

BITKİLERİN ATIKSU ARITIMINDA KULLANILMASI

Prof. Dr. Haluk SORAN (*)

ÖZET

Bitkilerin temizleme gücüne dayalı arıtma sistemleri milattan bin yıl önce Romalılar tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Son 100 yıl içerisinde geliştirilen Arıtma sistemlerinin çok pahalı olması, fazla enerji ve çalışma gücüne gerek duyurması son yıllarda özellikle küçük yerleşim alanlarında tekrar doğal sistemlerin kullanılmasını aktüel hale getirmiştir. Bitkilerin atık suların arıtılmasında kullanılmasını amaçlayan araştırmalar; Bu sistemlerin kuruluş masraflarının teknik sistemlere göre % 15-40, işletme masraflarının da % 20-30' daha ucuz olduğunu göstermiştir. Ayrıca 5 dekarlık bir alanda kurulan sistemde BOB'nin 400-550 mg/l den 7-17 mg/l'ye, Toplam Azot'un 75-115 mg/l den 3-14 mg/l ye ve Toplam Fosforun ise 16-22 mg/l den 0,08 - 1.1 mg/l düşürebileceği tesbit edilmiştir. Yapılan biyolojik sayımlarda da Toplam Bakteri sayısında % 91-99, Koliform bakteri ve Salmonella sayısında % 99 azalma görülmüştür.

ABWASSER - REINIGUNG MIT PFLANZEN

ZUSAMMENFASSUNG : Naturnahe Abwasser reiningung wurde 1000 jahre vor Christe von Römern benutzt. Da die in lätzten 100 jahren entwickelten Reiningungssysteme sehr teuer, energie und arbeitskräfte bedürftig sind, wurde die naturnahe Abwasserreiningungssysteme besonders in kleineren Orten wieder Aktuel geworden. Die Untersuchungen haben gezeigt, daB bei der Naturnahesysteme die Investitionskosten um 15-40 %, die Betriebskosten um 20-30 % billiger sind als die technischen Kläranlagen. Es wurde bei einer 5 dekar großen Anlage folgende Leistungs parameter ermittelt: BSB5 vom 400-550 mg/l bis 7-17 l mg/l, Gesamt-stickstoff vom 75-115 mg/l bis 3-14 mg/l, und Gesamt-Phosphat vom 16-22 mg/l bis 0,08-1.1 mg/l.

(*) Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Öğretim Üyesi

Es wurde auch, bei der gesamtten Bakterien Zahl um 91-99 %, bei der Zahl der Koliformbakterien und Salmonellen um 99 % Keimzahlvermindergun festgestellt.

GİRİŞ

Artan dünya nüfusu, buna paralel olarak hızla gelişen endüstri, her geçen gün çok çeşitli karakterdeki kirlilik maddelerinin, yüzey ve yeraltı sularına geçmesine neden olmaktadır. Kirilenmiş su kaynaklarının değişik amaçlarla kullanılma zorunluğu çok yerde değişik şekillerde ortaya çıkan sağlık sorunları yaratmaktadır.

Doğada meydana gelen kendini temizleme olayları milattan bin yıl öncesinden bilinmesine, ve bu olayların çok yerde bilinçli olarak kullanılmasına rağmen su kirliliği devamlı suretle artmış ve yoğun yerleşim alanlarında 100 yıldan beri bazı önlemlerin alınmasını gerektirmiştir. Günümüzde ise su kirliliği çok yerde artık çözümü çok zor olan problemler şekline dönüşmüştür.

Bugün biraz çevre bilinci gelişmiş her fert, kirli suların sadece kalabalık yerleşim alanlarında ve endüstri merkezlerinde değil dağınık küçük yerleşim alanlarında, yazlık, otel, motel gibi yılın belirli zamanlarında kullanılan yerlerde de sorun olduğunu ve arıtma işlemlerinin mutlak suretle uygulanması gerektiğine inanmaktadır.

Arıtma işlemlerinin başlangıçta fiziksel ve kimyasal yollarla yapılabileceği ümit edilmiştir. Ancak bu metotun çok pahalı olması, fazla enerjiye ve teknik personele ihtiyaç duyması ve bazı teknik problemler ortaya çıkarması nedeniyle yaygınlaştırılması mümkün olmamıştır. Bu nedenle arıtma işlemlerinde kullanılabilir yeni metotların araştırılmasına hız verilmiştir. Yapılan yoğun araştırma çalışmaları doğal biyolojik arıtma tekniklerinin ekonomik ve çok yerde uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

DOĞAL ARITMA SİSTEMLERİ

Doğal arıtma sistemlerinin esası; çeşitli bitkilerin arıtma gücüne dayanmaktadır. Bitki çeşidi ve atık su ile bitkinin bir araya getirilme şekillerine göre çok değişik sistemler ortaya çıkmıştır.

1 - Arazi Uygulama Sistemi

Bu sistemin esasını, çayır, mera ve tarla gibi doğal alanlara kirli suların yağmurlama veya salma şeklinde gönderilmesi ve arıtılmış olarak tekrar toplanması teşkil etmektedir. Bölgenin doğal koşullarına göre 4 değişik şekilde arazi uygulaması yapılabilmektedir.

a) Kùltür Bitkilerinin atık su ile salma ve yağmurlama şekilde sulanması.

Özellikle sıcak ve sulama suyu sıkıntısı çekilen bölgelerde çok sık kullanılan bir sistemdir. Türkiye'de atık sular genellikle dere ve ırmaklara verildiğinden ve bu sular da sulamada kullanıldığından dolayı olarak çok sık bir biçimde kullanılır.

Özellikle evsel atık suların bu amaçla kullanılması halinde kùltür bitkilerinin su ihtiyacı karşılandığı gibi azot fosfor gibi kirlilik maddeleri bitki besin maddeleri olarak değerlendirilmektedir. Ancak böyle durumlarda atıksu içerisindeki kimyasal ve diğer yabancı maddelerin dikkatle izlenmesi gerekir.

b) Geçirgenliği fazla olan bitki kaplı alanlarda atık su infiltrasyonu.

Bu sistemde atıksu bitki kökleri ve geçirgen tabakanın oluşturduğu bir sistem içerisinde hızla geçerek taban suyuna ulaşır. Çok tehlikeli maddelerin bulunmadığı atıksuların arıtılmasında kullanılmaktadır. Özellikle gıda sanayii atıklarının arıtılmasında bu yola başvurulur.

c) Az geçirgen, eğimli alanlara atık su salınması.

Bir önceki uygulamadan farkı taban suyunun biraz daha korunması esas alınmıştır. Su akışı ve geçişi daha çok yatay olmaktadır. Atıksu bitki kökleri ve toprak içerisinde süzülerek geçer arıtılmış olarak tekrar toplanır.

d) Sulak alan oluşturulması.

Arıtma sistemleri içerisinde bilinen en eski sistemdir. Özellikle Romalılar tarafından yaygın bir biçimde kullanılmıştır.

Bu sistemde, kanalizasyon ağı aracılığı ile toplanan atıksu arazinin uygun bir yerde göl haline getirilir. Göl içerisinde kendiliğinden gelişen her çeşit bitki ve mikroorganizmanın arıtma gücünden yararlanır.

Bu sistemin değişik bitkiler kullanılarak uygulanan farklı şekillerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Phragmites türlerinin kullanıldığı SEIDEL (1) tarafından uygulanan bir sistemde 11.800 m³ su ile 146 kg azotun bitki örtüsü tarafından biyomas'a çevrilebildiği gösterilmiştir.

Sulak alan oluşturularak yapılan arıtma işlemlerinde su sümbülü (*Eichhornia crassipens*) son yıllarda üzerinde en çok çalışılan bitki durumuna gelmiştir. Bu bitkinin özellikle ağır metalleri önemli ölçüde bünyesine alması 1943 yılında DAYMOND (2) tarafından görüldükten sonra önemle üzerinde durulmuştur.

Bu bitki tropik ve subtropik bölgelerde kendiliğinden kanallar içerisinde gelişen bir bitkidir. Su üstü bölümleri 127 cm'e kadar uzanabilmekte, kökler 40 cm'ye kadar su içerisinde yayılmaktadır (3). Böylece arıtma için her bir bitki çok geniş bir alan oluşturabilmektedir. Bitki oluşturdukları stolonları ile hızlı bir biçimde çoğalmakta ve bitki kitlesi bir hafta içinde iki katına çıkmaktadır. Bitkiler 34 °C'a kadar su sıcaklığına dayanabilmektedirler. Hava sıcaklığı -5 °C'a düşünce 24 saat içerisinde ölmektedirler. Bitkilerin kışı geçirmesi için ortalama sıcaklığın + 1 °C olması gerekir. Bu nedenle bu sistem sadece tropik ve subtropik bölgelerde, bizde de güney sahilllerinde kullanılabilir bir yöntemdir.

Yapılan pek çok çalışma bu sistemin çok iyi bir arıtma sistemi olduğunu göstermiştir. Bu sistemde 1-2 gün içinde diğer mukayese edilen bitki sistemlerine oranla % 50 daha az bir alanda, yüksek temizleme gücü elde edilmiştir. Örneğin BOI 100 mg/l den 10 mg/l'ye düşürülebilmektedir.

Sulak alan oluşturarak uygulanan sistem içerisinde incelenebilecek bir arıtma sistemi de alg havuzları sistemidir. Alg'lerin uygun koşullarda çok hızlı gelişme göstermesi ve bu arada kirlilik maddesi olarak bilinen azot, fosfor bileşikleri ile pek çok ağır metali bünyelerine almaları esasına dayanmaktadır. Algler ortamdan alınınca da arıtma işlemi tamamlanmaktadır.

Bu konudaki ilk çalışmalar, insan ve hayvan beslenmesinde kullanılmak üzere ucuz protein sağlamak amacıyla yapılmış, ancak daha sonra bu proteinin bu amaçla kullanılmasının mümkün olmayacağı görüldükten sonra kirli suların arıtılması amacıyla yönelmiştir.

Alg havuzları sistemi pek çok ülkede kullanılma olanağı bulmuştur. Bir gelişmiş örneği İsrail-Alman işbirliği çerçevesinde Haifa yakınlarında, 100.000 nüfusla yerleşim alanının atıksularının arıtılması amacıyla 1973 yılında kurulmuştur.

Bu pilot tesiste yapılan araştırmalar aynı çıkış kalitesinde arıtılmış su elde etmek için gerekli aktif çamur yöntemi ile çalışan bir sistemle karşılaştırıldığında alg sisteminin % 7 oranında daha az yatırıma ihtiyaç duyduğu ve yıllık işletme masraflarının da % 20 daha az olduğu görülmüştür. Ayrıca aynı tesisten yılda 14.2 milyon İsrail lirası karşılığı alg proteini elde edilmiştir. (4)

Arazi uygulama sistemleri 19. yüzyıla kadar alternatifsiz sistemler olarak görülmüş ve uygulanmıştır. Roma şehir kalıntılarının hepsinde bu sistemlerin izine rastlanmaktadır.

Almanya da 1559 yılında Bunzlau da böyle bir tesis kurulmuş ve 300 yıl kullanılmıştır.

İngiltere'de de arazi uygulama sistemi 1800'li yıllarda geçerli tek sistem olarak görülmüş ve yaygınlaştırılmasına çalışılmıştır (5).

19. Yüzyıl içerisinde gelişen teknoloji ile atıksu arıtma çabaları teknik düzeyde yürütülmüş ve bu dönemde pek çok doğal arıtma sistemi yerini teknik arıtma tesislerine bırakmıştır. Ancak küçük yerleşim alanlarında bu sistemin kullanılmasına devam edilmiştir.

Bugün başta A.B.D. olmak üzere pek çok ülkede güncel hale gelmiş ve artan oranlarda kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 1).

Bu sistemlerden 2500 tanesi oldukça büyük sistemlerdir. Geri kalanlar ise genellikle gıda endüstrisi atıklarını arıtmak amacıyla kullanılmaktadır. Arazi uygulamalarının tümünde iyi bir arıtma sağlanmasına rağmen özellikle taban suyunun nitrat, zor parçalanabilir bileşikler ve patojen canlılarla bulaşma ihtimali sistemin her yerde kullanılmasını sınırlamaktadır.

Ayrıca bu sistemler nüfus başına 50 m² gibi geniş bir alanın kullanılmasını da gerektirmektedir. Böyle bir alanın ayrılması da çok yerde mümkün olmamaktadır.

Tablo 1 Amerika Birleşik Devletlerinde Kullanılan Tarla Uygulama Sistemleri

YILLAR	KULLANILAN SİSTEM SAYISI	HİZMET VERİLEN NÜFUS (Milyon)
1940	304	0,9
1945	422	1,3
1957	561	2,0
1962	471	2,7
1968	512	4,2
1972	571	6,6

2 - Kök Bölgesi Arıtma Sistemleri

Bitki arıtma sistemlerinden şimdiye kadar söz ettiğimiz sistemler genellikle doğal yapıya fazla müdahale edilmeden oluşturulan sistemlerdir. Geniş alana ihtiyaç duymaları ve taban suyunu kirletme sakıncaları bulunmaktadır. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak daha küçük alanlarda daha iyi bir arıtma elde etmek amacıyla son yıllarda kök bölgesi arıtma sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemde doğal sisteme müdahale edilerek taban su geçirmez hale getirilmekte ve yöre koşullarına uygun bitkiler seçilerek yerleştirilmektedir.

Kök bölgesi arıtma sistemi denmesinin nedeni kullanılan bitkiler *aerenchym* adı verilen bir doku yardımı ile atmosferden aldıkları oksijeni 120 cm'ye kadar derine inen köklerine iletmekte ve toprak içinde oksijence zengin bölgeler oluşturmaktadırlar. Böylece su içerisinde mozayık biçiminde bol oksijenli ve oksijensiz bölgeler oluşmaktadır. Bu şekilde oluşan farklı bölgeler değişik kimyasal olayların meydana gelmesini sağlayarak kirlilik maddelerinin hızlı bir biçimde parçalanmasını sağlarlar. Bu bitkilerin kök bölgelerinde bitki türüne göre değişen bakteri popülasyonları oluşur. Örneğin *Phragmites communis* bitkisinin kök bölgesinde 1 gram toprakta 10-100 milyon bakteri sayılmıştır. Bu teknik arıtma sistemlerindeki aktif çamur içerisindeki bakteri sayısına eşittir.

Aerob ve Anaerob koşulların birlikte bulunması aynı zamanda nitrifikasyon ve denitrifikasyon olaylarının oluşmasını sağlar. Azot bileşiklerinin önemli bir bölümü elementer azot'a kadar parçalanır, geri kalan bölümü bitki tarafından biyomasa dönüştürülürken bir bölümü de toprakta humus oluşturarak tutulur. Bu reaksiyonlar sonucu amin, thiolo, amonyak gibi kötü kokulu gazların çıkışı ve çevreyi rahatsız etmeleri engellenir. İyi çalışan sistemlerde azot bileşiklerinin % 85'i elementer azot'a % 2-3'ü biyomasa dönüşür. Geri kalan kısım ise organik maddelerle birleşerek humus oluştururlar.

Azot yanında önemli bir kirlilik maddesi olan fosfor'da kök bölgesi uygulamalarında önemli değişikliğe uğrayarak zararsız hale geçer. Atıksu içerisindeki fosfor'un bir bölümü bitki tarafından alınarak biyomas'a dönüştürür. Ancak bu miktar beklenenin çok altında bulunmuştur. Yapılan araştırmalarda, toplam fosfor'un ancak % 2 kadarının biyomas'a dönüştüğü görülmüştür.

Fosfor'un önemli ölçüde eliminasyonu özellikle demir ve alüminyum bileşikleri ile bağlanması suretiyle olur. Böylece demir fosfat bileşikleri (strengit, vivianit) ve alüminyum fosfat bileşikleri (voriscit) meydana gelerek fosfor atıksu'dan ayrılır.

Fosfat kök bölgesinde organik maddelere de bağlanabilmektedir. Bazı özel durumlarda bu şekilde bağlanan fosfor'un miktarı toplam fosfor'un % 50 kadarına çıkabilmektedir (6).

Kök bölgesi uygulamasında barsak bakterileri sayısında (*Escherichia coli*, *salmonella*) ve toplam bakteri sayısında önemli azalma meydana gelmektedir. (7) Bu etki su bitkilerinin salgıladıkları bazı salgılar sonucu olmaktadır. (8)

Kök bölgesi sistemleri 1974 yılından beri başta Almanya olmak üzere uygulamaya başlanmıştır. Liebenburg (Federal Almanya) 2500 kişilik bir yerleşim alanının atıksularının arıtılması amacıyla 5400 m²lik bir alanda kurulan bir sistemde yapılan araştırmalar, böyle bir tesisin teknik sistemlere göre yapım maliyetinin % 40 işletme masraflarının da % 30 daha ucuz olduğunu göstermiştir.

Bu tesiste temizleme kapasitesi olarak şu deęerler elde edilmiştir.

Tablo 2 : Liebenburg kök bölgesi arıtma tesisinde elde edilen arıtma sonuğları.

	Giriş Deęerleri mg/1	Çıkış Deęerleri mg/1	10.000 m2 için Temizleme Kapasitesi ton
B01	400-550	7-17	140
Toplam Fosfor	16-22	0,08-1.1	15
Toplam Azot	75-115	3-14	3.8

Bu değerleri ancak çok iyi çalışan 3 veya 4 aşamalı teknik sistemlerde elde etmek mümkündür.

KAYNAKLAR

1. Seidel, K., Reinigung von Gewässern durch hhere Pflanzen Naturwiss. 53 (12) 289-297, 1966.
2. Daymond, G.C., The Water-Hyacinth: A cinderella of the Plant World. New Letter on Compost, Appendix B 221, Oct. 1945.
3. Stephenon, M., Turner, G. The Environmental Requirements of Aquatic Plants. Cal. State Water Res. Contr. Board Sacramento, CA. publ. No. 65 (1980).
4. Shelef, G., R. Moraine: Photosyntehtic biomass production from sewage. Arch. Hydrobiology. Beih. Ergebr. Limnoloji 11-3-14. 1978.
5. Kardos, L.T. Renovation of Secondary Effluent for Resue as a Water Resoucre. EPA 660/2-74-016 1974.
6. Schefer, F., P. Schachtehabel: Lerbuch der Bodenkunde 9. Aufl. Enke-Verlag Stuttgart 1976.
7. Kurpas, U: Wurzelraumenzorgung - Untersuchung eines nicht konventionelen Klärverfahrens anhand der Eliminationsleistung an einigen Mikroorganismen. Diss. Med. Fak. Göttingen 1980.
8. Kickuth, R., G. Kaitzis: Mikrobizid wirksame Aromatin aus Scirpus lacustris. Forum Umwelt- Hygiene 6, 165-167. 1975.