

İkinci Dereceden Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisleri Proje Yönetim Metodolojisi - doi: 10.17932/IAU.IAUD.m.13091352.2015.7/28.1-17

Mustafa KIRMIZI¹
Halil ÖNDER²

Özet

Bu çalışmada öncelikle, ele alınan örnek iş yerindeki gerçek performans değerleri, günlük kayıt altına alınmak sureti ile elde edilmiştir. Projenin İş Kırılım Yapısı(IKY) oluşturulmuştur. Bu IKY altındaki kaynakların da maliyet ve performansları daha önce saha kayıtları ile elde edilen gerçek değerler ile eşleştirilmiştir. Bu sayede bir atık su arıtma tesisinin, aktiviteleri, her aktivitenin süresi, ve gerekli olan kaynakları, iş programı oluşturulmuştur. Böylece kullanılan her kaynağın toplam süreleri, miktarları, maliyetleri ve bunların herbirinin işin toplamındaki önem dereceleri vurgulanmaya çalışılarak, bundan sonra yapılacak olan arıtma tesisi inşaatlarının yapımına ve bunu yapacak olan profesyonellere bir nebze de olsa ışık tutulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisleri, Proje Yönetim Metodolojisi, Atıksu Arıtma Tesisi Projeleri.*

Abstract

KIRMIZI, Mustafa. Primarily, actual performance values at prototype construction site were obtained daily. Work breakdown structure (WBS) was established. Cost and performance of WBS values were matched with old records. Thus, schedule of sewage treatment plant construction project, was established according to WBS values defined. Consequently, It was

¹ İnşaat Mühendisi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. , Florya/İstanbul
mustafakirmizi@yahoo.com

² Prof. Dr., İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı

tried to facilitate the work of professionals who would construct sewage treatment plants by through acted work program determining total times, quantities, costs, and level of significance of each used resource for the construction of sewage treatment plant.

Keywords: *Biological sewage treatment plants, Project management methodology, Projects of sewage treatment plants.*

1. Giriş

Türkiye de dahil olmak üzere bütün Dünya ülkelerinde içme suyu ve kullanım suyu hızla tükenmektedir. Mevcut su kaynakları gerek tarım alanında gerekse içme suyu olarak kullanılarak, su miktarları her geçen gün azalmaktadır. Sanayi sektöründe kullanılan su ise, mevcut su miktarının azalmasını hızlandırmaktadır. Kullanma ve su kaynaklarının belirli bir denge çerçevesinde ilerlemesi gerekmektedir. Mevcut su kaynaklarındaki azalma, bu dengenin yeterli olmadığını göstermektedir.

Mevcut su kaynaklarının, kullanım ihtiyacını karşılayabilmesi için takviye çalışmaları yapılırken Atık suların arıtılarak tekrar kullanılabilmesi için 2. Dereceden biyolojik arıtma tesisleri, yapılabilecek çalışmaların sadece bir adımındır. Biyolojik arıtma tesislerinin yapımı, kullanıldıktan sonra atık hale gelen suyun temizlenerek tekrar doğaya kazandırılmasını sağlar. Atık su arıtma tesisleri imalatı tamamlandıktan sonra, atık halde bulunan sular temizlenerek tekrar doğaya kazandırılır. Böylelikle mevcut su kaynaklarının kullanımı, arıtılan sular ile birlikte azalır.

Yapılan çalışmanın amacı yürütülecek projenin sistematik şekilde devam edebilmesi ve belirli bir bütçe çerçevesinde kalarak projenin sonlandırılması için gerekli bütün aktivitelerin zamanında yapılabilmesidir. Bu ve bunun gibi çalışmalar, buna benzer çalışma yapacak kişilere ön ayak olacaktır. İş verenlere büyük bir katkı sağlayacaktır. Oluşabilecek riskleri, aksaklıkları ve bütçe planlamasını kontrol altında tutacaktır. Proje imalat aşamasındayken, bütçe veya zaman değişikliklerinde müdahale edilecek iş kalemlerini belirleyici özelliği bulunmaktadır. Örneğin 1000 günde tamamlanması gereken bir proje süresi, daha sonradan oluşan şartlardan dolayı 900 günde tamamlanması problemiyle karşı karşıya kaldığımız zaman “En düşük maliyetle bunu nasıl gerçekleştirebiliriz?” sorusuna yanıt

bulmak için büyük kolaylık sağlayacaktır. Hangi iş kalemlerine, nasıl ve hangi tarihte müdahale yapılması gerektiğini gösterecektir.

Yapılan çalışma, İSKİ tarafından yaptırılan “Avrupa Yakası 2010 Yılı 1. Kısım Atıksu ve Yağmursuyu Kanal İnşaatı” iş kapsamında bulunan 2. Dereceden Biyolojik Arıtma Tesislerinin fiyat, zaman, imalat optimizasyonudur. Çalışma aşamasında bu optimizasyonun proje maliyet kontrolü açısından bir çok yararı olmuştur. Gerçekleştirilen bu fiyat ve zaman optimizasyon çalışması, işveren tarafından incelenmiş ve gerekli kontroller sağlanmıştır. Bu bölümde açıklanacak bilgiler, böyle bir optimizasyonu kendi projenizde rahatlıkla uygulayabilmeniz için ön ayak olacaktır. Optimizasyon çalışmasına başlamadan önce şantiye alanı yerinde incelenmiştir. Statik, mimari, mekanik ve elektrik projeleri detayları ile birlikte incelenerek projeyi tanımamız gerekmektedir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, Türkiye’deki Atıksu Arıtma Tesislerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, İkinci Dereceden Biyolojik Arıtma Tesislerini oluşturan yapı taşlarından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ise İkinci Dereceden Biyolojik Arıtma Tesislerinin Proje Yönetim Metodolojisi ele alınmıştır. Dördüncü bölümde bahsi geçen proje yerinde incelenerek analizler yapılmış ve sonuçları tablolar halinde gösterilmiştir. Son olarak beşinci bölümde ise 2000+2000 kişi kapasiteli İkinci Dereceden Biyolojik Arıtma Tesisi imalatının yapılabilmesi için ne kadar bütçe gerektiği sonucu elde edilmiştir.

2. Türkiye’de Atıksu Arıtma Tesisleri

Türkiye’de şu anda 326 atık su arıtma tesisi bulunmaktadır [1]. Bunların 35’i doğal, 39’u fiziksel, 53’ü kimyasal ve 199’ü biyolojik arıtma tesisleri sistematığı olarak işlemektedir. Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı bilgilerine göre 326 tesisin yılda 2,72 milyar m³ atık suyu arıttığı gözlemlenmiştir [2]. Arıtılan sular denize, baraja, akarsulara, göletlere iletilmektedir. Ülkemizde bir bireyin günde ortalama 182 litre suyu kullandıktan sonra atık su şebekelerine iletmektedir. Şu andaki mevcut nüfus 76 milyon 667 bin kişi olarak belirlenmiştir. Bu durum, günde 14 milyon m³ suyu arıtmanız gerektiği gerçeğini ortaya koymaktadır. İstatistiki bilgiler, faaliyette olan tesislerimizin yetersiz kaldığı gerçeğini gün yüzüne çıkartmaktadır. 2010 yılında kanalizasyon şebekeleri ile toplanan 3,58 milyar m³ atıksuyun

%48,6'sı akarsuya, %41,8'i denize, %3,6'sı baraja, %2,1'i göle-gölete, %1'i araziye ve %2,8'i diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir [3].

3. İkinci Dereceden Biyolojik Arıtma Tesisi Yapıları

Bu tip tesisler terfi haznesi, oksidasyon havuzu, dağıtım yapısı, geri devir haznesi, çökeltme havuzu, çamur haznesi ve deşarj rögarından oluşmaktadır. Her bir hazne veya havuz farklı görevler üstlenmiştir.

3.1. Terfi Haznesi

Tesinin atık suyu aldığı ilk bölümdür. Terfi haznesinin görevi iletilen kanaldan suyu almak ve su ile birlikte gelen yabancı cisimleri ayrıştırmaktır. Diğer bir deyişle, yabancı cisimlerin tesise girişini engelleyerek gelen atık suyun oksidasyon havuzuna transferini sağlamaktır.

3.2. Oksidasyon Havuzu

“Evsel kullanılmış sular, sığ havuzlarda doğal biyolojik işleme stabilize edilebilir. Bu şekilde ham veya bir ön işlemde geçmiş suyun okside olmak üzere bırakıldığı havuzlara oksidasyon havuzu adı verilir.” [4] Oksidasyon havuzları genelde tesisin en büyük boyutlardaki havuzlarını oluşturur. Çünkü atık suya ilk işlem burada gerçekleştirilir. Su havuza HDPE(High Density Polyethylene) boru aracılığı ile terfi haznesinden gelir. Gelen suyun içerisinde parçacıklar bulunmaktadır. Havuz üzerine imalat edilen yürüme yolları ve vanalar tesise müdahale açısından çok önemlidir.

3.3. Dağıtım Yapısı

Oksidasyon havuzundan savağa aktarılan sular dağıtım yapısına gönderilir. Dağıtım yapısı iki veya daha fazla çökeltme(çökeltim) havuzu olan tesislerde yapılır. Çünkü suyun arıtılması için çökeltme havuzuna girmesi gerekmektedir. İki veya daha fazla sayıda olduğu zaman bunların ayrılabilmesi için dağıtım yapısına ihtiyaç vardır. Dağıtım yapısının hemen temelinin üstünde çökeltme havuzları sayısı kadar pencere bulunur. Bu pencerelerden borular çıkar ve çökeltme havuzuna aktarılır.

3.4. Geri Devir Havuzu

Çökeltme havuzuna bağlantısı olan, taşkın hallerde acil müdahale için gerekli olan yapıdır. Taşkın hallerde dağıtım yapısının devreye girdiği bazı

zamanlarda, sadece dağıtım yapısı yeterli gelmeyebilir. Çünkü dağıtım yapısı taşkın olmayan hallerde de çökeltme havuzuna bağlıdır. Aşırı yüklenme sonucu bu havuz taşabilir. Bahsedilen durumun oluşmaması için geri devir yapısı inşa edilir. Geri devir yapısı oksidasyon havuzunun taşmaya yüz tutmaya başlaması ile devreye girer. Havalandırma yapısının üst bölümünden geri devir yapısına boru bağlantıları yapılır

3.5. Çökeltme Havuzu

Her havuz köşegenlerden oluşurken çökeltme havuzu çember şeklinde oluşturulur. Atık suya fiziksel müdahalenin yapıldığı haznedir. Tam orta noktasında çember şeklinde deflektör bulunmaktadır. Deflektör, mekanik teçhizatın üstünde işlem görebilmesi için yapılması gereken küçük yapıdır. Altında koloncuklar bulunur ve perdelerinde oval delikler bırakılır. Dağıtım yapısından gelen iletim boruları deflektörün tam orta noktasından yer çekimine ters yönde yerleştirilir. Atık su deflektöre ulaştığı zaman, kendi enerjisi ile iletim hattından çıkar.

3.6. Deşarj Rögarı

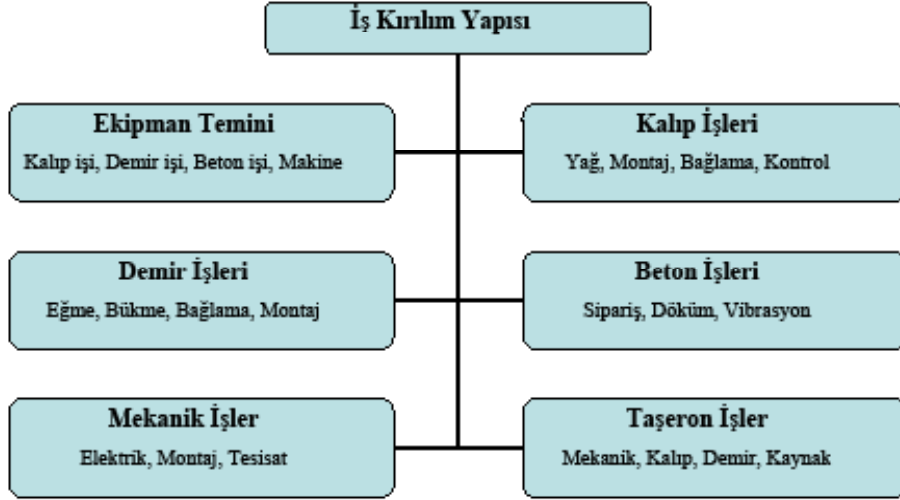
Aritma tesisinin son halkasıdır. Suyun tesisten uzaklaşması sırasında geçtiği son havuzdur. Deşarj rögarında mekanik işlemler yoktur. Bazı durumlarda dere veya akarsuya gönderilecek bölge, rögardan daha yüksek kot seviyesinde olabilir. Bu durumlarda rögara motopomp yerleştirilir. Gönderilecek sudan numeneler almak ve çıkışı kontrol etmek açısından imalatı yapılır. Rögarda çökeltme havuzu sayısının 1 fazlası kadar boru girişi bulunmaktadır. Fazla olan boru girişi ise suyun tesisten uzaklaştırılması içindir.

4. İKİNCİ DERECE DEN BİYOLOJİK ARITMA TESİSİ PROJE YÖNETİM METODOLOJİSİ

4.1. İş Kırılım Yapısının Oluşturulması

“Uzman görüşünden genellikle, etkili bir IKY oluşturmak amacıyla proje teslimatlarının daha küçük bileşenlere ayrıştırılmasına yönelik gerekli bilgileri analiz etme amaçlı yararlanılır. Bu tür görüşler ve uzmanlık bilgileri proje kapsamının teknik ayrıntılarına uygulanır ve genel proje kapsamının en iyi nasıl ayrıştırılacağına yönelik fikir ayrılıklarını ortadan kaldırmak için kullanılır. Bu seviyede bir uzmanlık bilgisi, benzer projelerde ya da iş

alanlarında konuyla ilgili mesleki eğitimi, bilgisi veya deneyimi olan kişi veya gruplarca sağlanır.“ [5]



ŞEKİL 1. İş Kurulum Yapısı

4.2. Kaynak ve Maliyetlerinin Belirlenmesi

Kaynakların maliyetleri proje maliyetini ortaya çıkartacaktır. Bu nedenle önemlidir. 2. Dereceden biyolojik arıtma tesisi imalatı sırasında gerçek gözleme dayalı bir analiz yapılmıştır. Analiz her gün kayıt altına alınarak, detaylı bilgilere ulaşılmasına ön ayak olmuştur. Şekil I. 'de bulunan Kalıp İşlerinin analiz sonuçları Tablo I.' de verilmiştir.

Tablo I. Kalıp İş Kalemi Analiz Sonuçları

Tarih	İşlem Türü	İşçi Sayı.	Birim	İmalat/Gün	Çalışılan Sa.	İmalat/Sa
11.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	248,60	8,00	31,00
	Çivi	2	m ²	248,60	6,00	41,00
12.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	196,80	6,00	32,00
	Çivi	2	m ²	196,80	3,50	56,00
13.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	265,30	8,00	33,00
	Çivi	2	m ²	265,30	6,00	44,00

14.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	200,00	7,00	28,00
	Çivi	2	m ²	200,00	5,00	40,00
	Kalıp sök	3	m ²	555,40	5,00	111,00
15.11.2013	Kalıp bağla	2	m ²	102,60	8,00	12,00
	Çivi	2	m ²	102,60	3,00	34,00
16.11.2013	Kalıp bağla	3	m ²	168,7	7,00	24,00
	Çivi	2	m ²	168,7	4,00	42,00
21.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	210,76	8,00	26,00
	Çivi	2	m ²	210,76	4,00	52,00
	Kalıp sök	3	m ²	310,76	3,00	103,00
22.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	255,5	8,00	31,00
	Çivi	2	m ²	255,5	6,00	42,00
	Kalıp sök	3	m ²	580,94	6,00	96,00
23.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	275,12	8,00	34,00
	Çivi	2	m ²	275,12	5,00	55,00
25.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	285,04	8,00	35,00
	Çivi	2	m ²	285,04	5,00	57,00
26.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	236,56	8,00	29,00
	Çivi	2	m ²	236,56	4,00	59,00
30.11.2013	Kalıp bağla	4	m ²	190,98	8,00	23,00
	Çivi	2	m ²	190,98	3,00	63,00
	Kalıp sök	3	m ²	741,38	6,50	114,00
2.12.2013	Kalıp bağla	4	m ²	300,06	8,00	37,00
	Çivi	2	m ²	300,06	5,00	60,00
3.12.2013	Kalıp bağla	4	m ²	290,54	8,00	36,00
	Çivi	2	m ²	290,54	5,00	58,00
4.12.2013	Kalıp bağla	4	m ²	246,80	8,00	30,00
	Çivi	2	m ²	246,80	4,00	61,00
	Kalıp sök	3	m ²	450,60	4,00	112,00

Tablo II. Kalıp İş Kalemi Analiz Değerlendirmesi

İşlem Adı	Metraj	Çalışma Saati	Birim	Ortalama	Periyot
Kalıp bağlanması	4 043,90	505,00	m2	8,00	/sa
Çivi	4 043,90	159,00	m2	25,00	/sa
Kalıp sökülmesi	4 293,82	110,50	m2	38,00	/sa

Tablo III. Kalıp İş Kalemi Birim Maliyeti

İşlem Türü	İşçi	Br. Mali.	İşçi. Mal	İmal.	Gıda	Br	Per.	Maliyet (TL)
Plywood alma		36,00		1500,0		m ²		54000,0
Keser alma		20,00		9,0		adt		180,0
Manivela alma		55,00		4,0		adt		220,0
Kalıp çivisi alma		3,20		400,0		Kg		1280,0
Beton çivisi alma		8,00		120,0		Kg		960,0
Metre alma		5,00		6,0		adt		30,0
D. testere alma		226,00		2,0		adt		452,0
Yağ fırçası alma		6,00		3,0		adt		18,0
Terazi		14,00		4,0		adt		56,0
Çırpı İpi		600,00		0,05		M		30,0
2,5+2,5 Dikme		34,25		400,0		adt		13700,0
								70926,0TL
Kalıp bağlama	4		40,00	32,0	2,48	m ²	1 sa	42,5
Çivi çak.	2		20,00	50,0	1,24	m ²	1 sa	21,2
Kalıp sök	3		30,00	114,0	1,86	m ²	1 sa	31,9
SSK(%14,5)	9	148,12		5,55		adt	1 sa	5,6
İşsizlik Fonu(%2)	9	20,43		0,77		adt	1 sa	0,8
								1sa 101,90 TL

Tablo II üzerinde kalıp işlerinin analizleri yapılmış olup Tablo III üzerinde maliyetler belirtilerek, kalıp iş kaleminin projeye saatte ne kadar maliyet

getireceği hesaplanmıştır. Analiz sonucundan da anlaşılacağı üzere kalıp işlerinin başlayabilmesi için ilk aşamada 70 926,00 TL harcayacak kaynak temininin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Kaynak temininin ardından kalıp işlerinin devam ettiği her 1 saat için 101,90 TL maliyetin olacağı Tablo III' de görülmektedir. Aynı analizler inşaat demir işleri için de gerçekleştirilmiştir. Çalışan işçi sayısı, saatlik demir bağlama istatistikleri kayıt altına alınarak gerçek bir çalışma yapılmıştır. Demir iş kaleminin analiz sonuçları Tablo IV' de verilmiştir. Demir iş kalemi analizi yapılırken birim olarak m² kullanılmıştır. Cevabını bulmak istediğimiz soru "1 saatte 1 işçi toplam kaç m² bir alanında demirini bağlayabiliyor?" olarak baz alınmıştır.

Tablo IV. Demir İş Kalemi Analiz Sonuçları

Tarih	İşlem Türü	İşçi Sayısı	Birim	İmalat / Gün	Çalışılan Saat	İmalat / Sa
11.11.2013	Demir bağla	2	m ²	126,70	7,00	18,00
	Tel bağla	1	m ²	126,70	6,00	21,00
12.11.2013	Demir bağla	2	m ²	135,65	7,00	19,00
	Tel bağla	1	m ²	135,65	6,00	22,00
13.11.2013	Demir bağla	2	m ²	125,60	7,00	17,00
	Tel bağla	1	m ²	125,60	6,00	20,00
14.11.2013	Demir bağla	2	m ²	110,14	6,00	18,00
	Tel bağla	1	m ²	110,14	6,00	18,00
15.11.2013	Demir bağla	2	m ²	108,90	6,00	18,00
	Tel bağla	1	m ²	108,90	6,00	18,00
16.11.2013	Demir bağla	2	m ²	104,80	7,00	14,00
	Tel bağla	1	m ²	104,80	6,00	17,00
21.11.2013	Demir bağla	2	m ²	105,00	7,00	15,00
	Tel bağla	1	m ²	105,00	6,00	17,00
22.11.2013	Demir bağla	2	m ²	112,40	7,00	16,00
	Tel bağla	1	m ²	112,40	6,00	18,00
23.11.2013	Demir bağla	2	m ²	118,60	6,00	19,00
	Tel bağla	1	m ²	118,60	5,00	23,00

25.11.2013	Demir bağla	2	m ²	110,00	6,00	18,00
	Tel bağla	1	m ²	110,00	5,00	22,00
26.11.2013	Demir bağla	2	m ²	120,50	7,00	17,00
	Tel bağla	1	m ²	120,50	6,00	20,00
30.11.2013	Demir bağla	2	m ²	135,15	7,00	19,00
	Tel bağla	1	m ²	135,15	6,00	22,00
2.12.2013	Demir bağla	2	m ²	136,98	7,00	19,00
	Tel bağla	1	m ²	136,98	7,00	19,00
3.12.2013	Demir bağla	2	m ²	151,30	7,00	21,00
	Tel bağla	1	m ²	151,30	7,00	21,00
4.12.2013	Demir bağla	2	m ²	146,80	7,00	20,00
	Tel bağla	1	m ²	146,80	7,00	20,00

Tablo V. Demir İş Kalemi Analiz Değerlendirmesi

İşlem Adı	Metraj	Ç. Saati	Birim	Ortalama	Periyot	Toplam Malzeme
Demir Bağlanması	2295,96	422,00	m ²	5,50	/sa	91,84
Tel Bağlama	2295,96	117,00	m ²	19,00	/sa	229,596

Demir iş kaleminin analiz sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo V' de yapılmış ve Tablo VI' de bir işçinin 1 saatte toplam kaç m² alana demir bağlayabildiğini ortaya koymuştur. Böylelikle projede demir iş kaleminin saatlik maliyeti hesaplanıp bütçe planlanması yapılabilmektedir.

Tablo VI. Demir İş Kalemi Birim Maliyeti

İşlem Türü	İşçi adt	B. Mal (TL)	İ. Mal. (TL)	İmalat	Gıda	Birim	Per.	Maliyet (TL)
Demir satın alınması		1530,00		91,84		t		140515,2
Kerpeten satın alınması		62,00		3,00		adt		186,00
Tavlı tel satın alınması		2,70		229,60		adt		619,91

Makas satın alınması		80,00		2,00		kg		160,00
Eğme-bükme makinesi satın alınması		4250,00		1,00		kg		4250,00
Metre satın alınması		5,00		3,00		adt		15,00
Demir bağlama	2		20,00	11,00	1,24	m ²	1 sa	21,24
Tel bağlama	1		10,00	19,00	0,62	m ²	1 sa	10,62
İşçi SSK Primi (%14,5)	3	148,12		1,85		adt	1 sa	1,85
İşsizlik Sigorta Fonu(%2)	3	20,43		0,26		adt	1 sa	0,26
Toplam							33,97 TL /sa	
Toplam							145746 TL	

Tablo VII. Beton Dökme İş Kalemi Analiz Sonuçları

Tarih	İşlem Türü	İşçi Sayısı	Birim	İmalat / Gün	Çalışılan Saat	İmalat / Sa
12.11.2013	Beton dök	3	m ³	126,00	4,00	31,50
	Vibrasyon	2	m ³	126,00	4,00	31,50
16.11.2013	Beton dök	3	m ³	45,00	2,00	22,50
	Vibrasyon	2	m ³	45,00	2,00	22,50
21.11.2013	Beton dök	3	m ³	165,00	6,00	27,50
	Vibrasyon	2	m ³	165,00	6,00	27,50
23.11.2013	Beton dök	3	m ³	84,00	3,00	28,00
	Vibrasyon	2	m ³	84,00	3,00	28,00
30.11.2013	Beton dök	3	m ³	176,00	6,00	29,33
	Vibrasyon	2	m ³	176,00	6,00	29,33
4.12.2013	Beton dök	3	m ³	70,00	4,50	15,56
	Vibrasyon	2	m ³	70,00	4,50	15,56
7.12.2013	Beton dök	3	m ³	156,00	7,00	22,29
	Vibrasyon	2	m ³	156,00	7,00	22,29

Tablo VIII. Beton Dökme İş Kalemli Analiz Değerlendirmesi

İşlem Adı	Metraj	Ç. Saati	Birim	Ortalama	Periyot
Beton dökme	822,00	97,50	m ³	8,43	/sa
Vibrasyon-Mala	822,00	65,00	m ³	12,65	/sa

Bir işçinin saatte 8,43 m³ betonu döktüğü ve bir işçinin saatte 12,65 m³ betonu malalayıp vibratör ile vibrasyon yaptığı Tablo VII.'de ve Tablo VIII.'de gözlemlenmiştir. Beton döküm işlemi gerçekleştirilirken 1 saatte projeye yansıttığı maliyet ise Tavlo IX.'de gösterilmiştir.

Tablo IX. Beton Dökme İş Kalemli Birim Maliyeti

İşlem Türü	İşçi (adt)	B. Mal (TL)	İ. Mal. (TL)	İmalat	Gıda	Birim	Per.	Maliyet (TL)
Pompa Beton Maliyeti		132,16		822,00		m ²		108635,5
Mala Alma		22,00		3,00		adt		66,0
Vibratör Alma		1860,00		1,00		adt		1860,0
Çizme Alma		23,00		5,00		kg		115,0
Eldiven Alma		1,25		15,00		kg		18,8
Beton dökme	3		30,00	25,29	1,86	m ²	1 sa	31,9
Vibrasyon-Mala	2		20,00	50,00	1,24	m ²	1 sa	21,2
İşçi SSK Primi(%14,5)	5	148,12		3,09		adt	1 sa	3,1
İşsizlik Sigorta Fonu(%2)	5	20,43		0,43		adt	1 sa	0,4
Beton döküm işlemindeki saatlik maliyet								56,61 TL

Havuzların imalat aşaması başlamadan önce, havuz yerinin kazısı ve tesviyesi yapılır. Bu işlem sırasında kazı için ekskavator, hafriyatın döküm alanına gönderilmesi için kamyon gerekmektedir. Dolayısı ile ekskavator ve kamyon iş kalemlerinin de analizlerinin yapılması daha kesin sonuç verecektir.

Tablo X. Kazı ve Tesviye İş Kalem Analiz Sonuçları

Ekipman Adı	Tarih	İmalat	Metraj	Brm	Aldığı Yakıt(lt)	Çalış. Saat
Ekskavatör	19.12.2013	Kazı, Tesviye	59,40	m3	110,00	1,00
Ekskavatör	26.12.2013	Kazı, Tesviye	345,60	m3	0,00	7,00
Ekskavatör	04.01.2014	Kazı, Tesviye	72,65	m3	120,00	1,15
Ekskavatör	08.01.2014	Kazı, Tesviye	148,70	m3	0,00	2,10
Ekskavatör	11.01.2014	Kazı, Tesviye	234,12	m3	100,00	6,00
Ekskavatör	14.01.2014	Kazı, Tesviye	39,00	m3	0,00	0,45
Ekskavatör	20.01.2014	Kazı, Tesviye	402,60	m3	95,00	7,50

Kazı ve tesviye işlerinin günlük metrajları ve ekskavatörün yakmış olduğu yakıtlar Tablo X.'de belirtilmiştir. Tablo XI.'de analiz değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Tablo XI. Kazı ve Tesviye İş Kalem Analiz Değerlendirmesi

Ekipman	Kira (TL)/sa	Yakıt (lt) /sa	Y.B Fiyat (TL)	Mal. (TL)	İmalat Miktarı	Periyot
Ekskavatör	37,00	16,87	4,48	112,56	51,67	sa

Tablo XII. Kamyon İş Kalem Analiz Sonuçları

Ekip Adı	Tarih	İmalat	Metraj	Birim	Yakıt(lt)	Çalış. Saat
Kamyon	11.01.2014	Nakliye	82,00	m3 ve malzeme	160,00	7,00
Kamyon	13.01.2014	Nakliye	46,00	m3 ve malzeme	0,00	7,00
Kamyon	14.01.2014	Nakliye	55,00	m3 ve malzeme	0,00	7,00
Kamyon	15.01.2014	Nakliye	65,00	m3 ve malzeme	160,00	8,00
Kamyon	16.01.2014	Nakliye	58,00	m3 ve malzeme	0,00	7,00
Kamyon	17.01.2014	Nakliye	76,00	m3 ve malzeme	0,00	8,00
Kamyon	18.01.2014	Nakliye	12,00	m3 ve malzeme	160,00	7,00
Kamyon	20.01.2014	Nakliye	59,00	m3 ve malzeme	0,00	8,00
Kamyon	21.01.2014	Nakliye	68,00	m3 ve malzeme	0,00	7,00

Kamyon	22.01.2014	Nakliye	71,00	m3 ve malzeme	160,00	7,00
Kamyon	23.01.2014	Nakliye	57,00	m3 ve malzeme	0,00	8,00

Tablo XIII. *Kamyon İş Kalemi Analiz Değerlendirmesi*

Ekipman	Kira (TL)/sa	Yakıt (lt) /sa	Y.B. Fiyat (TL)	Maliyet (TL)	İmalat	Periyot
Kamyon	20,00	7,90	4,48	55,40	8,01	sa

Kamyon iş kaleminin analiz sonuçları Tablo XII. 'de ve Kamyon iş kaleminin analiz değerlendirme Tablo XIII. 'de verilmiştir. Analizi yapılan iş kalemlerine bakılarak, her bir iş kaleminin projeye yansıtacağı saatlik maliyet belirlenmiştir. Belirlenen bu saatlik maliyetler kullanılarak projenin maliyetini ortaya çıkartacaktır.

Tablo XIV. *İş Kalemlerine Göre Saatlik Maliyet Dağılımı*

İş	Periyot	Maliyet (TL)
Kalıp Bağlanması	sa	101,90
Beton Dökme	sa	56,61
Ekskavatör Çalışması	sa	51,67
Vinç Çalışması	sa	56,68
Kamyon Çalışması	sa	55,40
Demir Bağlanması	sa	33,97

İş kalemlerinin saatlik maliyet dağılımı değerleri Tablo XIV. 'de verilmiştir. Her iş kaleminin saatlik maliyetinin belirlenmesinin ardından, her iş kaleminin projenin tamamlanması için ne kadar süre çalışması gerektiğini belirlemek gerekir. Yapılan analizlerde iş kalemlerinin çalışma saatleri belirtilmiş ve analiz edilmiştir.

Tablo XV. Kaynakların Toplam Çalışma Saat Değerleri

Çalışma Tür	Kaynaklar	Saat
Çalışma	İşçi(Kalıp)	1 392
	Ekskavatör ve operatör	200
	Kamyon ve sürücü	144
	Vinç ve operatörü	560
	Topoğraf	896
	Formen	896
	Beton pompa ve operatörü	192
	İşçi(Demir)	520
	İşçi	544
Toplam Çalışma		5 344
Genel Toplam		5 344

Topoğraf ve formen imalatı yapılacak havuzların kot değerlerini kontrol etmekle, beton pompa ve operatörü betonu dökmekle, düz işçi ise temizlikle sorumlu kişilerdir. Belirtilen kaynak ve iş kalemlerinin saatlik çalışma değerleri Tablo XV. 'de ve maliyet değerleri Tablo XVI. 'de ve Kaynakların toplam maliyet değerleri Tablo XVII. 'de verilmiştir.

Tablo XVI. İş Kalemlerinin Maliyet Değerleri

İşim Adı	Maliyeti
İşçi(Kalıp)	101,90 ₺/sa
Ekskavatör ve operatör	34,00 ₺/sa
Kamyon ve sürücü	25,00 ₺/sa
Vinç ve operatörü	29,10 ₺/sa
Topoğraf	8,33 ₺/sa
Formen	8,00 ₺/sa
Beton pompa ve operatörü	125,00 ₺/sa
İşçi(Demir)	33,97 ₺/sa

Tablo XVII. Kaynakların Toplam Maliyet Değerleri

Maliyet		Maliyet
Tür	Kaynaklar	Toplam
Çalışma	İşçi(Kalıp)	141 844,8
	Ekskavatör ve operatör	6 800,0
	Kamyon ve sürücü	3 600,0
	Vinç ve operatörü	16 296,0
	Topoğraf	7 463,68
	Formen	7 168
	Beton pompa ve operatörü	24 000,0
	İşçi(Demir)	17 664,4
	İşçi	3 400
Toplam Çalışma		236 904,88
Genel Toplam		236 904,88

5. Sonuç

Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına bakılarak 2000+2000 kişi kapasiteli 2. Dereceden Biyolojik Arıtma Tesisi projesi toplam 236904,88 TL bedelle imal edilebilir. Arıtma tesislerinin projeleri hassas hesaplar sonucunda oluşturulur. Tesis mimarı tasarımı, hem statik hesaplara hem de hidrolik hesaplara cevap verebilmelidir. Tesislerin yapılacağı yerler dolayısı ile bir çok sorunlar yaşanabilir. Atık su tesisleri olabildiğince yerleşim yerlerine uzak yerlere kurulmak istenir. Çünkü atık su arıtma tesislerinde, parçacıkların çökmesi veya bakterilerin üremesi durumlarında, meydana koku çıkabilmektedir. İleri biyolojik arıtma tesislerinde koku giderici havuzlar ve odalar yapılarak bu sorun giderilebilmiştir. Şartların el vermesi durumunda yerleşim yerlerine uzak yerlere inşa edilir fakat bazı durumlarda yerleşim yerlerine yakın inşa edilmek zorunda kalır. Bu durum özellikle çanak bölgeler dediğimiz, çanağı andıran bölgelerde yapılır. Çünkü atık suların kendi enerjisi ile akabilmesi için, yerleşim yerinin dış kanatlarından merkezine doğru akması gerekir. Tesisin, yerleşim yerinin en düşük kot değerine sahip bölgesine yerleştirileceğini düşünürsek; yerleşim yerinin merkez noktasına dahi kurulabilir. Aksi halde atık suların tesise ulaşması için sürekli kullanılacak enerji gerekmektedir. Bu da ekonomik olarak

büyük maliyetler ortaya çıkartmaktadır. Proje hazırlanmadan önce gerekli enerji ve işletme maliyetleri hesaplanarak, daha ekonomik olan çözümler kullanılabilir. Bazı durumlarda yerleşim yerine yakın, bazı durumlarda ise yerleşim yerine uzak inşa edilir.

İkinci dereceden biyolojik arıtma tesisinin sadece fiyat, kaynak, zaman optimizasyonlarından ibaret olmamakla beraber projenin zamanında, uygun fiyat ve kalitede uygulanabilmesi için önemlidir. Optimizasyon; proje kontrolü ile birlikte maliyet ve risk kontrolünü en doğru şekilde yönetebilmemizi sağlar. İmalat aşamasında büyük problemler ile karşı karşıya kalmamak için projenin en başında detaylı planlaması yapılmalıdır. Bu konuda en önemli husus, gerekli kaynakların miktarı ve kullanılabilirliği ve her bir kaynağın aktif ve boştaki olacağı takvimlerinin belirlenmesi ve gerekirse iş programının kaynak durumuna göre revize edilmesidir. Karşılaşılabilecek problemler ve çözümlerini imalat aşamasından başlayarak adım adım ele almak gerekir.

Projeyi tüm detayları ile birlikte ele aldıktan sonra optimizasyona başlanabilir. Analiz sonuçlarında görülebileceği üzere, maliyetin büyük kısmını kalıp, demir ve beton iş kalemleri oluşturmaktadır. Maliyeti yüksek kalemlerin büyük bir özveri ile planlı şekilde takip edilmesi gerekmektedir. Bunun için şantiyeye hakim mühendis ve kalifiye işçiye ihtiyaç duyulur. Çünkü yapılacak inceleme her gün kayıt altına alınacaktır. Takip mekanizmasının ilk adımı temin edilecek malzemelerin listesidir. Satın alınacak malzemelerin listesi çıkartılmalı ve analizimize dahil edilmelidir. Örneğin kalıp işinin başlayabilmesi için imalat çeşidine göre kalıp malzemeleri, keser, çivi, tel vb. gibi malzemeler gerekmektedir. Malzemeler temin edildikten sonra havuz yerlerinin tesviyesi için ekskavatör, kamyon , stabilize dolgu malzemelerinin analizi yapılmalıdır. Havuz yerlerinin tesviyesi yapılırken ekskavatörün her kova yüklemesinin ve çıkan hafriyatın yükleneceği kamyon damperinin ne kadar hafriyat alacağını kayıt altına almamız gerekir. Yüklenen hafriyat miktarı her saat ayrı ayrı analiz edilmelidir. Her analiz optimizasyonda kullanılmak üzere kayıt altına alınmalıdır. Yapılan bu çalışma “Bir ekskavatör bir saatte kaç metreküp hafriyat yükleyebilmektedir? Bir kamyon bir saatte kaç metreküp hafriyatı şantiye alanından uzaklaştırabilmektedir?” sorularına yanıt verebilmelidir. Aynı analiz yapılırken her saat çalışan araçların yakıt

tüketimi de kontrol edilmelidir. Bunun amacı “Bir saatte çalışan araç ne kadar yakıt tüketmektedir?” sorusuna yanıt bulabilmektir. Bu soruların yanıtları proje maliyetini değiştirecektir. Yapılabilecek küçük bir hata, uzun vadede proje sürelerinin uzamasına, maliyetlerin artmasına neden olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] TUİK, 2012, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=10752>
- [2] Karpuzcu, M. (2005), Su Temini ve Çevre Sağlığı. İstanbul: Kubbealtı Neşriyatı, s.212
- [3] TUİK, 2012, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=10752>
- [4] MEGEP (2008), Kimya Teknolojisi Su Arıtma, s.24
- [5] PMBOK (2013), Proje Yönetimi Bilgi Birikim Havuzu Beşinci Baskı, s.128