaldırma kuvvetinin piramitten aşağı indirilirken ki yer çekim kuvvetinin bileşenlerinden yararlanılarak da yerine konulabilir. Bu durumda kaldırma kuvveti piramidin her bir yönünden indirilmelidir. Her bir yönden indirilen kaldırma kuvvetiyle taş bloklar istenilen yere konulabilir. Bu çalışmada taş blokların taşınması, piramide çıkarılması ve dizilmesi arasında eşzamanlılığın olduğu kabul edilerek Tablo 1’de verilen değerlerle hesaplamalar yapılacaktır. Bu hesaplamalarda ya havuzun sıvısının aktarılmasına yada bir insanın sıvı aktarma süresine zaman

sınırlaması konulacaktır. Tablo1’de verilen herhangi bir değer değiştirilerek yeniden hesaplama yapılabilir.

Bu çalışmada havuzların taş bloklardan inşa edildiği kabul edilecektir. Aynı taban alanına sahip dört farklı havuz tipi için hesaplama yapılacaktır. Bunlar; 1) blokların sıvı dışında kaydırılarak üst havuza aktarılmanın yapılabileceği, 2) blokların sıvı içinde kaydırılarak üst havuza aktarılmanın yapılabileceği, 3) blokların ince duvarlı havuzda yüzdürülerek üst havuza aktarılmanın yapılabileceği ve 4) blokların kalın duvarlı havuzda yüzdürülerek üst havuza aktarılmanın yapılabileceği havuzlardır. Havuzlar her bir yönün orta noktasından inşa edildiği kabul edilecektir. Bir havuzun taban alanının altı taş blok alanında ve bir havuzla üçtaş blok yüksekliğe, dört taş blok çıkarıldığı kabul edilerek hesaplamalar yapılacaktır. Havuzun toplam yüksekliği, kaldıraç ve taş blokların hareket ettirilme tekniğiyle belirlenecektir. Havuzların duvar kalınlığının blokların boyutlarıyla orantılı olduğu kabul edilecektir. Hesaplamalarda 1. ve 3. havuz tiplerinde bir blok duvar kalınlığı, 2. ve 4. havuz tiplerinde iki blok duvar kalınlığı kullanılacaktır. Üst havuza aktarma tekniği ve duvar kalınlıkları havuzların hacimlerini etkileyeceğinden, her bir havuza farklı hacimde sıvı konulur. Kaldıraçın, çıkarılacak taş blokların boyutlarında keresteden içi boş yapıldığı kabul edilecektir. Taş bloklar kaldıraçtan alınırken, kaldıraçın dengesinin korunduğu kabul edilecektir.

Yorum

Ocakta yapılan çalışmalar iki grupta toplanabilir. Bunlar kayalardan taş blokların kesilmesi ve bu taş blokların ocaktan indirilmesidir. Kesilen taş bloklar itme ve/veya çekme kuvveti kullanılarak eğik düzeneğe konulabilir. Ağırlık kuvvetinin etkilerinin azaltıldığı eğik düzenekte bloklar piramide çekme kuvvetiyle hızlı ve kolay bir şekilde getirilebilir. Fakat hangi kuvvetin kullanılacağına avantajlar etkilidir. Eğik düzeneğin boyu için filin ve kerestenin dayanabileceği kuvvet dikkate alınır. Eğik düzenekte kullanılan kereste geçme, çivi (metal veya ağaç) veya organla birleştirilebilir. Çalışma alanı, itme kuvvetinin kullanım alanlarını sınırlandırabilir. Bu durumda itme kuvvetine göre uygulama avantajı olan çekme kuvveti kullanılır. Örneğin dar alanlarda gereken kuvvet, organ aracılığıyla yönü değiştirilip uygun bir alandan çekme kuvveti olarak uygulanabilir.

Eski Mısır medeniyetinin yaşadığı bölgede en büyük kas gücü fillerdendir. Bu nedenle birincil kas gücü olarak Afrika filleri kullanılmış olmalı. Buldukları coğrafya ve hayvancılıkla ilgili, bilgi ve becerileri, filleri, beslenme ve iş gücü gereken alanlarda kullanabileceklerini gösterir. Filler verim açısından diğer hayvanlara göre öne çıkar. Taşıma işleminde verimlilik filler lehinedir. Çünkü bir canlının idaresi, birçok canlı idaresinden daha verimli bir durumdur. O çağda, kuvvet aktarımı ve çekmede kullanılması gereken araçlar için verimlilik tek canlı lehinedir. Bir fil, beslenme açısından öküze göre yaklaşık 3 kat verimli, besin tüketimine karşılık et elde etme açısından ise yaklaşık 4 kat verimsizdir. Filin kesilme gereksiniminde, eti beslenmede, derisi piramidin inşaatında yalıtım

malzemesi ve urgan olarak kullanılabilir. Ayrıca filden arta kalanlar; giysi, eşya hammaddesi ve gübre olarak kullanılıp maksimum verim sağlanabilir. Kas gücünün belirleyici olduğu durumlarda filler askeri açıdan da caydırıcı bir unsurdur. Böylece fillerin eski mısır medeniyetinin devamlılığının temel halkalarından birini oluşturduğu söylenebilir.

Bir Afrika fili 7000 kg ağırlığa ulaşır ve günde ortalama 150 kg besin tüketirse, iş gücünden yararlanılabilecek alternatiflerinden olan 300 kg'lık bir öküz ise günde ortalama 20 kg besin tüketirse, 7000 kg ağırlığa ulaşmak için yaklaşık 23 öküz ve böylece günde 460 kg besine ihtiyaç duyulur. Bu durumda canlı ağırlıkla kas gücü arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilirse filler lehine beslenme açısından yaklaşık 3 kat ($460/150=3$) verimlilik oluşur. Et verimliliği hesabı eğer yukarıda verilen canlı ağırlıklara ulaşmaları için fillerde 50 yıl, öküzlerde ise 4 yıl kullanılırsa, $7000/50=140$ kg/yıl ve $7000/4=1750$ kg/yıl elde edilir ve fillerin et verimliliği öküzlere göre $1750/140=12,5$ verimsizdir. Filler için $150 \times 365 \times 50=2737500$ kg besine karşılık 7000 kg canlı ağırlık elde edilir. Öküzler için $460 \times 365 \times 4=671600$ kg besine karşılık 7000 kg canlı ağırlık elde edilir. Böylece besin tüketimine karşılık et elde etme açısından, filler öküzlere göre yaklaşık 4 kat ($2737500/671600=4$) verimsizdir. Taşımada; taşıyıcı malzeme, taşıyıcı kas gücünün kontrolü ve idame ettirilebilme kolaylıkları nedeniyle fil kullanmak diğer canlılara göre daha verimlidir. Fillerin et elde etme verimliliği alternatif diğer canlılara göre verimsiz olsa bile, beslenmede kullanmak dezavantajlı bir uygulama değildir. Derileri piramidin inşaatında yalıtım malzemesi, taş blokların hareketi esnasında çarpma gibi etkilerden koruyucu malzeme ve urganın hammaddesi olarak kullanılmış olabilir. Kemikleri ise, ağaç direklerin alternatifi olarak kuvvetin yönünü değiştirmede kullanılabilir.

Filler, pratik sonuçlarla ilgilenen bir toplumun başarı hikâyesinin bir parçasını oluştursa da bu hikâyenin ikinci en önemli parçası hiç şüphesiz ki kas gücünün diğer parçası olan askerlerdir. Piramidin inşasında gereken kas gücü kölelerle sağlanmış olsaydı elde çok verimsiz bir askeri güç bulundurulması gerekirdi ki bu o insanları anlamadığımızı gösterir. Bizi o çağlardaki bir medeniyeti çok uzun bir süre ayakta tutma becerisini anlamadan yoksun bırakır. Zira toplumsal düzen ve savaşların kas gücüyle sağlandığı devirlerde böyle bir lüks olsa olsa medeniyetin çöküşünü hızlandırır. Askerler; piramidin inşasında kas gücü gereken işlerde de kullanılarak, savaş meydanları haricinde verimli bir şekilde medeniyeti desteklemiş olmalı. Kas gücü gerektiren işleri yaparak fiziksel gelişimlerini sağlayıp, hem toplumun diğer unsurları hem de komşu topluluklar için caydırıcı bir unsur görevi üstlenmiş olmalı. Köleler ise bu kas gücünün idamesi için gereken güncel işlerde hizmet vermiş olabilir. Örneğin; askerlerin beslenmesi, fillerin beslenmesi v.b. işlerde hizmet vermiş olabilirler. Böylece askerler hem her an kas gücü olarak askeri işlere hazır oldular, hem de iyi bir teknik bilgi ve beceri edindiler. Böylece filler ve askerler, medeniyeti destekleyici caydırıcı verimli bir güç oldular.

Ocaktan fillerle getirilen taş bloklar, piramide göre eğim oranı düşürülen yollardan belirli bir noktaya kadar fillerle çıkarılmış olmalı. Yollarda kullanılacak malzeme miktarı ve fillerin gücüne göre eğim oranı belirlenmiş olmalı. Eğim düşürmede kullanılan malzeme miktarı, fillerin gücü ve zaman sınırlılıklarının, çıkarılması gereken taş blok sayısını olumsuz etkilediği durumda, blokları hareket ettiren kuvvet değiştirilmiş olmalı. Bu noktada taş blokları yer çekim kuvvetine paralel hareket ettirecek sıvıların kaldırma kuvvetinden yararlanılmış olabilir. Su yönetim ve denetimini bilen, yararlı sonuçlarla ilgilenen bir medeniyet, sıvının kaldırma kuvvetinin temel ilkelerini bilmesede de pratik sonuçlarını tecrübe etmişlerdir. Bunun bir kanıtı olarak o çağlarda su taşıtlarının (kayık, gemi v.b.) kullanılması gösterilebilir. Ayrıca sulama için yaptıkları bent ve kanallarla, sıvının kaldırma kuvvetinden yararlanılacak havuzlar için gereken yapı teknoloji ve mühendisliğini geliştirmiş olmalılar.

Taş bloklar, piramidin üstüne sıvının kaldırma kuvvetinden yararlanılan basamaklı havuz sistemi kullanılarak çıkarılabilir. Bir havuzla belirli bir yüksekliğe çıkıldıktan sonra diğer havuza geçilir. Sıvı olarak su veya yoğunluğu artırılmış su karışımı kullanılabilir. Taş blokların yukarı çıkarılmasına yardımcı olmak için, yoğunluğu sıvının yoğunluğundan düşük bir malzemenin kaldırma kuvvetinden yararlanılan kaldırma kuvveti kullanılabilir. Havuza taş bloklar alt kapaktan alınıp kapaklar kapatıldıktan sonra sıvı; üst, alt veya yan havuzdan doldurulabilir. Sıvı doldurma işlemi, bir işin küçük parçalarla yapılmasıyla ilgilidir. Verimliliğin (zaman, çalışan sayısı, iş verimliliği) en fazla olduğu sistem, yan havuzla oluşturulan birleşik havuzdur. Çünkü sıvının yarı veya yarıdan fazlası kendiliğinden aktarılabilir. Bu çalışmada verilecek üç havuz tipinde sıvının yarıdan fazlasının kendiliğinden aktarılması sağlanabilir. Bu üst havuza taş blokların aktarılabilmesi için doldurulan sıvının, alt havuzun sıvısıyla bağlantısını kesip alt havuzdaki sıvının kendiliğinden aktarılması sağlandıktan sonra bu sıvının aktarılmasıyla sağlanabilir.

Havuzlar, inşaat süresine bağlı olarak piramidin dört yönünden bir veya birden çok inşa edilebilir. Aynı yönde orta nokta haricinde birden çok noktadan havuz inşa edilirse, piramidin üstüne konulacak taş blok sayısına bağlı olarak, birbirine bağlanacak bir noktaya doğru üst havuzun kaydırılması gerekir. Aynı yönün bir noktasında, bir veya birden çok havuz inşa edilmiş olabilir. Bu durumda havuzlar, o yönün orta noktasında olması daha avantajlıdır. Havuzlar; sahip olunan yapı mühendisliği ve teknolojiyle tek veya birleşik havuzlardan oluşturulabilir. Havuzların taban alanları, yükseklikleri ve duvar kalınlıkları bir havuzla çıkarılacak ve çıkılacak taş blok sayısı ile ilişkili olduğu kadar sahip olunan yapı mühendisliği ve teknolojiyle de ilişkilidir. Burada piramidin her bir yönünün orta noktasından ikili birleşik havuzlarda, dört taş bloğun, üçtaş blok yüksekliğe çıkarılmasıyla elde edilen değerlerle piramidin inşası açıklanacaktır.

Bir havuzun arka duvarının bittiği yerde üst havuzun ön duvarı başlayacak şekilde piramitten taş blok boşaltılarak basamaklı havuzlar yapılabilir. Piramitten boşaltılan taş bloklar havuzun inşasında kullanılabilir. Piramitten kaç blok çıkarılacağını, havuzun taban alanı ve bir havuzla çıkılmak istenilen yükseklik belirler. Havuzun taban alanı taşınmak istenen blok sayısı ile belirlenir. Havuzun tabanı kare veya dikdörtgen olabilir. Havuzun yüksekliğini, o havuzla çıkılmak istenen yükseklik ve blokların nasıl hareket ettirileceği belirler. Eğer bloklar üst havuza sıvı dışında kaydırılarak aktarılmışsa, havuzun yüksekliği çıkış yüksekliği kadar olabilir. Bloklar üst havuza sıvı içerisinde kaydırılarak aktarılmışsa, havuzun yüksekliği çıkış yüksekliğinden en az bir taş blok yüksek olması gerekir. Bu durumda duvarların en az iki blok kalınlığında ve kaydırmanın yapılacağı yollardaki taş blokların alınmış olması gerekir. Taş bloklar ağırlığını azaltmak ve üst havuza yönlendirilerek aktarabilmek için kaldıraç kullanılmış olabilir, bu durumda havuzun yüksekliği çıkış yüksekliğinden bir blok daha yüksek olmalıdır. Keops piramidinin inşası için üçtaş blok çıkış yüksekliğiyle ve altı taş blok taban alanlı birleşik havuzlardan, dört farklı havuz sistemine göre hesaplama yapılarak açıklanacaktır. Bu çalışmada önerilen dört farklı havuz sistemi sırasıyla; taş blokların sıvı dışında kaydırıldığı ve sıvı içinde kaydırıldığı birleşik havuzlar, taş blokların yönlendirildiği tek ve çift sıra duvar kalınlığında birleşik havuzlardan oluşturulmuştur. Tüm havuz tiplerinde kaldıraç kullanıldığı kabul edilecektir.

Sıvı içerisindeki bir malzemenin kaldıraç olabilmesi için, yoğunluğu sıvının yoğunluğundan küçük olmalıdır. Bir kaldıraç sıvı yoğunluğundan daha düşük yoğunluklu malzemeyle veya malzeme hacmi büyütülerek yoğunluğun düşürülmesiyle yapılabilir. En iyi durum ikisinin birlikte kullanıldığı durumdur. Örneğin; ortalama yoğunlukları, suyun yoğunluğundan düşük olan ağaçtan içi boş kalacak şekilde yapılan bir kaldıraçtır. Böyle bir kaldıraç piramidin inşa edildiği çağda yapılmış olabilir. Kaldıraçın taban alanı taşınacak blokların taban alanı kadar olabilir. Yüksekliği ise blok yüksekliği kadar olabilir. Farklı boyutlarda da kaldıraç kullanılmış olabilir.

Havuza sıvının doldurulmasıyla yukarı çıkarılan taş blokların üstteki havuza aktarılma tekniği, kapak sistemlerini belirler. Üst havuza aktarmada kaydırma ve yönlendirme tekniklerinden biri kullanılabilir. Her iki teknikte de bloklar üst havuza itme veya çekme kuvvetiyle hareket ettirilir. Özellikle havuzda insanların çalışmasını sınırlayan alanlardaki taş kaydırma işleminde, çekme kuvvetinin yönü değiştirilerek işgücünü etkileyen alan sınırlaması aşılabılır. Kapakların yerleri üst havuzun konumuna bağlıdır. Eğer taş bloklar üst havuza kaydırılarak aktarırsa, üst havuzun önüne yapılacak tek kapaktan geçirilebileceği gibi yana yapılacak kapaktan da geçirilebilir. Tek havuz durumunda yandan iki kapak kullanılabilir. Bu tekniklerde kaldıraç kullanılırsa, taş bloklar kaldıraçtan alınırken denge korunmalıdır. Kaldıraçın üstüne birden fazla taş blok konulduğunda iki

yönden eşzamanlı alınarak denge korunabilir. Yüzdürme tekniği kullanılırsa, taş blokla birlikte kaldıraç ön kapaktan geçirilmelidir. Birleşik havuzlar birbirine tabandan kapakla bağlanır.

Taş bloklarla birlikte çıkarılan kaldıraçlar piramidin üstünde taşların yerleştirilmesinde kullanılabilir. Bu olasılık piramidin yüksekliğiyle azalan yüzey alanında ki çalışma zorluğunu kaldırır. Taş blokların bağlandığı kaldıraçlar piramidin yanlarından aşağı kaydırılarak, taş bloklar hareket ettirilebilir. Farklı yönlerden kaydırılan kaldıraçlardan yararlanılarak taş bloklar istenilen yere konulabilir. Yerleştirmede kullanılacak bu teknik belirli bir zamanda çıkarılan taş blokların aynı sürede yerleştirilmesini de sağlayarak iki farklı çalışma arasında eş zamanlılık oluşturduğu gibi piramidin üstünde gereken işçi sayısını da minimuma indirir. Bu teknik hem piramidin inşaat süresini hem de çalışan sayısını azaltır.

Piramidin inşasında kullanılan kireç taş bloklarının ortalama yoğunluğu 2500 kg/m^3 ve kütlesi 2500 kg alınırsa, taş blokların en=boy=yükseklik=1 m olabilir. Piramidin eni ve boyu yaklaşık olarak 230 m olduğunda tabana $230 \times 230 = 52900$ taş blok konulabilir. Eğim oranı=boy yarısı/yükseklik $\cong 0,78$ ile 2. sıraya $722,17$ sayı farkıyla $52177,82$ taş blok konulabilir. Sonraki sıralara aynı eğim oranı korunarak $4,96$ sayı farkı azalışıyla taş bloklar konulabilir. Böylece 146. sıraya $2,48$ ve toplamda 2600977 taş blok konularak piramit tamamlanabilir. Eğer bloklar kas gücüyle taşınarak 10. sıraya kadar çıkılırsa, bu kat dâhil toplam $497097,70$ taş blok konulur. Böylece piramitte kullanılan taş blokların yaklaşık beşte biri ($1/5$) kas gücüyle çıkarılır. Bu işlemde günlük 1000 taş blok taşınmışsa 497 iş gününde piramidin 10. sırası tamamlanır. Beşte dördü ($4/5$) ise havuzlarla 10. sıradan itibaren piramidin üstüne çıkarılır. Bu işlemde bloklar alt kapaktan havuzun içindeki kaldırıca konulup kapaklar kapatılır ve havuz sıvıyla doldurulup sıvının kaldırma kuvvetinden yararlanarak bloklar üst havuzun bulunduğu noktaya yükseltilir. Keops piramidinin inşası birleşik havuz sistemiyle açıklanacağı için blokların konulduğu kapaklar kapatıldıktan sonra birleşik havuzlardaki sıvıların kapakları açılarak sıvının yarısı veya yarısından fazlası kendiliğinden havuza aktarılması sağlanır. Kalan sıvı kova v.b. araçlarla insan kas gücüyle aktarılır. Bu çalışmada piramit inşasında insan kas gücünün askerler tarafından sağlanmış olabileceği önerildiğinden havuzlarda sıvı aktarılması ve blokların hareket ettirilmesi askerler tarafından yapılarak blokların piramitteki yerlerine konulmaları sağlanır. Havuzun üst noktasına kadar sıvının kaldırma kuvvetiyle çıkarılan bloklar üst havuza kaydırma veya yüzdürme tekniğiyle aktarılabilir. Kaydırma tekniğinde bloklar kaldırıca dengesi korunarak kaydırılacakları yüzeye alınır. Bu yüzeyde bloklar itme veya çekme kuvvetiyle kaydırılarak üst havuzdaki kaldırıca konulur ve önceki havuzda yapılan işlemler tekrarlanarak piramidin üstüne çıkarılır. İtme kuvvetinin uygulanmasının zor olduğu durumlarda çekme kuvveti uygulanmış olabilir. Çekme kuvveti organ v.b. araçlarla uygulanmış olabilir. Çekme kuvvetinin yönü, hareket yönüne göre değiştirilmesi gereken durumlarda organın ağaçtan veya fil

kemiğinden yapılan direklerden kaydırılmasıyla çekme kuvvetinin yönü değiştirilerek özellikle kas gücü sayısını sınırlandıran dar alanlar yerine yeterli kas gücü sayısının çalışmasına uygun alanlarda çalışılarak taş blokların hareket ettirilmesi sağlanmış olabilir. Yüzdürme tekniğinde, havuzun üst noktasına kadar sıvının kaldırma kuvvetiyle çıkarılan bloklar kaldıraçla birlikte yüzdürülerek üst havuza aktarılır ve havuzun kapakları kapatılıp havuzun sıvıyla doldurulma işlemleri tekrarlanarak bloklar piramidin üstüne çıkarılmış olabilir. Piramidin üstüne çıkarılan bloklar ya askerler tarafından kaydırılarak piramitteki yerlerine konulmuştur ya da yüzdürme tekniğinin kullanıldığı havuz tiplerinde bloklarla çıkarılan kaldıraçların aşağı indirilirkenki yer çekim kuvvetinden yararlanılarak bloklar yerlerine konulmuştur. Bu durumda bloklar hareket ettirilecekleri yere göre kaldıraçlara urgan v.b. araçlarla bağlanarak askerler tarafından yerlerine konularak Keops piramidi inşa edilmiştir. Blokların piramidin üstünde kaydırılarak hareket ettirilip yerlerine konulmasında kaldıraçların kullanılması, havuzlarda blokların çıkarılmasıyla, piramitteki yerlerine konulması arasında eş zamanlılığın sağlanmasına yardımcı olmuştur.

Ocaktan eğik düzencele fillerle onuncu kata kadar taşınan taş bloklar, buradan birleşik havuzlarda sıvıların kaldırma kuvvetinden yararlanarak blokların piramitteki yerlerine konulmasını sağlayan askerlerin Tablo1'deki verilerle Keops piramidini inşa ettikleri kabul edilirse, dört farklı havuz sistemine göre tablo 2a, b, c ve d'de verilen değerlerle Keops piramidi inşa edilebilir. Hesaplamalarda eşzamanlılık ve zaman sınırlamaları kullanılmıştır. Bu zaman sınırlamaları, bir işin yapılabilmesi için ya havuzdaki sıvının aktarılmasına ya da bir askerın sıvı aktarmasına konulmuştur. Bu sınırlamalarla yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Taş bloklar havuzun dışında kaydırılırsa (Tablo 2'de ikinci sütun) günlük 64 ile 72 arasında değişen taş blok çıkarılarak toplamda 2103879 taş blok 80,1 veya 90,1 yılda çıkarılıp dizilir. Bu sürelere ilk 10 sıranın tamamlanmasında harcanan sürede dâhil edilerek, 81,4 veya 91,4 yılda piramit inşa edilebilir.

Taş bloklar havuzun içinde kaydırılırsa (Tablo 2'de üçüncü sütun) günlük 114 ile 123 arasında değişen taş blok çıkarılarak toplamda 2103879 taş blok 46,8 ile 50,3 yıl arasında değişen zamanlarda çıkarılıp dizilir. Toplamda ise 48,2 ile 51,7 yıl arasında değişen zamanlarda piramit inşa edilebilir.

Taş bloklar, çift sıra duvarlı havuzun içinde yüzdürülürse (Tablo 2'de dördüncü sütun) günlük 254 ile 279 arasında değişen taş blok çıkarılarak toplamda 2103879 taş blok 20,6 ile 22,6 yıl arasında değişen zamanlarda çıkarılıp dizilir. Toplamda ise 21,9 ile 23,9 yıl arasında değişen zamanlarda piramitler inşa edilebilir.

Taş bloklar, tek sıra duvarlı havuzun içinde yüzdürülürse (Tablo 2'de beşinci sütun) günlük 266 ile 293 arasında değişen taş blok çıkarılarak toplamda 2103879 taş blok 19,6 veya 21,6 yılda çıkarılıp dizilir. Toplamda ise 20,9 veya 22,9 yılda piramitler inşa edilebilir.

Sonuç ve Öneriler

Bir medeniyetin pratik ve yararlı sonuçlarla ilgilenme eğilimleri, aynı zamanda bir işi küçük parçalarla yapabilme tekniğini öğrenmelerini sağlamış olabilir. Bu teknikle, su yönetim tekniklerini basamaklı havuz sisteminde kullanarak piramidi yapmış olabilirler. Yukarıda verilen havuz örneklerinden biri veya farklı bir havuz sistemi kullanılmış olabilir. Hangi havuz sisteminin kullanıldığı, pratiklik ve bilgi arasında kurulan ilişkiyle ilgilidir. Yararlı sonuçlarla ilgilenen pratik insanların, pratik sonuçları olan havuzlarda yüzdürme tekniğini kullanmış olmalarını öne çıkarır. Hangi havuz sisteminin ve sınının kullanıldığı, piramitte bulunan taş bloklarda yapılacak incelemelerle ortaya çıkarılabilir. Keops Piramidi basamaklı havuz sistemiyle, sınının kaldırma kuvvetinden yararlanılarak yapılmışsa tablo 1'deki verilerle elde edilen tablo 2'deki sonuçlar ve bunların yorumları doğrultusunda en az zahmetli bölge, inşaat alanı olur. Çünkü en az kas gücü sayısı (insan+hayvan) inşaatta kullanılır. Ayrıca kesilen taş blokların, ocaktan aşağı indirilmesinde kas gücünün yetersiz kaldığı noktalar oluşmuşsa, bu noktalarda piramide taş blok çıkarmada kullanılan yöntem ve teknikler kullanılmış olabilir.

Bu çalışmada verilen teoriler ispat edilebilirse, geriye Keops Piramidinin inşaat süresi ve yapım aşamalarının belirleyici unsurlarından, ocakta taş blok kesim hızına uygun yöntem ve tekniklerin açıklanması kalır. Keops Piramidinde kullanılan yapı teknoloji ve mühendisliği diğer piramitlerin inşasında da kullanılmış olabilir. Suyla temas eden her toplum kaldırma kuvvetinin temel ilkelerini bilmesede de pratik sonuçlarını tecrübe etmiş olabilir. Bunu kanıtlamak için ilgilenilen çağda gemi, kayak vb. su aracı kullanımına bakılabilir. Ortak tecrübeler ilgiye göre ortak sonuçları doğurabilir. Eski medeniyetlerin devamlılığını kas gücünü nerden karşıladıkları etkilemiştir. Yanlış tercihler medeniyetin yükselmesinden ziyade çöküşünü hızlandırır.

Antik dönemin yedi harikasından olan Keops Piramidinin nasıl yapıldığı kadar, yapım bilgilerinin neden günümüze ulaşmadığı sorusu da açıklanmaya değer. Zira önemli olayları taşlara bile yazan bir medeniyetin elinde bu piramidin inşasından önceki tarihlerden beri kullanılan papirüslere (Ronan, 1983, s:15) yazma imkânları varken, piramidin yapım yöntem ve tekniklerini yazmamaları düşük bir ihtimaldir. Bu sorunun cevabı “antik dönemin yedi harikasının diğer altısı neden günümüze ulaşmadı?” sorusunun cevaplarını sorgulatır. Bu soruların cevapları önemli tarihi olayları anlamamızı, özellikle de tarih süresince aynı anda bu antik dönem yedi harikasının tamamının sorumluluğunu üstlenen yönetimleri daha iyi anlamamızı sağlar. Tarih için, yapılan eserler kadar, bu eserlerin saygıyla korunması da önemlidir.

Kaynakça

Hart-Davis, A. (2008). *Science*, DK (Çeviri: Ünlü, B. (2012). *Bilim atlası*, Boyut Yayıncılık, İstanbul, ss: 20-21.)

Mc Clellan III, J. E. ve Dorn, H. (1999). *Science and technology in world history*, The Johns Hopkins University Press (Çeviri: Yalçın, H. (2006). *Dünya tarihinde bilim ve teknoloji*, Arkadaş yayınevi, Ankara, s: 42.)

Ronan, C. A. (1983). *Science: Its history and development among world cultures* (Çeviri: İhsanoğlu, E. ve Günergun F. (2003). *Bilim tarihi: Dünya kültürlerinde bilimin tarihi ve gelişimi*, TÜBİTAK Yayınları, Ankara, 14-16.)

Tablo1: Piramit inşası için verilen değerler

Tek sıra havuzda sıvı aktarma süresi(saat)	0,5
Çift sıra havuzda sıvı aktarma süresi(saat)	0,5
Çift sıra önden kapaklı havuzda sıvı aktarma süresi(saat)	0,5
Tek sıra önden kapaklı havuzda sıvı aktarma süresi(saat)	0,5
Tek sıra havuzda taş kaydırma süresi(saat)	2
Çift sıra havuzda taş kaydırma süresi(saat)	0,8
Çift sıra önden kapaklı havuzda taş kaydırma süresi(saat)	0,1
Tek sıra önden kapaklı havuzda taş kaydırma süresi(saat)	0,1
Günlük mesai saati	10
Yıllık mesai gün sayısı	365
Günlük taş taşıma sayısı	1000
Taşınarak çıkılan taş blok sayısı	10
Çıkış yön ve havuz sayısı	4
Birleşik havuz sayısı	2
Taş çıkarma sayısı	4
Taşıma vardiyası	2
Piramit vardiyası	2
Sıvı yoğunluğu	1,1
Piramide taş dizen ve çalışan işçi sayısı	200
Havuzda toplam çalışan işçi sayısı	30
Havuzda taş kaydıran işçi sayısı	20
Havuzda sıvı aktaran işçi sayısı	30
Bir kişinin bir defada aktarabileceği sıvı miktarı(m ³)	0,02
Bir işçinin bir kova su aktarma süresi(dakika)	1
Kendiliğinden sıvı aktarma oranı	0,5
Enden boşaltılan taş blok sayısı	2
Boydan boşaltılan taş blok sayısı	3
Bir havuzla taş blok çıkış yüksekli	3
Taş blok yoğunluğu "g/cm ³ "	2,5
Kaldıraçın yoğunluğu "g/cm ³ "	0,5
Kaldıraç kütlesi "ton"	1
Yer çekim ivmesi "m/s ² "	9,8
Taş blok açısı için y değeri(m)	0,79
Taş blok açısı için h değeri(m)	1
Kaldıraç açısı için y değeri(m)	0,79
Kaldıraç açısı için h değeri(m)	1
Piramidin eni(x; m)	230
Piramidin boyu(y; m)	230
Piramidin yüksekliği(h; m)	146
Taş blokların eni(x; m)	1
Taş blokların boyu(y; m)	1
Taş blokların yüksekliği(h; m)	1
Kaldıraçın eni(x; m)	2
Kaldıraçın boyu(y; m)	2
Kaldıraçın yüksekliği(h; m)	1

Tablo 2a: Piramidin inşası için verilen değerlerde, üstten sıvı ekleme ve sıvı aktarma süresine sınırlama konularak yapılan hesaplama sonuçları

	Havuz Tipi 1.	Havuz Tipi 2.	Havuz Tipi 3.	Havuz Tipi 4.
Taş çıkarma süresi(saat)	2,5	1,3	0,6	0,6
Sıvı aktarma süresi(saat)	0,5	0,5	0,5	0,5
Havuzda taş kaydırma süresi(saat)	2,0	0,8	0,1	0,1
Toplam çıkan taş sayısı(gün)	64,0	123,1	266,7	266,7
Toplam çıkan taş sayısı(yıl)	23360,0	44923,1	97333,3	97333,3
İnşaat süresi (havuzla, yıl)	90,1	46,8	21,6	21,6
İnşaat süresi (Toplam, yıl)	91,4	48,2	22,9	22,9
Üsten eklemeli taşınacak sıvı hacmi(m ³)	8	19,5	17	16

Tablo 2b: Piramidin inşası için verilen değerlerde sıvı aktarmaya süre sınırlama konularak yapılan hesaplama sonuçları

	Havuz Tipi 1.	Havuz Tipi 2.	Havuz Tipi 3.	Havuz Tipi 4.
Taş çıkarma süresi(saat)	2,5	1,3	0,6	0,6
Sıvı aktarma süresi(saat)	0,5	0,5	0,5	0,5
Havuzda taş kaydırma süresi(saat)	2,0	0,8	0,1	0,1
Toplam çıkan taş sayısı(gün)	64,0	123,1	266,7	266,7
Toplam çıkan taş sayısı(yıl)	23360,0	44923,1	97333,3	97333,3
İnşaat süresi (havuzla, yıl)	90,1	46,8	21,6	21,6
İnşaat süresi (Toplam, yıl)	91,4	48,2	22,9	22,9
Üsten eklemeli taşınacak sıvı hacmi(m ³)	8	21,5	19	18

Tablo 2c: Piramidin inşası için verilen değerlerde, üstten sıvı ekleme ve taş blok kaydırma süresine sınırlama konularak yapılan hesaplama sonuçları

	Havuz Tipi 1.	Havuz Tipi 2.	Havuz Tipi 3.	Havuz Tipi 4.
Taş çıkarma süresi(saat)	2,2	1,3	0,6	0,5
Sıvı aktarma süresi(saat)	0,2	0,5	0,5	0,4
Havuzda taş kaydırma süresi(saat)	2,0	0,8	0,1	0,1
Toplam çıkan taş sayısı(gün)	72,0	119,3	279,6	293,9
Toplam çıkan taş sayısı(yıl)	26280,0	43528,0	102058,3	107265,3
İnşaat süresi (havuzla, yıl)	80,1	48,3	20,6	19,6
İnşaat süresi (Toplam, yıl)	81,4	49,7	21,9	20,9
Üstten eklemeli taşınacak sıvı hacmi(m ³)	8	19,5	17	16

Tablo 2d: Piramidin inşası için verilen değerlerde taş blok kaydırma süresine sınırlama konularak yapılan hesaplama sonuçları

	Havuz Tipi 1.	Havuz Tipi 2.	Havuz Tipi 3.	Havuz Tipi 4.
Taş çıkarma süresi(saat)	2,2	1,4	0,6	0,6
Sıvı aktarma süresi(saat)	0,2	0,6	0,5	0,5
Havuzda taş kaydırma süresi(saat)	2,0	0,8	0,1	0,1
Toplam çıkan taş sayısı(gün)	72,0	114,5	254,9	266,7
Toplam çıkan taş sayısı(yıl)	26280,0	41797,2	93026,5	97333,3
İnşaat süresi (havuzla, yıl)	80,1	50,3	22,6	21,6
İnşaat süresi (Toplam, yıl)	81,4	51,7	23,9	22,9
Üstten eklemeli taşınacak sıvı hacmi(m ³)	8	21,5	19	18