

DERİ ENDÜSTRİSİNDE KİRLİLİĞİN

kontrol altına alınmasında

EM TEKNOLOJİSİNİN

kullanılması

EM PAKISTAN

Tel & Fax: 042-5303861

Eposta: info@embitech.org

URL: <http://www.embitech.org>

EM PAKISTAN eposta: info@embitech.org URL: <http://www.embitech.org>

DERİ ENDÜSTRİSİNDE KİRLİLİĞİN kontrol altına alınmasında EM TEKNOLOJİSİNİN kullanılması

1. Giriş

Deri endüstrisi Pakistan'da ihracat getirisi olan 3'üncü büyük endüstridir. Yıllık ihracat getirisi, 700 milyon \$'ın üzerindedir. Ulusal ekonomiye yaklaşık 35 milyon Rs. katkıda bulunur. Bu gelir, Korangi (160 tabakhane), Kasur (238), Sialkot (235), Gujrawanwala-Wazirabad (40), Lahore (26), Sahiwal (6) and Multan'da (45) kümelenmiş 750 tabakhanelen gelmektedir. Pakistan bir tarım ülkesidir ve büyükbaş hayvancılıkta yerleşmiş bir sistemi mevcuttur ve yılda yaklaşık 6,1 milyon adet büyükbaş (2,1 milyon inek derisi ve 4,0 milyon manda derisi) ve 36,5 milyon küçükbaş hayvan derisi (22,7 milyon keçi derisi ve 13,8 milyon koyun derisi) üretmektedir. [Sialkot Chamber of Commerce & Industry: feasibility study on establishment of tannery zone in Sialkot, August 2002].

2. Kirliliğin Boyutu

Pakistan gelişmekte olan bir ülkedir. Endüstriler, gereğine uygun kirlilik kontrol planlaması yapılmadan kurulmuştur. Pakistan, doğal kaynakların bozulması ve kirlenme sorunlarıyla karşı karşıya bulunmaktadır. Hava kirliliği, su kirliliği (doğal yeraltı ve yerüstü suları), katı atıkların bertarafı gibi çevre sorunları kat kat artmaktadır. Sanayi ve evsel atıksular ve plansız olarak katı atıkların dökülmesiyle özellikle dört nehir aşırı derecede kirletilmektedir. Bunlar; Sutlej, Ravi, Chenab ve Jehlum nehirleridir. Kirlilik yüzünden akış hızı hemen hemen durmuştur. Sanayi atıksuları, organik ve inorganik tuzlar, patojen organizmalar, toksik maddeler, metal hurdaları, asitler, alkaliler, ağır metaller ve daha birçok kirleticiler içermektedir.

Deri işleme sanayi, çok büyük miktarlarda organik ve inorganik kimyasal maddeler (toksik ve/veya zararlı olabilir) ve çok büyük miktarlarda su kullanmaktadır. Bu yüzden, deri üretiminde önemli miktarlarda atıksu ve çamur ortaya çıkmaktadır. Tabakhanelerin üretim türüne bağlı olarak (ham deriden bitmiş deriye, ham deriden kabuk deriye, ham deriden ıslak mavi deriye, ıslak mavi deriden kabuk deriye ve ıslak mavi deriden bitmiş deriye), 1 ton ham deri başına yaklaşık 50 ila 100 m³ atıksu ve 45 ila 150 kg kurutulmuş çamur üretilmektedir. Tabakhane atıksularının çevresel kirlilik parametreleri olan BOİ, KOİ, Toplam AKM, TDS (Toplam Ergimiş Madde), sulfatlar, sülfidler, klorür ve krom vb. yüksek değerlerdedir. Bunların içinde en önemlileri sülfidler ve kromdur ve bu parametrelerin değerleri Ulusal Çevre Kalite Standardının (NEQS) öngördüğü (1,0 mg/lit) değerinden 20 ila 100 kat daha yüksektir.

Her türlü toksik tuzlar içeren deri sanayinden gelen bu atıksular, kentlerden gelen evsel atıksularla birlikte yakındaki drenajlara oradan da bağlantılı olduğu nehirlerle akmaktadır. Çoğu sanayi, çevre yasalarının gevşekliğinden yararlanarak atıksularını düşük noktalardaki arazilere ya da tarımsal arazilere atmaktadır. Tipik bir deri sanayi atıksuyunun ve çamurun kimyasal analizleri sırasıyla çizelge 1 ve çizelge 2’de verilmektedir. Atıksuların deri endüstrisinde hangi süreçlerden kaynaklandığı ve herbirinin hangi kirlilik parametrelerine katkıda bulunduğu ise çizelge 3’de verilmektedir.

Deri İşleme İşlemleri

Deri işleme işlemleri sırasında, hayli kokuşabilen bir madde olan ham deri, kararlı ve mekanik olarak dayanımı yüksek, ayakkabı, çanta, mobilya gibi çok çeşitli ürünlerin yapımında kullanılan işlenmiş deriye döndürülür.

Derinin işlenmesinde, birbiri ardına karmaşık kimyasal süreçler ve mekanik işlemler kullanılır ki en önemli aşama tabaklamadır.

Derilerin saklanması ve işlenmesi

Hayvan kesildikten sonra, deri kesmemeye özen gösterilerek dikkatle yüzülür ve ham deri deri tüccarlarına satılır. Ham deri çabuk bozulduğundan, bakterilere ve bozulmaya karşı korumak için **tuzlu su** ile işlem görür. Bu işlemde **bakterisit** vya da **yaş tuz yöntemi** kullanılır.

Deriler, iç kısımları yukarı bakacak şekilde katmanlar halinde yayılır ve aralarına tuzlu su drenaj olabilecek şekilde tuz konulur. Bir ton ham deri için yaklaşık 400 kg tuz kullanılır

Çizelge -1 Deri Sanayi Atıksuyunun Kimyasal Bileşimi ve Çevre Standardı (NEQS) Değerleri

Parametre	Atıksu	NEQS
pH	3.5-9.4	6-10
Toplam Askıda Katı Madde, AKM (mg/l)	1000-1240	150
Toplam Ergimiş Katı Madde, TDS (mg/l)	1520-15850	3500
Sülfatlar, SO ₄ (mg/l)	1000-1300	600
Klorür, Cl (mg/l)	1200-6500	1000
Krom, Cr (mg/l)	20-100	1.0
Biyolojik Oksijen İhtiyacı,BOİ ₅ (mg/l)	800-1200	80
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ (mg/l)	1800-2700	150

Çizelge 2- Sedimentasyon tankından alınan çamurun kimyasal bileşimi

Parameters		Quantity
N	% by weight	5
Sulfide	-do-	Nil
Sulfate	-do-	2.3
Calcium	-do-	4.63
Lime	-do-	11.60
Cl	-do-	22.62
P	-do-	0.2
K	-do-	0.063
Organic matter	-do-	57
Cr	-do-	5
C/N ratio	-do-	6
Zn	Ppm	190-220
Fe	Ppm	9000-9500
Mn	Ppm	240-280

Kaynak: PTA /ICTP phase II report.

Çizelge 3- Atıksuyun kaynağı ve deri işleme sanayinde kirlilik parametrelerine katkısı

Kaynak	Geldiği Yer	Kirlilik parametresi
Depolama	Atıksu	Tuz
Islatma	Atıksu	Tuz, BOİ, KOİ, AKM, TDS, koruyucu kimyasallar

Islatma yıkama	Atıksu	Tuz, BOİ, KOİ, AKM, TDS
Kireçleme	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, sülfat, kıl, epidermi, kireç, H ₂ S
Kireçleme yıkama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, sülfat, kıl, epidermi, kireç, H ₂ S
Kireç arındırma/Banyo	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, amonyak
Kireç arındırma/yıkama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, amonyak
Paklama/Tabakalama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, tuzlar, asitler, krom
Tekrar Islatma	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, Cr
Yıkama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, Cr
Yeniden Kromlama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, Cr, sülfatlar
Y. Kromlama yıkama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, Cr
Nötralizasyon	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, tuzlar
Nötralizasyon yıkama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, tuzlar
Yağ: Lik./yeniden tabakalama/boyama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS, yağlar, boyalar
Tamamlama (Topping)	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS
Yıkama	Atıksu	BOİ, KOİ, AKM, TDS

Çevresel Kirlilik

Yukarda sözü geçen tüm işlemlerde hem atıksu hem de çamur çıkmaktadır. Tüm atıklar çevre koruma gereklerine uygun olarak bertaraf edilmelidir. Kasur'daki 230 kadar deri işletmesi Merkezi bir Ön Arıtma Tesisi yaptırmışlardır. Bu tesiste, Cr +3 %96-98, BOİ %60-75, KOİ %50-65, sülfatlar %65-75, TDS %20-30 ve sülfatın %25-35 civarında azaltıldığı belirtilmektedir. Çamur lagünleri inşa edilerek çamurun lagünlerde toplanması sağlanmıştır. Çamur burada sürekli birikmektedir. Bu tesis Ekim 2001'den beri çalışmaktadır. Ayrıca, Sialkotda 235 tesis olduğunu burada hiçbir arıtma tesisi olmadığını da belirtmeliyiz. Atıklar hiçbir işlem görmeden doğaya atılmaktadır.

Pakistan Dericiler Birliği (PTA) ile yapılan araştırma işbirliği

Eastern Leather Şirketinin deri çamurlarının EM ile işlenmesi

EM Pakistan, PTA ile işbirliği halinde, deri sanayinde araştırmalar yapmaktadır. 2002 Şubat'ında EMRO ve PTA, Muridkey'deki Eastern Leather Şirketinin (ELC) atık çamurları üzerinde "EM teknolojisini kullanarak Tabakhane Çamurlarının Biyoremediasyonu" başlıklı bir çalışma başlatmıştır. ELC'de Cr uzaklaştırma ünitesi yoktur ve çamur %5 Cr

içermektedir. Çamur, 1 ila 1,5 cm kalınlığında kuru ve sert pul tanecikleri halindedir ve elle kolay kolay kırılmaz. Ancak çekiçle vurularak boyutu küçültülebilmektedir. EM ile işlem, kırılmış ve kırılmamış çamurla yapılmıştır. Kırılmış ve kırılmamış çamur ayrı ayrı EM ile iyice karıştırılarak üzeri bir plastik örtü ile örtülmüş ve 40 gün anaerobik koşullarda mikrobiyal etkinliğin artırılması için fermentasyona bırakılmıştır. Bu işlem sonucunda çamur tozumsu ve güzel fermentasyon kokusu olan bir maddeye dönüşmüştür.



Deney yapılıyor (orta sağdaki örtünün altında)

EM ile işlem görmüş çamur (sol: kırılmış çamur, sağ: kırılmamış çamur)

Orijinal çamurun, kırılmış ve EM ile işlem görmüş ve kırılmadan EM ile işlem görmüş biyoçamurların analitik verileri aşağıdaki çizelgede verilmektedir. Bu çizelgeden de görülebileceği gibi, EM'nin mikrobiyal etkinliği sayesinde, Cr içeriği orijinal çamurda %5 iken, kırılmış biyoçamurda 620 ppm değerine, kırılmamış çamurda ise 312 ppm değerine kadar düşmüştür.

Çizelge 4- Orijinal çamurun, kırılmış ve EM ile işlem görmüş ve kırılmadan EM ile işlem görmüş biyoçamurların analizleri

Parametre	Orijinal Çamur	Kırılmış Çamur + EM (Biyoçamur)	Kırılmamış Çamur + EM (Biyoçamur)
% N	4,6	0,68	0,76
%P	0,2	0,052	0,039
%K	0,063	0,39	0,35
%C	22,0	8,2	7,6
C:N	4,8:1	12:1	10:1
Organik Madde %	38,0	14,1	13,1
pH	8,3	7,6	7,4
Elektrik İletkenliği ms/cm	14,2	13,9	13,0
CO ₃ me/l	Yok	Yok	Yok
HCO me/l	4,4	60	50
Cl me/l	192,5	100	90
Na me/l	34,38	28,2	36,9
% Ca	4,63	0,64	0,23

% SO4	2,30	0,23	0,26
Zn ppm	195	44	33
Cu ppm	---	8,8	3,8
Fe ppm	9400	9825	11563
Mn ppm	248	132	128
Cr	%5	620 ppm	312 ppm

EM ile işlem görmüş biyoçamurun tarımda kullanılması

ELC'nin tesis sahası içinde ELC işgücünü kullanarak bir deney tasarlanmıştır. Burada deney 4 sahada yürütülmüştür:

C-1: Geleneksel gübreleme

C-2: Orijinal kırılmamış tabakhane çamuru

T-1: Kırılmış ve EM ile işlem görmüş biyoçamur + EM sıvı gübre spreyleme

T-2: Kırılmamış ve EM ile işlem görmüş biyoçamur + EM sıvı gübre spreyleme

14 Mayıs 2002'de deney başlamadan önce orijinal üst topraktan (0–15 cm üst taoprak derinliği) numuneler alınmıştır ve 23 Ekim 2002'de de yine aynı yerde 4 farklı deney yapılan topraktan numune alınmıştır. Bu numuneler analiz edilmiştir (çizelge–5). Orijinal toprağın Cr içeriği sıfırdır ve 4 deney toprağında Cr içeriği 0,24 ila 0,05 ppm arasında değişmektedir. En yüksek değerler T–2 ve T–1'de çıkmıştır.

Çizelge-5 Biyoçamur uygulandıktan ve EM sulama ve spreylemeleri yapıldıktan sonra toprağın analizi.

Parameters	Original	After the application of bio-sludge & EM-irrigation			
		C-1	C-2	T-1	T-2
N %	0.028	--	----	----	---
P (available) ppm	2.280	4.3	7.8	5.1	4.3
K ppm	67.25	173	133	140	158
SO ₄ ppm	88.00	7.4	32.4	26.1	2.1
Mg ppm	98.3	77	75	75	76
Zn ppm	2.33	0.61	6.0	0.25	4.0
Cr ppm	Nil	0.08	0.08	0.05	0.24
Cu ppm	ND	1.84	2.0	1.7	1.82
Fe ppm	14.25	32.5	38.6	27.2	29.5
Mn ppm	5.50	8.9	8.9	10.3	9.7
B ppm	0.933	1.45	Nil	1.16	2.0
Cd ppm		175	175	178	162
O.M %	0.473	0.28	1.1	1.1	1.1
Na mg/l	3.70	0.6	0.46	0.49	0.31
Ca+Mg mg/l	4.55	1.11	0.73	0.34	0.52
CO ₃ mg/l	Nil	27.7	25.5	25.55	26.2
HCO ₃ mg/l	0.167	2.9	3.4	2.8	2.7
Cl mg/l	1.833	0.81	0.75	0.64	0.79
EC dS/m	0.667	0.6	0.4	0.4	0.5
pH	7.900	8.1	8.1	8.1	8.1
Water saturation %	36.67	32	32	32	32
Textural class	Loam	Loam	Loam	Loam	Loam

Ayrıca, 13-14 Kasım 2002’de hasat zamanında bitkilerden numuneler alınarak analiz edilmiştir. Bu analizlerde bitkilerin Cr içeriğinin sıfır ile 0,02 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir (çizelge-6).

Çizelge 6: Bitki Analizi

Parameters	Concentrations of Nutrients			
	C-1	C-2	T-1	T-2
N %	1.1	1.1	1.1	1.8
P ₂ O ₅ %	.2	0.14	.22	0.23
K %	0.63	0.62	0.64	0.56
Ca %	0.27	0.18	0.25	0.24
Mg %	0.29	0.26	0.27	0.26
Na %	0.69	0.90	0.60	1.01
Zn ppm	39.0	33.0	94.0	58.0
Cu ppm	7.9	17.9	11.1	4.8
Fe ppm	154	101	217	194
B ppm	2.9	13.1	21.8	6.5
Mn ppm	129	332	99	206
Cr ppm	Nil	0.01	0.02	0.01

Concentrations of nutrients: Bitki besin konsantrasyonları

Sıddıq Deri İşletmelerinde koku giderimi

Koku giderimi için atıksu dengeleme havuzu (71,25 m²) üzerine sprinkler ve dozajlama ünitesi yerleştirilmiştir. Sprinkler ile EM Aktif uygulanmış ve dozajlama ünitesi ile de dozajlanmıştır. Bu uygulama günde yaklaşık günde (her gün) 10 saat devam etmiştir. Dengeleme havuzu üzerinden sprinkler uygulaması koku giderimine yardımcı olmuştur. Sadece bir sprinkler kullanıldığından, bu ünite dengeleme tankının üzerindeki demir çubuk üzerine sabitlenmiştir (foto).



Preparation of EM Extended



Sprinkling of EM in the equalization tank

EM Aktifin hazırlanması
Dengeleme tankına sprinkler ile EM uygulama

Atıksu arıtma

Bu deney sırasında (3 ila 11 Şubat) toplam 15m³ EM Aktif kullanılmıştır, gerektiğince hazırlanmıştır ve atıksuya uygulanmıştır.

Başlangıçta, atıksuya, ince eleklerden sonra eriştiği orta boy drenaj kanalında daha dengeleme tankına girmeden önce 1m³ EM aktif uygulanmıştır. Bundan sonra, hergün saat 09:00 ile 22:00 arasında uygun miktarlarda EM aktif aynı noktadan dozajlanmaya devam edilmiştir. (foto).

Sonuçlar ve İrdeleme

Deneyin farklı aşamalarında EM uygulanmış atıksu analiz edilmiştir.

EM uygulanmış atıksu sonuçları

Ham atıksudan ve EM uygulanmış atıksudan 3, 4, ve 6 Şubat tarihlerinde 2 noktadan numuneler alınmıştır: Bunlar, atıksuyun dengeleme tankına girdiği nokta ve diğeri ise atıksuyun sedimentasyon tankından taşarak çıktıktan sonra ana drenaja dahil olduğu noktalardır. Numuneler SLW laboratuvarında analiz edilmiştir. Sonuçlar çizelge-7’de verilmektedir.

Çizelge -7 Atıksu analizi

Sampling point & date	pH	TSS mg/l	TDS mg/l	Cl mg/l	S mg/l	SO ₄ mg/l	Cr mg/l	
3.2.03	a	8.0	400	5600	142	92	1600	210
	b	7.5	200	5600	135	37	400	0.27
6.2.03	a	10.0	900	5900	57	320	1150	110
	b	9.0	300	4100	43	128	400	0.195
4.2.03	a	7.5	2400	4000	895	80	2000	178
	b	7.5	3600	2800	1065	26	700	0.346

a = sample taken at the entry point into the equalization tank (raw / untreated effluent)

b = sample taken from the point where the effluent overflows from the sedimentation tank and enters into the main drain (after treatment with EM)

Burada:

a = denge tankına giriş noktasından alınan numune (ham atıksu)

b = sedimentasyon tankından çıkıp ana drenaja giden numune (EM ile arıtılmış numune)

Veriler incelendiğinde, 3 ve 6 Şubatta, AKM (%33 ile %50), SO₄ (%25 ile %35), S (%40), Cl (%75 ile 95), EM’nin etkisiyle her parametrenin yanlarında parantez içinde belirtilen oranlarda orijinal değerlerinin altına düştüğü gözlenmiştir. Cr ise, 3 Şubatta 210 mg/l’den 0,27mg/l değerine; 6 Şubatta ise 110mg/l’den 0,195mg/l değerine düşmüştür.

Karıştırıcı ve havalandırma sisteminin kapatılması

4 Şubatta havalandırma sisteminde tıkanmadan ötürü bir arıza oluştuğundan, sistem kapatılmıştır (11:45 saat süreyle). Bu arıza sırasında, EM'nin havalandırma olmadığı zamanki etkinliğini gözlemlemek için deneye devam edilmiştir. Veriler bu şartlarda parametrelerde önemli oranlarda düşüş göstermiştir: S (%32), SO₄ (%35), Toplam Ergimiş Madde, TDS (%70) ancak AKM ve Cl'da artış yaşanmıştır. Bunun nedeni dengeleme tankındaki havalandırmanın kapatılmış olması olabilir [EM Türkiye olarak biz bunun nedenini biliyoruz: Mikroorganizmalar eksi değerli iyonmuş gibi, yani klor iyonuymuş gibi davranıyorlar ve bu yüzden analizlerde Cl iyonlarında artış varmış gibi çıkıyor. Halbuki gerçekte böyle bir artış söz konusu değil. Bu sadece bir yanılsama! Bu birçok yerde karşımıza çıktı. İlginç olanı sadece Klor iyonlarında böyle bir durum yaşanması!]. Cr 178 mg/l'den 0,346 mg/l değerine düşmüştür.

Bu deneme, EM'nin arıtmadaki etkinliğini ve verimliliğini göstermiştir. Deri atıksuları, EM'nin dozajlama konsantrasyonu da ayarlanarak EM ile etkin biçimde artırılabilir.

EM ile atıksu arasındaki temas süresinin artmasının kirleticilerin azalmasında etkisi

Yapılan deneyler sırasında temas süresinin fazla olmadığını düşündüğümüzden, uzatılmış temas süresinin etkisini görebilmek için sedimentasyon tankının yanına 2 adet 1 tonluk plastik tank yerleştirdik. EM ile işlendikten sonra ana drenaja gidecek atıksuyu bu tanklara aldık. Birinci tank 6 Şubatta, ikinci tank 9 Şubatta dolduruldu ve bu atıksular birkaç gün daha bekletildi. 12 Şubatta, 2. tankın üzerinden alınan su 3'üncü bir tanka aktarılarak birkaç gün daha bekletildi. Bu 1,2 ve 3 nolu tanklara ekstra EM ilave edilmediğini belirtmeliyiz. Bu 3 tanktan 17 ve 22 Şubat tarihlerinde alınan su numuneleri analiz edildi (çizelge -8).

Çizelge-8. EM ile artırılmış temas süresinin EM'nin su arıtma verimliliğine etkisi

Parameters		Date February	Tank -1	Tank -2	Tank -3	NEQS
BOD ₅	mg/l	17 th	300	525	465	80
		22 nd	225	480	457	
COD	mg/l	17 th	1595	1662	1638	150
		22 nd	1388	1549	1536	
Cl	mg/l	17 th	712	2295	2273	1000
		22 nd	696	2249	2329	
SO ₄	mg/l	17 th	970	866	804	600
		22 nd	920	728	710	
S	mg/l	17 th	.24	3.5	6.0	1
		22 nd	.22	.32	7.74	
Cr	mg/l	17 th	8.6	7.74	8.6	1
		22 nd	9.5	6.9	5.2	
TDS	mg/l	17 th	3090	5810	6060	3500
		22 nd	2600	5660	5850	
TSS	mg/l	17 th	360	20	50	200
		22 nd	310	80	50	
Oil & grease	mg/l	17 th	167	143	77	10
		22 nd	70	130	113	
pH		17 th	8.1	8.5	8.5	6-10
		22 nd	8.3	8.6	8.7	

Veriler incelendiğinde her tankta 17 ve 22 Şubatta kirlilik parametrelerinde çeşitli düzeylerde azalma yaşandığı görülebilir. pH değişmemiştir.

Deri çamurlarının EM ile işlenmesi

2 Şubatta plastik bir bidonda 100 litre EM aktif hazırlandı. Kapağı hava almayacak şekilde kapatılarak çamurda kullanılmak üzere saklandı.

4 Şubatta 1 square foot (ayak kare) çamurun elektronik tartı ile ağırlığı belirlendi. Böylece 1 ton çamurun yayılacağı alan belirlendi. Çamur lagününden buna uygun olarak bir ton çamur alındı. Beton zemin üzerinde plastik bir örtünün üzerine konuldu ve 500 kg kum ve 80 litre EM aktif ve 70 kg Bukası ile manuel olarak karıştırıldı. Bir yığın haline getirilerek anaerobik koşulların sağlanması için yine bir plastik örtü ile üzeri örtüldü. EM ile işlenmiş çamur her hafta gözlemlenerek nem oranı %30 civarında tutuldu. Mikroorganizmaların çalışması için neme gereksinim vardır.

14 Martta çamur, EM uzmanları ve PTA tarafından incelendi. Tamamen fermante olduğu ve güzel bir fermantasyon kokusu yaydığı belirlendi. Çamurun orijinal yapışkan karakteri gitmiş yerini tozumsu bir yapı almıştı. Hala kuru dğeldi ve yaklaşık %10 nem içeriyordu. Üstteki plastik örtü kaldırılarak karışımın doğal güneş altında kurumasına izin verildi.

Biyoçamur nihayet 28 Martta PTA uzmanlarınca incelendi ve numune alındı ve analize gönderildi. 29 Martta da biyoçamur EMRO uzmanlarınca incelendi. Çamurun biyogübreye dönüştüğü tespit edildi. Biyoçamur / biyogübre paketlenerek tarımda kullanılmak üzere saklandı.



Sludge lagoon



Mixing of EM



Anaerobic conditions



Activity of EM



Biosludge

Sludge lagoon: Çamur lagünü
Mixing of EM: EM'nin karıştırılması
Anaerobic conditions: Anaerobik koşullar
Activity of EM: EM'nin Etkinliği
Biosludge: Biyoçamur

Ham çamur ve EM ile işlenmiş çamura ilişkin sonuçlar

PTA uzmanlarınca ham çamur ve biyoçamur numuneleri 4, 14 ve 28 Şubat tarihlerinde alındı ve SLW Laboratuvarında, Toprak ve Su Testleri Laboratuvarında [Soil and Water Testing Laboratory], ve Tarım Bakanlığının Çevre Bilimleri Laboratuvarında [Agriculture Department and in the Environmental Sciences Laboratory] test edildi. Sonuçlar çizelge – 9’da verilmektedir.

Çizelge -9. Çamurdan Cr’un uzaklaştırılmasında EM’nin verimliliği

Sr. #	Analyzed by	Cr concentration (%)	
		raw sludge	EM treated sludge
1	SLW laboratory	5	3
2	Environmental Sciences laboratory	5	1.054
3	Soil & water testing laboratory	5	Nil

Cr concentration (%): Cr konsantrasyonu

Analyzed by: Analiz eden kurum

raw sludge: ham çamur

EM treated sludge: EM ile işlenmiş çamur

EM ile işlenmiş çamurdaki (biyo çamur/ biyogübre) bitki besinleri

Pencap eyaletindeki Tarım Bakanlığı Toprak ve Su Test Etme Laboratuvarı [Soil and Water Testing Laboratory, Agriculture Department, Government of the Punjab] biyoçamur içindeki tüm bitki besinlerini analiz etmiştir. Sonuçlar çizelge –10’da verilmektedir.

Çizelge -10. EM ile işlenmiş çamurun (biyoçamur/biyogübre) bitki besin elementleri

pH	EC mS/cm	CO ₃ ppm	HCO ₃ ppm	Cl ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	Cu ppm
7.7	14.6	Nil	73	305	70	1200	60	Nil

Ca %	N %	P %	K %	Cr %	OM %	C %	SO ₄ %
0.12	0.11	0.07	0.20	Nil	12.1	7.0	17.4

Yukardaki veriler incelendiğinde, biyoçamurun mikroelementler açısından (Fe, Zn ve Mn) zengin olduğu görülmektedir. Bu elementler bitkilerin büyümesi için önemlidir. Makro

besinlerin (NPK) konsantrasyonu ise, çiftlik gübresinin içerdiğinden daha fazladır. SO₄ içeriği, toprağın alkalinitesini azaltmak için Na ile tepkimeye girecek yeterlidir. Organik madde içeriği yeterli ve toprağın fiziksel koşullarını iyileştirecek düzeydedir.

Deri sanayi çamurlarının içindeki en tehlikeli bileşen kromdur. Krom hem insan sağlığı hem de hayvan sağlığı için tehlikelidir. Dünya Sağlık Örgütü, içme suyundaki çeşitli ağır metallerin sınırlarını belirlemiştir. Buna göre, içme suyunda Cr miktarı sınırı 0,05ppm'dir. Bu değer belirlenirken insanlar günde en az 5-10 litre su içtiği varsayılmıştır. Buradan hareketle, insan vücuduna girebilecek Cr miktarının sınırı 0,25 ile 0,5 mg / gün olur. Şimdi eğer 1 acre (yaklaşık 4 dekar) araziye 500 kg biyoçamur uygulanarak 20 cm derinlikteki üst toprakla karıştırılırsa, çamurun konsantrasyonu: 11gm / ft² (1 acre = 220 ft x 198 ft = 43560 ft²) olur. Bu da, eğer çizelge 10'daki %3 Cr konsantrasyonu kullanılırsa, 0,33gm / ft² olur ya da 27 kg toprak (1 ft² sürülmüş toprağın ağırlığı) ile 0,33gm Cr karıştırılacak demektir. Bir başka deyişle, büyüyen bitkiler, bir kg toprağa karıştırılmış olan 12 mg Cr'dan bünyelerine Cr alacaklardır. Böylece, bitkinin insanlar veya hayvanlar tarafından tüketilmesi durumunda insan sağlığı üzerinde hiçbir etkisi olmayacağı açıkça bellidir. Tabii ki aynı araştırmanın, değişik toprak türleri ve iklimler için daha fazla araştırılması tavsiye edilir.

Biyoremediasyonun Mekanizması

Çevre kirliliğine karşı biyolojik önlemlerin kullanılması biyoremediasyon olarak bilinmektedir. Bu biyoremediasyon yönteminde, deri sanayi katı ve sıvı atıklarına karşı ve kokuya karşı EM Teknolojisi başarıyla kullanılmıştır. Bu işlemlerde farklı atıklar için EM'nin farklı ürünleri kullanılmıştır. Deri sanayinin çok kötü olan kokusu EM ile başarıyla giderilebilmektedir.

Günlük yaşamımızda, yaşayan organizmaların neden olduğu, birçok karmaşık kimyasal tepkime ile karşılaşırız. Örnekler, süttten peynir üretimi, etin bozulması, gıda içindeki bir bileşikten indigo boya üretimi, tütünün işlenmesi, badem tohumu içindeki amigdalin'den, acı badem yağı veya benzaldehid üretimi, meyve sularının şaraba dönüşmesi vb. Bu karmaşık fermantasyon olaylarında organik madde canlı organizmalar tarafından daha küçük maddelere parçalanır. Canlı organizmalar, bu süreci gerçekleştirirken sürece uygun enzim katalizörleri salgırlar. Artık maya, bakteri ve küf gibi mikroorganizmalar; alkol, aseton, asetik asit, laktik asit, sitrik asit ve birçok antibiyotik gibi çok sayıda endüstriyel öneme sahip kimyasal maddenin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Canlı organizmaların, kompleks protein molekülleri olan enzimler salgıladığı tespit edilmiştir. Biyolojik değişimlere neden olan şey işte bu enzimlerdir. Enzimler, suda ve seyreltilmiş alkolde çözünebilirler ve aktiftirler. Çok küçük miktarlarda enzim büyük miktarlarda organik maddeyi parçalayabilir. Enzimler, oksidasyon, redüksiyon ve hidroliz gibi daha kompleks tepkimelere de neden olabilirler.

EM, üç ana grup mikroorganizmadan oluşur: fototropik bakteriler, laktik asit bakterileri ve mayalar. Etkin Mikroorganizmalar organik madde ile temas ettiklerinde; vitaminler, organik asit, kelate mineraller ve antioksidan maddeler gibi yararlı maddeler salgırlar. Etkin Mikroorganizmalar tarafından çevreye uygun birçok enzim üretilir.

Etkin Mikroorganizmalar, atıklar içindeki empürüteleri (safsızlıkları) besin olarak kullanarak, organik ve bazı inorganik maddelerin biyolojik oksidasyonuna neden olurlar ve bu tepkimeler sonucunda su, karbondioksit, nitrat ve sülfat iyonları ve biyolojik aktif maddeler gibi zararsız ve hatta yararlı oksidasyon ürünleri elde edilir. Basitçe ifade etmek gerekirse,

Etkin Mikroorganizmaların ürettiği enzimler ve salgılar, deri sanayi atıkları (atıksu veya çamur) içindeki organik ve bazı inorganik kirleticileri parçalayarak biyolojik arıtma yaparlar. EM'nin içinde hem aerobik hem de anaerobik mikroorganizmalar mevcuttur. Bu yüzden, biyolojik arıtmayı azami hız ve verimlilikte gerçekleştirebilirler. Ayrıca, atıklar içindeki organik ve inorganik kirleticilerin parçalanması sonucu oluşan yeni çevre ve bitkiler için yararlı bileşikler mikroorganizmaların da daha fazla çoğalmalarını sağlayarak arıtmanın daha verimli hale gelmesine neden olurlar. Özellikle 30 - 40 C derece civarında. Bu yüzden, deri sanayi atıkları yüksek verimlilikte arıtılabilmektedir. En tehlikeli kirletici olan Cr hem atıksuda hem de çamurda en fazla arıtılan kirletici olmuştur.

Sonuç

EM Teknolojisi, hem atıksuda hem de atık çamurda özellikle Cr elementinin arıtılmasında gerçekten başarılı olmuştur. Sadece birincil/ön arıtma yapan SLW'nun arıtma sisteminde, EM Teknolojisinin uygulanmasıyla, deri üretiminden gelen atıksular mevcut drenaj sistemine çevre açısından herhangi bir tehlikeye yol açmayacak güvenli şekilde deşarj edilebilmiş ve atık çamur da, Pencap ve Sindh eyaletlerinde yoğun olarak rastlanan tuzlu ve alkali toprakların rehabilitasyonunda kullanılmak üzere, tarımsal amaçlı olarak kullanılabilir hale gelmiştir.