

Önsöz:

Ozon iyileştirmesinin farklı endüstrilerde kullanımı ve ekoloji başta olmak üzere sürdürülebilir faydalarının anlatıldığı bu yazımızın Önsözünde “Genova Üniversitesi’nden Marco Remondino ve Luigi Valdenasi” tarafından kaleme alınmış olan makaleyi anlamlarını değiştirmeyecek katkılarla olduğu gibi dikkatlerinize sunuyoruz.

Ozonun Farklı Kullanım Alanları:

Çevresel ve Kurumsal Sürdürülebilirlik Literatür Taraması ve Vaka Çalışması

Marco Remondino 1, * and Luigi Valdenassi 2

1 Department of Economics (DIEC), University of Genoa, 16126 Genova, Italy

2 Department of Internal Medicine and Medical Therapy, University of Pavia, 27100 Pavia PV, Italy;

luigi.valdenassi@unipv.it

* Correspondence: marco.remondino@economia.unige.it; Tel.: +39-346-217-4311

Received: 28 October 2018; Accepted: 11 December 2018; Published: 14 December 2018

Özet: Sentetik olarak üretilen ozonun birçok farklı uygulama alanında kullanımlarını değerlendirmek için kapsamlı ve disiplinler arası bir literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın amacı, bu doğal bileşiğin dezenfektan ve arındırıcı etkinliğini araştırmak ve genellikle farmasötik ajanların benimsenmesini içeren tedavilere ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebilir bir alternatif olarak kullanımını değerlendirmektir. Doğal bir madde olan ozonun su dezenfekte edilmesi gibi alanlarda kullanımının potansiyel çevresel sürdürülebilirliği; tarımda pestisit etkisi, hayvancılık ve balık yetiştiriciliğinde antibiyotik, anti-inflamatuar ve antiviral etkileri ilgi çekicidir. Ozonu imalat süreçlerinde kullanan şirketler için çevresel sürdürülebilirliğin yanı sıra ekonomik sürdürülebilirlik de önemlidir. Bu nedenle, Kuzey İtalya’da bulunan bir pilot, domuz çiftliğinde ozonun hem hayvanlar için farmasötik ilaçlara alternatif olarak hem de hava ve su arıtıcı olarak kullanımını temsil eden bir vaka çalışması önermiştir. Vaka çalışması, özellikle orta vadede ozon kullanımının ekonomik sürdürülebilirliğini, hayvan ölümlerini azaltma (yaklaşık %2 oranında) ve farmasötik antibiyotik kullanımını azaltma yeteneğini birlikte göstermektedir.

1- Giriş

Şirketler ve daha genel olarak kuruluşlar, giderek artan bir şekilde ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan sürdürülebilir kalkınma peşinde koşuyor. Bu eğilim genellikle değişim mühendisliği politikalarına ve iş stratejilerine yol açıyor [1–3]. Sürdürülebilirlik politikaları farklı alanları içerirken, yeni değerler geliştirir ve bu hedeflere ulaşmak için yeni stratejiler, uygulamalar geliştirmeyi gerekli kılar.

Bu stratejiler, işletme yönetiminin birçok alanında önemli bir rol oynayabilir. Örneğin, üretim bağlamında, genellikle çevresel etkide bir azalmanın yanı sıra işçi güvenliği ve ürün kalitesinde bir artış gereklidir. Pazarlama bağlamında, iletişim stratejileri yeşil ekonomiye, organik ve doğal ürünlere ve kirleticilerin azaltılmış kullanımına vurgu yapmaktadır. İnsan kaynakları yönetimi alanında, sosyal sürdürülebilirlik, keskin kariyer yönetimini ve gelişmiş çalışan eğitimini içerir.

Girişimci bir bakış açısından, paydaşlar için ekonomik değer yaratma paradigmasına, çevresel etki, kaynakların bilinçli yönetimi (insan kaynakları dahil) ve ekonomik sonuçların elde edilmesi arasında bir denge arayışı eşlik eder.

Bu nedenle, sürdürülebilirliğe yönelik bir strateji, yaşamın korunmasını üretim faaliyetlerinin merkezine yerleştiren potansiyel olarak yenilikçi prosedürlerin seçimini de içeren kurumsal yönetim adına genel bir tutum gerektirir [4,5]. Sürdürülebilirlik, yenilikçi tekniklere ulaşmak için disiplinler arası yeşil kimya ilkelerini gerektirir [6]. Bu nedenle, uzun süredir kullanılanlardan tamamen farklı uygulamaların kullanılmasını gerektirse bile, sürdürülebilir kalkınma için bir değişim eğiliminin gerekli olduğu açıktır [7].

Ozon burada devreye girer. Ozon, üç oksijen atomundan oluşan triatomik bir inorganik moleküldür [8]. Basınç ve sıcaklık gibi belirli koşullar altında kısa ömürlü oksijen atomlarına ayrılan oldukça kararsız bir maddedir ve bu nedenle belirli bir süre sonra orijinal haline bozunacaktır [9].

Üç farklı şekilde sentezlenir [10-13]. Oksijen molekülünü kıran ve O₂'ye bağlanan ve O₃ oluşturan bir atom oluşturan 10–15.000 voltluk elektrik deşarjlarıyla, ultraviyole radyasyon yoluyla ve bazı kimyasal işlemlerle elde edilir.

Yunanca "ozein" [14] kelimesinden gelen ozon kelimesi ilk olarak 1840 yılında Basel Üniversitesi'nde bir profesör olan kimyager CF Schonbein [15,16] tarafından oksijenin elektrik şokuna maruz bırakılmasıyla ortaya çıkmıştır. Ozon adı verilen bu gazın varlığı nedeniyle havaya koku yayılmıştır.

O zamandan beri çok sayıda araştırmacı [17,18] ozonun kökenini, etkilerini ve moleküler yapısını açıklığa kavuşturmaya çalıştı ve oksijenin allotropik bir formu olduğunu gösterdiler. Ozonun ana özellikleri oksitleyici gücünden kaynaklanmaktadır. Uygulanması ile birlikte bakteri, protozoa, virüs ve mantarların bütünlüğünü oluşturan makromoleküler bileşikler parçalayabilir.

Bu nedenle, tıbbın çeşitli alanlarında [9,19], özellikle son artan aşırı ilaç kullanımı sebebi ile bakterilerin direnç geliştirdiği [22–24] antibiyotiklerin [20,21] ve farmasötiklerin ikamesi olarak kullanılmaktadır. Ozon tedavisi olarak bilinen bu uygulama her ülkede beklenildiği gibi

karşılansa da bazı Avrupa ve Güney Amerika bölgelerinde yaklaşık 1 (bir) asırdır kullanılmakta ve yaygınlaşıp gelişmektedir [25].

Ozonun özelliklerinin tarım sektöründe de olumlu etkileri vardır. Kimyasal ve farmasötik ürünlerin yerini alacak bitkilerin yetiştirilmesi ve üretilmesinde, gıda, sanayi, tekstil ve kağıt sektörleri ile suyun dezenfeksiyonunda [26,27] kullanılır. (hem içme suyu [28,29] hem de atık suyun işlenmesinde [28,30-32])

Ozonun suya uygulanması, diğer dezenfektanların yerine [33,34] kullanılması ile gerçekleştirilir. Diğer dezenfektanlardan farklı olarak, son yıllarda değiştirilen ozon ile değiştirilen klor herhangi bir kimyasal kalıntı salınımını içermeyen güvenli bir sanitizasyon sağlar. Ozon kullanımı yüzme havuzlarında, kaplıcalarda ve temiz ve güvenli su gerektiren diğer birçok alanda, suyun özelliklerini değiştirmemektedir. Özellikle tadını değiştirmez ve daha az zararlı yan ürün üretir.

1891'de Almanya'nın Martinikenf kentinde ve 1893'te yapılan cesaret verici bazı pilot testlerden sonra, Hollanda'nın Oudshoorn kentinde ilk ozon bazlı içme suyu arıtma prototip tesisi inşa edildi. Dekantasyon ve süzme işleminden sonra Ren Nehri'nin suyu ozonla arıtıldı. Bazı Fransız bilim adamları, kimyagerler ve doktorlar bu cihazı incelediler ve 1906'da Fransa'nın Nice kentinde kendi fabrikalarını kurmaya karar verdiler.

Ozon, Nice'te o zamandan beri sürekli ve düzenli olarak kullanıldığından, genellikle içme suyunun ozon arıtımının beşiği olarak anılır [29].

Aynı yıllarda, nehirlerden alınan ozonlu su ile içme suyu sağlamak için Almanya'da (Wiesbaden) [35] ve daha sonra Zürih, Brüksel, Marsilya, Singapur, Moskova ve Torino, Floransa, Bologna ve Ferrara gibi bazı büyük İtalyan şehirlerinde içme suyunun arıtılması için başka tesislerde ortaya çıktı.

Ozon bu nedenle çevre için büyük bir fırsat olduğunu kanıtlamıştır. [36] Çevre üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı için mükemmel bir ekolojik dezenfektan olarak kabul edilir. Doğal bir molekül olduğu göz önüne alındığında, kimyasalların tüketimini etkin bir şekilde azaltır, zararlı yan ürünler oluşturmaz ve kesinlikle ekolojik ve ekonomiktir. Ozon kullanımı, farmasötik ilaçların tekrar tekrar satın alınması, dozlama maliyetleri, yönlendirme oranları, depolama ve yönetim ihtiyacını azaltmaya yardımcı olur.

Aşağıda, öncelikle ozonun bazı özellikleri ve kullanımları listelenmekte ve analiz edilmektedir. Özellikle dezenfektan ve antibakteriyel kapasiteleri üzerinde durulmuştur. Ardından, ozonun hem çevresel hem de ekonomik ve finansal açıdan sürdürülebilirlik kaynağı olarak kabul edilebileceğini daha iyi anlamak için hayvancılık alanında, daha geleneksel tekniklere alternatif olarak özel bir vaka çalışması sunulmuştur.

Çalışmanın yeniliği, ozonun farklı alanlarda kullanımı hakkında ekonomik/finansal yönlerden çevresel boyutlara kadar disiplinler arası bir araştırma yapması, disiplinler arası bir literatür taraması ve özel bir vaka çalışması ile desteklenmiş olmasıdır. Özellikle önerilen vaka çalışmasından elde edilen yönetsel iç görüşler verilmektedir.

2- Genel Dezenfeksiyon ve Su Arıtmada Ozon

Ozon, geniş spektrumlu bir anti-mikrobiyal ajan olarak, [37] doğru kullanıldığında gıdaların ve suyun bütünlüğünü korurken antibakteriyel özelliklere sahip [21] en güçlü doğal mikrop öldürücü ve arındırıcı maddelerden biri [38] olarak kabul edilir. [39-40].

Ozonun en yaygın endüstriyel kullanımları, içme suyu ve atık su arıtmada önemli bir role sahip olduğu bir alan olan dezenfeksiyonla ilgilidir [41]. Cihazların sterilize edilmesi, yenilebilir malzemelerin korunması, tarım ve hayvancılık, kimyasal tehlikelerin ortadan kaldırılması, akvaryumların sanitasyonu; su havzalarının temizlenmesi; midye ve balık yetiştiriciliği alanlarıdır. [42-44].

Ozonun su dezenfeksiyonunda uygulanması bakteri ve virüslerin uzaklaştırılmasını sağlarken, koku ve tatla herhangi bir mutasyon oluşturmadan, kalıntı bırakmaz ve ortam sıcaklıklarında da etkindir. [33,34].

Birkaç araştırmacı, ozonun hijyenik aktivitesinde nemin ilişkisini kabul etmiştir [21,45-47] ve spesifik deneyler, mikropların kuru ortamlarda maruz kaldıklarında daha az etkilendiğini göstermiştir. En güçlü etki su veya nem varlığında gerçekleştirilir [48].

Düşük sıcaklık, sıvıda çözünen gaz miktarı arttırdığından sterilizasyon etkisini de artırır ve sıcaklık mikrop öldürücü etkiyi etkileyen başka bir faktördür [49].

Farklı bakteriler ozona karşı değişken hassasiyet gösterir; Gram-negatif bakteriler, Gram-pozitif olanlardan daha duyarlıdır; ve sporijenik bakteriler sporijenik olmayanlara göre daha dirençlidir [50,51].

Bununla birlikte ozon mükemmel bir su dezenfektanı ve sterilizatörü olarak kabul edildiğinden bu farklı hassasiyet göreceli olarak anlaşılmalıdır. Bu nedenle su arıtma şebekelerinde uzun yıllardır düzenli olarak uygulanmaktadır [34].

Ozon, hem mikropları yok etmedeki kanıtlanmış etkinliği hem de herhangi bir türev ve kalıntı bırakmadığı için birçok ülkede içme suyu için popüler bir dezenfektan haline geliyor [52]. Ozon bunun klor veya kloramin ile kombinasyonundan [53] oluşan çok sayıda organik ve inorganik içme suyu dezenfeksiyon yan ürünü (BDP) olarak [53,54] tanımlanmıştır.

Ozon oksitleyici gücü sayesinde tank ve sarnıçların dezenfeksiyonunu ve sanitasyonunu garanti ederek virüs, bakteri, yosun, mantar ve küfleri yok eder. Tankların [55] sanitasyonu suyun hijyenini sağlamak için özellikle önemlidir ve bu nedenle ozon uygulaması genellikle içlerinden kaynaklanan mikroorganizmaların ve alglerin yok edilmesini sağlar [56].

Bu nedenle ozon, suların hijyeninin ekonomik ve etkili bir şekilde iyileştirilmesine olanak tanır ve bakteriyel ve viral enfeksiyonların bulaşmasını engeller.

Tankların ve boruların uygun tedavileri ile, esas olarak bakteriyel pnömoninin etiyolojik ajanlarından biri olan lejyonella sorununu kontrol etmek mümkündür [57,58].

Durgun suyun varlığı mikroorganizmanın yükselticileri ve yayıcıları olarak hareket ederek su şebekelerini kolonize edebilir [59].

Su sistemlerinde, lejyonella hem serbest formda hem de biyofilme yani bakteriye besin ve barınak sağlayan organik bir matrisle daldırılmış bir mikroorganizma filmine sabitlenebilir [60].

Ozon, yıllardır balık ürünlerinin işlenmesi ve paketlenmesinde birçok şirket tarafından başarıyla kullanılmaktadır [61,62].

Ozon, balığın yıkanması ve işlenmesinin endüstriyel aşamalarında etkili bir şekilde kullanılabilir [63] (bu aşamada, ozonla şartlandırılmış su hem kokuları azaltmak hem de balıkları dezenfekte etmek için kullanılabilir, raf ömrünü birkaç gün artırır, filtrelenmiş balık ürünlerinin (örneğin midye, tellin vb.) saflaştırma aşamalarında çürüme ve klor gibi kalıntı bırakmama işlemlerinden kaynaklanan amonyak oluşumu; toplamalarını takip eder ancak ticari işlemler öncesi ambalajlamanın son aşamalarından önceki adımlarda ticari devreye son girişlerinden önceki yıkama ve dış tımar aşamalarında kullanılır.

CIP (Clean-in-Place) [37] için ozonlu suyun kullanımı, yüzey aktif maddelerin durulama aşamasının değiştirilmesine, kimyasal ve farmasötik ürünlerle dezenfeksiyona ve ardından ozonlu su ile tek bir işlemle durulamaya izin verir. Bu, şirketlerde; kimyasallar ve temizlik personeli açısından büyük maliyet tasarrufu anlamına geliyor.

Ozonun dezenfektan etkisi parazitler ve zararlı böceklerle mücadelede, dış mekan sebze mahsullerinde bakteri ve mantar enfeksiyonlarına karşı veya insan ve hayvan yemi olarak kullanılan seralarda hidrojen peroksit, klor türevleri, amonyum türevleri, perasetik asit, mantar öldürücüler ve benzeri gibi kimyasal, farmasötik veya sentetik ürünler kullanılmadan, kullanılabilirliğinden, sulama suyunu arıtmak için de kullanılabilir [64–66].

Ozonun sulama suyundaki faydalı etkisi aşağıda tartışıldığı gibi, ekinlerin kalitesine de uzanır: Ozon tarafından lenfatik kanallarda uyarılan bitkisel ürünler, fotosentez sürecini ve dolayısıyla gözle görülür bir şekilde estetik ve boyutsal değeri artırır. Metrekare başına daha fazla gürlük ve daha fazla verim alınır.

Ozon kalıntı bırakmadığı için toprak, yeraltı suyu ve sulama kanalları kirlilik riski olmadan saf su alır.

Ozon çok yüksek bir oksitleme potansiyeline sahiptir, ekolojik bir tedavidir, hızlı ve etkilidir, etkinliği bağlı ürün veya tedavilerden çok daha fazladır. Bu nedenle kullanımı dünya çapında yaygındır.

Ozon ayrıca yüzme havuzlarında, kaplıcalarda ve jakuzilerde de kullanılır [67,68]. Etkili bir dezenfektan olduğundan kalıntı bırakmaz ve doğru miktarda kullanıldığında terapötik etkileri vardır (solunum fonksiyonunun iyileştirilmesi [69], kas ve sinirlerin gevşemesi [70], kan oksijenasyonunun iyileştirilmesi [71,72] ve iyileşme dolaşım aktivitesi [9,71,73]). Cildi [74], gözleri veya burun deliklerini tahriş etmez; kimyasalların kullanımını önler, su tasarrufuna katkıda bulunur. Kanada ve birçok Avrupa ülkesi tarafından bilinen ve takip edilen bir su arıtma işlemi yöntemiyle kaynağından temiz, kristal berraklığında su sağlar [32].

Bu uygulama genellikle iki aşamaya bölünür. İlk aşama ön ozonlamadır ardından süspansiyon halinde maddelerin ayrılması gelir [75,76]. Ozonun oksitleyici özelliklerinin yok edemediği tüm elementleri yok etmek amacıyla müteakip filtreleme yapılır.

“İkincil ozonlama” olarak adlandırılan sonraki aşama daha uzun sürelidir ve patojenik mikroorganizmaları yok etmeyi amaçlar. Ardından, tehlikeli kirleticileri engelleyebilen aktif karbon ile filtreleme yapılır.

Birçok çalışma, ozonun yüzme havuzları ve akvaryumların dezenfeksiyonunda standart bir yöntem olan klor kadar etkili olabileceğini göstermiştir [77]. Yapılan sayısız araştırmadan sadece birkaç yıl sonra klorun etkisini kaybetmeye başladığı; suda bulunan bakteri ve hastalıklı maddelerin klorla karşı direnç kazandığı anlaşıldı [78,79]. Bu, klor bakteri direnci olgusu, giderek daha sık hale geldi ve halk sağlığı için gerçek bir tehdit oluşturuyor. Sorunun en azından bir kısmına önerilen çözüm, ozon gibi ikincil dezenfeksiyon sistemlerinin kullanılmasıdır.

Ozonun; havuzlarının, su havzalarının sanitasyonunda ve çeşitli su sistemlerinde kullanılmasının nedeni budur. Burada suda bulunan bazı virüsleri ortadan kaldırmanın yanı sıra potansiyel olarak klor kullanımı gereksiz kılar (tahmini %80). Suyun yeniden entegrasyonu, sistemi tamamen otomatikleştirilebilir. Dolayısıyla özel ve eğitimli personel gerektirmez [80].

Ayrıca ozon, içme suyundan; demir, mangan, trihalometanlar, fenoller ve çeşitli organik bileşikler gibi suyun doğru kullanımını bozan veya sağlığa zararlı bazı maddelerin oksidasyon yoluyla elimine edilmesini sağlar [28,81].

Antibakteriyel Özellikler

Ozon, antibakteriyel özellikleri ve antibiyotik direnci olgusunun devam eden yayılması sebebiyle [22,78,79] yani antibiyotiklerle etkili bir şekilde mücadele edememesi nedeniyle tıpta [82,83] ve diğer alanlarda rol oynayabilir. Enfeksiyonlar ve bakterilerin yok edilmesinde hem insanlar hem de hayvanlar için aşırı ve sıklıkla uygunsuz antibiyotik kullanımı belirlenen bir olgudur.

Ozon, kısa vadede ileri araştırmalar açısından gerekli karşı önlemleri sağlayamayan ilaç endüstrisine yardımcı olmak için kısmi bir çözüm olabilir [84].

Yakın tarihli bir araştırmada [85] Dünya Sağlık Örgütü (WHO), halihazırda yüz binlerce insanın antibiyotiğe dirençli enfeksiyonlardan muzdarip olduğunu ve birçok insanın ciddi tehlike altında olduğunu hesapladı.

İtalya'da, Klebsiella'nın (bir bakteri) karbapenemlere (bir antibiyotik sınıfı) karşı direnci 2010 yılında aniden arttı. Şu anda, yaklaşık %30 düzeyinde stabil görünüyor. En tehlikeli durum, %30'dan fazla metisiline direnç yüzdesiyle Escherichia coli ile ilişkilidir [84,86]. İlaçlara direnç ciddi bir sorundur. Sadece İtalya'da antibiyotiklerin tedavi edemediği hastanelerde bakteriyel enfeksiyon kapmış 7000 kurban olduğu düşünülürse yılda 700.000 ölüm meydana gelmektedir ve etkili bir önlem alınmazsa 2050'de 10 milyon ölüme yükselecektir [87]. Bu, yalnızca bir halk sağlığı sorununu değil, aynı zamanda küresel ilerlemenin gelişimi için de bir sorun teşkil eder [88].

Antibiyotik direncinin ana nedeni, ilk olarak Çinli araştırmacılar tarafından Kasım 2015'te [89,90] tanımlanan ve bakterileri en güçlü kimyasal ve farmasötik ilaçlara direnecek bir konuma getiren mcr-1 genidir [86].

Antibiyotik direncinin sonuçları; sadece insan ve hayvan sağlığını değil aynı zamanda ekonomik ve sosyal kalkınmayı da içeren tüm sağlık sistemlerini tehdit etmektedir [88,91].

Antimikrobiyal etkinlik küresel refah olarak görülmelidir. Etkinlik azaldıkça kıt hale gelebilecek bir kaynaktır. Bu nedenle onu savunmak ve sürdürmek "ortak sorumluluk" kavramıdır [91].

Antibiyotiklere karşı bakteriyel direnç, çeşitli faktörlere ve öncelikle bakteri hücrenin yüzey zarflarının antibiyotiğin penetrasyonunu azaltan yapısal değişikliğine bağlıdır.

Gram negatif bakterilerde direnç birçok antibiyotiğin nüfuz ettiği protein zarındaki değişikliklerden kaynaklanabilir.

Diğer durumlarda bakteri, belirli bir protein türü ile birlikte çalışan spike glikoproteinler sayesinde hücreye girmiş olan ilacı dışarı atmayı başarır. Antibiyotiğin hedefinin modifiye olması ve dolayısıyla artık ilaç tarafından tanımlanmaması veya hem Gram pozitif hem de negatif bakteriler tarafından üretilen bazı spesifik enzimler tarafından inaktive edilmesinden dolayı antibiyotiğin biyolojik aktivitesini kaybetmesi olasıdır.

Önümüzdeki birkaç yıl içinde küresel bir acil durum haline gelebilecek bir durumla karşı karşıya kalındığında iki çözüm üzerinde durmak mümkündür. Kaynak yoğun bir çözüm olan ve uzun vadede potansiyel olarak sürdürülebilir olmayan giderek daha etkili antibiyotiklerin üretimine yatırım yapmaya devam etmek veya kimyasal/farmasötik ilaçlarla birlikte kullanılacak alternatif tedavilerin uygulanmasını teşvik etmek [92–94]. Alternatiflerden biri de ozon tedavisi gibi görünüyor.

Daha önce belirtildiği gibi ozon, koruyucu zarlarının moleküler yapısına saldırarak ve iç enzimleri değiştirerek bazı bakterileri öldürebilen oksitleyici bir yeteneğe sahiptir [40,95,96]. Bu mekanizma, bakteriyel fagositoz sırasında beyaz kan hücreleri tarafından kullanılan çok benzer [97].

Ayrıca; virüslere, mantarlara, küflere, pestisitlere, ağır metallere, nitratlara, nitritlere ve diğer potansiyel zararlı maddelere karşı son derece etkilidir [98].

Hiçbir bakteri, virüs veya mantar, doğru zamanda uygulanan uygun bir ozon dozuna dayanamaz [84].

Medical-scientific dergisinin "Ozon Terapisi" yazısında bildirildiği üzere; 2014 yılında Avrupa'da izole edilen tüm Klebsiella pneumoniae türlerinin %5,7'si normalde kullanılan tüm antimikrobiyal ajan gruplarına dirençliydi. Ayrıca, bunların %80'inden fazlası Yunanistan ve İtalya'da da rapor edilmiştir [86].

Ozon; ozonlu tuz çözeltisi, ozonlu su, belirli yağlar veya diğer madde türleri ile bağlantılı ozon ve daha sıkça oksijen ve ozonun gaz halindeki karışımı gibi çeşitli formlarda bir antibakteriyel madde olarak kullanılmıştır.

Ek olarak çeşitli çalışmalar; aynı mikroorganizmaların antibiyotiklere duyarlılığının arttığı gibi ozon kullanıldığında bağışıklık sisteminin etkinliğinin arttığını göstermektedir [99].

Dolayısıyla ozon, tedavinin en başından itibaren antibiyotiklerle kombinasyon halinde kullanılabilir ve böylece tedavinin etkinliğini artırır [100].

Veteriner hekimlikte ozonun kullanımı mikrobiyal yükü azaltarak hayvanların bağışıklık sistemini güçlendirmeyi amaçlar [62].

3- Tarımda Ozon

Ozonun özelliklerinden diğer sektörler de yararlanabilir. Bunlardan biri de bitkilerin üretiminde ve yetiştirilmesinde çok sayıda kimyasal ve farmasötik ürünün kullanıldığı, bazen insanlar [101,102] ve çevre üzerinde olumsuz etkileri olabilen hatta potansiyel olarak zehirlenmelere [103] neden olabilen tarım sektörüdür. Hastalıklar ve ekolojik kalitedeki düşüş [104-106] nedeni ile kullanımlarından sonra kalıntılar toprağa ve onun aracılığıyla suya ve sebzelerin kendi içine salınır ve böylece kalıcı hasar oluşturur.

Geleneksel yaklaşıma alternatif olarak önerilen çözüm, tarım endüstrisinde ve farklı teknolojik işlemlerde kullanıldığında, bir önceki bölümde bahsedildiği gibi biyosidal özellikleri nedeniyle dezenfektan gücü zaten çok etkili olduğu kanıtlanmış olan ozondur [107]. Bitkilerde fitopatojenik mikroorganizmalara karşı direnç tepkisi ile ilişkili biyokimyasal süreçlerin aktivasyonunu indüklemeye yeteneği olduğu için [108] ozon aslında hem topraklı hem de topraksız tarımda ve toprak üstü tarımsal yağmur suyu hasat sistemlerinde, tohum üretimi, fide üretimi, örtü altı çiçekçiliği, ıslak odalar, mantar yetiştiriciliği ve sulamada; bitkilere zarar verebilecek bakteri ve mikroorganizmaları yok etmek için etkin bir şekilde kullanılabilir. Ürünlerin kalitesini artırmak için çimlenme ve hasat sonrası depolamada etkin olarak kullanılabilir.

Dezenfektan gücü sayesinde ozon, nematodlarda [109], topraktan taşınan ve bitki köklerine parazit bırakan mikroskobik solucanlarda olduğu gibi parazitleri etkisiz hale getirmek ve yok etmek için de kullanılır. Parazitler, bitkinin liflerinde bulunan besin kaynaklarını tüketir, bitki hücrelerin kırılmasına ve kontrolsüz bir şekilde çoğalmasına neden olarak köklerin

düğümlerinde dolayısıyla minerallerin ve besinlerin fizyolojik akışıyla çelişen su da malformasyonlar oluşturarak, bitkilerin hastalığa karşı duyarlılığını artırır. Bitkinin beslenme Sistemindeki hastalığın neden olduğu bozulma, genellikle yağsız büyüme ve sarı yapraklar ile birlikte düşük meyve bolluğu ile dışlanır.

Bu durumda ozon, **toprağın ozonlu su ile doğrudan sulanması veya gaz fümigasyonu yoluyla uygulanabilir.** Bu sayede doğada bulunan kalıntıların ortadan kaldırılmasını takiben çevreye fayda sağlayacak ve birincil malzemesi oksijen olduğu için ekonomik tasarruf da sağlayacaktır [110].

Tarımda ozonun pestisitlere göre geçerliliğini ve etkinliğini gösteren özel bir kullanım örneği; pestisitlerin, fungusitlerin ve insektisitlerin önemli kullanımını içeren çok değerli ve sevilen bir meyve olan ancak aynı zamanda çeşitli mantar hastalıklarına ve zararlılara karşı çok hassas olan çileklerin yetiştirilmesidir. [48].

Pestisitler, bitkiye ulaşırken çeşitli şekillerde hareket eder ve farklı şekilde akar. Sıklıkla sistemik bir aktivite yoluyla yapraklara, çiçek saplarına, dallara ve köklere nüfuz ederler. Son derece özelleşmiş dokuları olan iç taşıma sistemleri sayesinde bitkinin her yerine ulaşarak bitki içinde hareket eder ve sonunda insan ve hayvanlar tarafından tüketilmesi amaçlanan meyvelere ulaşırlar.

Pestisitler bitkiler üzerindeki parazitleri yok etmek için kullanılmasına rağmen bitki üzerinde aşırı miktarda salınan kalıntıları nedeniyle insanlara ve hayvanlara olduğu kadar çevreye de zarar verme potansiyeline sahiptir [111].

Bu potansiyel belirli yöntemler ve destek ekipmanlarının incelenmesi yoluyla çileklerde bulunan pestisit ve böcek öldürücülerin kullanımını azaltma ihtiyacını doğurur.

Muhtemelen kaynama ve ultrasonik dalgalarla desteklenen ozonlu suyun kullanımı çok etkili bir çözüm olduğunu kanıtlamıştır.

Çiftlikler için ekonomik açıdan tasarruf sağladı. Bunun sonucunda verimlilikte artış ve daha sağlıklı ürünler üretme olasılığı arttı.

Ozon; diğer farklı olarak dezenfeksiyon ve arıtma için kullanılan kimyasallar ve ilaçların yapmış olduğu gibi ürünler üzerinde kalıntı bırakmaz [112].

Kimyasal/farmasötik ürünler yerine kullanılan ozon kalıntı bırakmadan toprakta ve sudaki oksijen miktarını artırarak sağlıklı toprak ve sağlıklı bitki gelişimi için doğru koşulları sağlar . Bu sayede hızlı, etkili ve ekonomiktir. Uygulama; çevre dostudur. Antibiyotik ve dezenfektan tedavilerinin azalmasına neden olur.

Ozon ayrıca tarım ürünlerinin, makinelerin, yenilebilir malzemelerin, temas yüzeylerinin arındırılması ve saflaştırılması için uygundur. Uygun başlatıcılarla birlikte kullanıldığında mikrop ve mikroorganizmalara karşı etkilidir [113].

Ozon, sebze yıkama ve işleme süreçlerinde suyu iyileştirmek ve geri dönüştürmek için de kullanılabilir böylece toplam su tüketimini önemli ölçüde azaltırken aynı zamanda en iyi su kaynaklarının daha uygun kullanımlara aktarılmasını sağlar. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en büyük karamelli elma üreticilerinden birinin, tüketicileri için elmaların kalitesini iyileştirmek için elmaları işlemek için klorlu su yerine ozonlu su kullanmaya karar vermesi ve böylece daha fazla tasarruf elde etmesi bu özellikleri sayesinde. Çalışmalarda 12.000 gal/haftadan (45.000 L/hafta) daha fazla ve sudaki bakteriyel ajanlarda önemli bir azalma elde edilmiştir[114].

Bu nedenle, tarımda ozonun kullanımı, sürdürülebilir bir şekilde bitkilerin yaşam döngüsünü iyileştirir ve olumlu şekilde bozar. Klorofilin fotosentezinde artış, vejetatif geri kazanım, bitkilerde daha fazla direnç ve niteliksel ve niceliksel olarak daha yüksek üretim sağlar.

4. Hayvancılık ve Balık Yetiştiriciliğinde Ozon Kullanımı

Tarım sektöründen uzaklaşıldığında hayvancılık ve hayvancılık sektörleri de ozon kullanımından yararlanmaktadır [115–119]. Bu durumda ozon; süt sığırları, besi sığırları, koyun, domuz ve tavşan yetiştiriciliğinde etkili bir yardımcı olabilir [84].

Daha önce belirtildiği gibi ozon, uygun dozlama ve orantılama ile en dirençli bakterileri bile yok edebilir [46,85], plazma zarının 4.5 dakika içinde oksidatif lizisi ile ölümlerine neden olabilir ve benzer şekilde hücrelerde de aynı prensip uygulanabilir. Burada çoğalamayan virüsler etkisiz hale getirilir [98,120].

Çiftliklerin çoğu, kümes hayvanları; kolera (*Pasteurella multocida*), Avipoxvirüs, Salmonella, kuş gribi, bulaşıcı bronşit, Stafilokok enfeksiyonu ve benzeri gibi hastalıkların hava yoluyla bulaşması ve yayılmasını kolaylaştıran çevresel koşullar sebebiyle aynı sorunları yaşamaktadır [121] Yetersiz havalandırma ve hayvanların aşırı kalabalıklaşması nedeniyle oksijen eksikliği; amonyak gazı, hidrojen sülfür, karbon dioksit, metan vb. güçlü ekshalasyonlar hastalıkların hava yoluyla bulaşmasını ve yayılmasını kolaylaştıran kötü koşullardır. [122]

Ozon, mikrobiyal yükü azaltmak için hayvancılık çiftliklerinde kullanılabilir; suda çözülebilir (litre başına 0,2-0,5 mg) veya çevreye 0,1/0,2 ppm konsantrasyonda dağıtılabilir [84].

Ozonlu suyun hayvancılıkta kullanılmasının [98,123,124] hayvanın genel sağlık koşullarında iyileşme sağlaması ve faydaları vardır. Arıtılmayan su belirli oranda bakteri, virüs, böcek ilacı ve diğer son derece zararlı maddeler içerebilir, bu nedenle suyun dezenfeksiyonu için kalıntı bırakmayan bir teknolojinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Bir çiftliğin suyunun ozonla zenginleştirilmesi, ahırların yıkanması, hayvanların tüketimi ve bakteri, protozoa, mantar ve virüslerin yayılmasını ve kötü kokuları ortadan kaldırarak çevrenin dezenfekte edilmesi gibi avantajlara sahiptir.

Ozonun havaya verilmesi söz konusu olduğunda çiftliğin kapasitesine bağlı olarak iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Hayvancılık nispeten küçük olduğunda ozon, ozon difüzörleri aracılığıyla çevreye dağılır. Daha büyük boyutları için ise kullanılan alet, ozonun etkisi sayesinde arıtılmış havanın girişini sağlayan, ahırın içinden dışarıdan hava yayan havalandırma kanalına ozonun enjekte edildiği hava girişi için bir fan'dır [84].

Tavukların kuluçkalanması sırasında ortamın ozonlanması, mikroorganizmalardan ve tozdan daha yüksek düzeyde bir hava temizlemeyi içerir ve bu da açıklık ve güvenlik yüzdesinde bir artışa neden olur [107].

Bu nedenle ozon, havanın yenilenmesine, oksijenasyonun artmasına, bakteri ve virüslerin ortadan kaldırılmasına ve tüm alanı kirleten hoş olmayan kokuların azalmasına izin verir [125,126].

Bu faydaların ekonomik sektörde de olumlu yansımaları vardır. Havalandırma kullanımının azalmasının ardından kış aylarında ısıtma maliyetlerinin düşmesine ve ozon kullanımının hem su hem de hava yoluyla kullanılması nedeniyle ilaç kullanım maliyetinin de düşmesine yol açar. Hayvanların sağlık koşullarının iyileştirilmesine ve çiftlik hayvanları arasında yaygın olan hastalıkların yüzdesinin düşürülmesine olanak sağlar. Ayrıca döngü sonunda yani kümes veya ahırlar boşken birkaç gün hiper ozonlu su ve yüksek konsantrasyonlarda ozon kullanılarak

ortamın tamamen steril ve tamamen dezenfekte edilmiş, her türlü salgın veya hastalıktan bakteri veya virüs birikiminden arı hale getirilmesi mümkündür. [127].

Ozon ayrıca balık yetiştiriciliğinde [128–131] hem gelen suda hem de çiftliklerde devir daim için kullanılabilir ve [132] ozon aracılığıyla suyun kalitesinde belirgin bir iyileşme sağlanır.

- Balıklar için patojenik bakteri, virüs, protozoa ve mantar yükünün azaltılması;
- Suda asılı duran koloidal maddelerin ve balıkları strese sokabilecek çözünmüş organik maddelerin uzaklaştırılması;
- Balıklar için toksik olabilecek amonyak ve nitritlerin uzaklaştırılması;
- Artan büyüme oranı (balıkların daha hızlı büyümesi);
- Aynı yüzde artışını elde etmek için gıda miktarında bir azalmaya neden olan gıda dönüşüm faktöründe (gıda transfer faktörü) artış;
- Aynı yapılarla daha fazla balık üretimi elde edilebilir (belirli bir patojenin neden olduğu salgınlar %20 ile %70 arasında değişen üretim kayıplarına neden olabilir);
- Daha düşük maliyetle elde edilen balık ürünü ve dolayısıyla daha rekabetçi.

Suyun dezenfeksiyonu ile ilgili olarak yukarıda bahsedildiği gibi ozon kullanımı su hayvanlarının gelişimi için ideal olan hijyenik koşullarda su sağlar. Doğru dozda kullanıldığında onlara zarar vermez ancak iyi oksijenlenmiş, patojen ve mikroorganizmalardan arındırılmış su sağlar. Dolayısıyla balık yetiştiriciliğinde ozon uygulamasının sonuçları çok olumludur. Örneğin, üretilen bir ton balık başına gerekli su hacmini büyük ölçüde azaltmak [95] ve arıtılmış suda yetiştirilen balıkların kendileri için amaçlanan yemi çok daha iyi özümlediğini dolayısıyla bir fonksiyon olarak kilo alma oranını bulmak mümkündür. Sağlanan yem miktarı çok daha uygundur [132] ve bunu takip eden bariz ekonomik getiri yadsınamaz.

Ozon; iyileştirici, iltihap önleyici ve antiseptik özellikleri sayesinde veterinerlik sektöründe de kullanılabilir. Mastitisin önlenmesi ve tedavisinde kullanılır [133,134]. **Daha önce bahsedildiği gibi kümes hayvanı çiftliklerinde parazitlerden kaynaklanan salgın hastalıkların, kümes hayvanı endüstrisinde [117,135] su ve havanın arıtılması yoluyla yayılmasının önlenmesinde, mortalitede azalma ve hayvanların ağırlığında artış sağlanmasında, hayvan yemi depolarının saflaştırılmasında [95], çevresel ekipmanların dezenfeksiyonunda [37] ve mikrobiyolojik dekontaminasyonda etkilidir.**

Ozon oksijen tedavisinin etki mekanizması sayesinde, Leishmaniasis, FIP (Feline Infectious Peritonitis), FIV (Feline Immunodeficiency Virus) ve Herpes Virüsü enfeksiyonları [136-138] gibi hastalıkların seyrinde geçerli bir terapötik destek olabilir ve doğal bir ilaç olması yan etkisi olmayan, uzun vadede sürdürülebilir ve zararsızdır. Hayvanların genel sağlık durumlarında olumlu etkiler yaratır.

5. Hayvancılıkta Bir Vaka Çalışması

Şimdiye kadar söylenenler ve incelenenler için bir vaka çalışması Kuzey İtalya'da Brescia yakınlarında bulunan bir pilot domuz çiftliği şeklinde hayvancılık sektörünün analiziyle sağlanmıştır.

Bu çalışma için kullanılan pilot çiftliğin sahibi 1991 yılında veteriner hekim oldu ve birkaç yıl sonra 1995 yılında Almanya'nın Baden-Baden kentindeki Hell'de homeopat diploması aldı.

2001 yılında on bir yıl veteriner hekimlik mesleğini icra ettikten sonra, Parma ve San Daniele jambonu üretimi için bir domuz çiftliği olan aile çiftliğinde çalışmaya karar verdi.

Her zaman tıpta ve gıdada aşırı antibiyotik kullanımından endişe duyarak veterinerlik sektöründe çok yaygın olan ve vizyonuna göre sıklıkla suistimal edilen bu maddelerin kullanımında düşüşe yol açabilecek çözümler ve potansiyel yenilikler bulmak için çalıştı.

Yukarıda belirtildiği gibi domuz, sığır, koyun ve kümes hayvanı yetiştiricilerinin temel sorunlarından biri, gerçekten de hayvanlar için tehlikeli olduğu kanıtlanmış enfeksiyonları, virüsleri ve hastalıkları önlemek için aşırı kimyasal ilaç ve antibiyotik tüketimi ile bağlantılıdır. Geçmişte, tek amacı patojeni kökünden yok etmek olan organizmanın doğal savunmasına çok az önem verilirdi.

Nesnel olarak, yukarıda açıklanan farmasötik yolun izlenmesinin en basit ve en pratik yol olduğu her zaman kanıtlanmıştır. Ancak zamanla giderek artan bir patlayıcı tehdit yaratmaya başlamıştır çünkü ilaçların sürekli ve aşırı kullanımı enfeksiyonlar ve hastalıklar için bir çare olarak hastalığa yol açmıştır. Ürünlerin büyük ve daha büyük dozlarının uygulanmasının sonucu olan farmasötiklerin kendilerinin etkinliğinde düşüşü sağlanmıştır [84,92]. Antibiyotik direncine ve giderek daha zayıf ve savunmasız hayvanların yayılmasına neden olan sebep budur.

Bir girişimci olarak pilot çiftliğin sahibi, ekonomik kazancını “dürüst” olarak gördüğünü iddia ederek ancak çevreye ve insan sağlığına zarar vermemek için yeterli çabayı içeriyorsa, çalışmasının hedeflerini yeniden tanımlamak istedi. Sürekli antibiyotik ve ilaç kullanımını sürdürmek imkansızdır. Diğer bir deyişle, işinde hem ekonomik hem de çevresel/ekolojik olarak sürdürülebilirliği takip etmiştir.

Bu nedenle hem kârlı hem de tatmin edici olduğunu kanıtlayan ve esas olarak hayvanların bağışıklık sistemini güçlendirmeye odaklanan ve farklı teknikler kullanıp bulana kadar domuz yetiştirmeye kendini adamaya karar verdi.

Günümüzde sahip olduğu domuz çiftliği son yıllarda farklı yetiştirme yöntemlerinin kullanıldığı yaklaşık 7000 domuz ev sahipliği yapmaktadır.

Başlangıçta, homeopatik ve fitoterapötik ürünlerle, günümüzde günlük olarak kullanılan çok iyi olanları seçme noktasına kadar çok sayıda deney yapıldı.

2013 yılının sonlarında çiftçi, kendisine çok ilginç gelen ozon tedavisini öğrendi.

Alternatif terapilere açık ve doğal maddelere çok düşkün olduğundan, yöntemi doğrudan hayvanlar üzerinde denemeye karar verdi. Böylece 2014 yılının başından itibaren ilk öncü oksijen-ozon tesisi çiftliğe kurularak devreye alındı.

Ozon santralinin satın alınması için katlanılan maliyetler yaklaşık 90.000 € iken mevcut bakım maliyetleri, ozon üretmek için kullanılan elektrik enerjisinin tüketimi ile ilgili yaklaşık 4000 € ve elektrik maliyeti dahil olmak üzere yılda 5000–6500 € arasında değişmektedir. Tesisin başlangıç maliyeti göz önüne alındığında, yılda 9000 € amortisman da dikkate alındı.

Ozon hem suya hem de havaya verilir. İlk durumda, ozon konsantrasyonu 0,2-0,5 mg/L'dir. Bağırsakta tanıtılan ozon, pre/probiyotik ilavelerin önemini azaltarak veya onları güçlendirerek (sinerjistik etki) uygun bir öbiyozu geri kazandırır. Patojenik mikroplar, rahatsız edici ve/veya patojenik eylemlerini gerçekleştirmek için yer bulamazlar. Hayvanlar üzerinde yapılan analizler laboratuvar verileri ile yapılmaktadır. Özellikle, alfa-amilazlar ve transaminazlardaki değişimler, dışkı pH'ı, kopro kültürü ve idrar numuneleri analiz edilir.

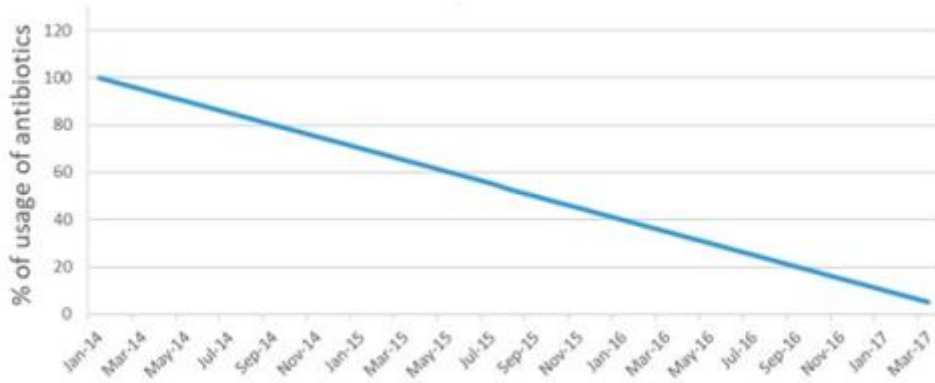
Bu şekilde bir antioksidan ve bağışıklık uyarıcı etki sürdürülür ve bazı bakterilerin (örn. Salmonella, Clostridia, Lawsonia, Brachispira) etkinliği azalır.

Ozonun havada taşınmasına gelince; konsantrasyon yaklaşık 0,1-0,2 ppm'dir. Bu durumda ozonun gerçekleştirdiği ana eylem, genlerin aerojenik (Prss, Mycoplasma, Influenza, Actinobacillus ve Streptococci) yoluyla geçişini önlemektir.

Su numunesi alındı ve bakteriyolojik yükün varlığı ve bakteri konsantrasyonu açısından analiz edildi. Zaman içinde tekrarlanan belirli bir hava hacminin bir örnekleme ile bir "aerobiyo-toplayıcı" vasıtasıyla havadan numune alındı. Hava, bir fan vasıtasıyla vakumlandı ve yabancı maddeleri ortadan kaldıran ancak bakterileri yok eden bir filtreye doğru itildi. Bu noktada, cebri hava akışı, bakterileri yakalayabilen jelatinimsi bir materyal olan agardan oluşan bir yüzeye yönlendirildi ayrıca onlara bir kültür ortamı sağladı ve inkübasyondan sonra koloni oluşturan birimlerin sonraki analizine ve sayımına izin verdi. Gıdalar, mikrobiyal popülasyonun doğrudan sayımı ve tekrar tekrar numune alma yoluyla canlılıklarıyla analiz edildi.

Spesifik olarak, ozon kullanımı ile suda (yaklaşık 1,4 log), havada (yaklaşık 0,2 log) ve hayvanlar için gıdada (ortalama olarak 0,5 log) bulunan mikrobiyal yük seviyesini büyük ölçüde enfeksiyon riskini sınırlamak ve azaltmak mümkün olmuştur.

Ana sonuç; kullanılan diğer (farmasötik) antibakteriyel ajanları %95 oranında azaltma olasılığıydı (**Şekil 1**) diğer dezenfektanların kullanımı ise neredeyse sifıra indirildi. Hayvanların bağışıklık sistemi güçlendirildi (ölüm oranı %2 azaldı). Antibiyotik kullanımının hala gerekli olduğu birkaç durumda bile; bunlar esas olarak ozona dayalı doğal ilaçlarla ilişkilendirilmekte ve böylece bulaşıcı hastalıkların süresinde %50'lik bir azalma elde edilmektedir. Bahsedildiği gibi, Şekil 1'de gösterildiği gibi, 2014'ün başından 2016'ya ve 2017'nin başına kadar geleneksel farmasötik antibiyotiklerle tedavilerde ikna edici bir daralma ve bunun sonucunda fitoterapi ve homeopatide sürekli artışa neden olan artış olmuştur. Dezenfektanlar ve asitler (gastroenterik sistem için) gibi diğer farmasötik ilaçlar neredeyse sifıra düşürüldü. Mart 2017'den bu yana, bu rakam daha fazla azalmadı bu da muhtemelen ozon ve fitoterapötiklerin kullanımıyla dengelenen minimum optimal ilaç kullanımı olduğu anlamına geliyor.



Şekil 1. Pilot domuz çiftliğinde Ocak 2014'ten bu yana antibiyotik kullanımının doğrusal olarak azalması

2014 öncesi antibiyotik kullanım seviyesi 100 iken, bu seviye 2017'de yaklaşık 5'e düşürüldü (aralarda lineer olarak azalıyordu, şu anda bu rakam sabit).

Farmako-ekonomik bakış açısından, ozona dayalı tedavi, geleneksel ilaçların kullanımı ile doğrudan karşılaştırılabilir [139]. Ancak üretilen ozon, hayvanlara saf uygulama dışında dezenfektan olarak da kullanılmış dolayısıyla diğer giderleri azaltmıştır. Genel olarak, pilot çiftliğin sahibi, ozonun çiftlikte kullanıldığı üç buçuk yılda (toplamda yaklaşık 55.000–65.000 €) tasarrufun hayvan başına yaklaşık 7-9 € olduğunu tahmin ediyor. Tablo 1'de karşılaştırma için 2014 ve 2017 yılları ele alınmıştır (pilot çiftlikten alınan veriler).

2014 yılında, pilot çiftlikte antibiyotik ve diğer farmasötik ilaçların kullanımı zaten azaltılmıştı ancak 2017'de (ve sonrasında) ozon bazlı tedaviler, şu anda sabit olarak kabul edilen optimal bir dengeyi gösterdi.

| | 2014 | 2017 |
|---|-----------------|----------------|
| Traditional pharmaceutical drugs (antibiotics, disinfectants, . . .) | €35,000 | €6000 |
| Phytotherapies/homeopaths | €19,000 | €41,000 |
| Branchispira and chloristride control acids | €66,000 | - |
| Ten-year amortization of ozone plant | - | €9000 |
| Electrical costs of ozone plant | - | €4000 |
| Other maintenance costs | | €2500 |
| Total | €120,000 | €62,500 |

Tablo 1. İki farklı yılda (2014 ve 2017) maliyetlerin karşılaştırılması

Bir diğer önemli faktör, 2014'ten 2015'e kadar kaydedilen ve 5000'den 6500'e çıkan domuz sayısındaki artıştır (bugün yaklaşık 7000'dir). İlginç olan şu ki, besicilikteki bu artışın hayvanlar üzerindeki ozonun performansını etkilememesi (maliyet ve kullanım açısından yıllar içinde aynı kalmıştır), dolayısıyla potansiyel olarak hayvan başına tasarrufun belirli bir sınıra kadar artmasıdır.

Bütün bunlar, diğer tüm faktörleri sabit tutarken (örneğin, genel jambon üretimi) ölüm oranını yaklaşık %1 oranında azaltarak hayvanın sağlığında iyileşmeye katkıda bulunur.

Açıktır ki, bu veriler spesifiktir ve bu çalışmada analiz edilen pilot domuz çiftliğine atıfta bulunmaktadır. Sonuçlar diğer bağlamlarda diğer hayvanlarla veya çiftlik hayvanlarının boyutuna göre değişebilir.

Tüketici için faydalar mevcuttur (esas olarak, antibiyotik direnci riskinde bir azalma) ve çevre için olanlara eklenebilir (daha az antibiyotik dağılımı). Pilot çiftlikte yapılan analizden elde edilenlere göre hayvan yemi ve tedavi ile ilgili hususları da kapsayan antibiyotik içermeyen tedarik zincirleri oluşturmak mümkünse gıda ürünlerinde daha da artırılacak bir ekonomik sürdürülebilirlik de öngörülebilir.

Daha büyük ölçekte geliştirilirse, hayvan yetiştiriciliğinde antibiyotikler yerine ozon kullanımı antibiyotik direncinde bir azalmaya yol açabilir (veya en azından mevcut fenomeni sınırlayabilir). Ayrıca suda yoğunlaşan antibiyotiklerin daha düşük dağılımı sayesinde çevre ve özellikle deniz için genel bir fayda ile asitlerin, döngü sonunda dezenfektanların, antienflamatuarların yeraltı sularına doğru kullanımını ve dağılımını sınırlayacaktır.

Bu tesisin yayılımı ve kullanımı hala çok sınırlıdır: Avrupa'da bu ekipmanı tam olarak kullanan sadece bir düzine çiftlik vardır.

6. Sonuçlar

Sentetik olarak üretilen ozonun çeşitli alanlardaki olası kullanımlarını araştırmak, genellikle farmasötik ilaçlara dayalı tedavilerin diğerlerine alternatif olarak daha geleneksel ve yaygın olan etkinliğini araştırmak amacıyla kapsamlı ve disiplinler ve ürünler arası bir literatür taraması yapılmıştır. Çevresel sürdürülebilirliğin yanı sıra ekonomik sürdürülebilirlik de sürekli olarak araştırılmaktadır.

İlk ilginç sonuç, atık suyun yanı sıra içme suyunun dezenfeksiyonu ve arıtılması için doğal bir yöntem olarak kullanılabilen bu maddenin çok yönlülüğüdür. Aynı zamanda tıp, tarım ve hayvancılıkta da kullanılabilir. Bu araştırmada incelenen literatür, özellikle ozonun antibakteriyel ve dezenfektan etkisi için bu tür bir tedavinin etkinliği hakkında çok ilginç veriler bildirmektedir. Belirli antibiyotik ürünlerine alternatif olarak ozonun kullanılması olasılığı bu nedenle antibiyotik direnci olgusunun zaman içinde daha az etkili olmasını sağlamak için büyük önem taşımaktadır.

Bu yönleri ile ozonun bir arıtma olarak potansiyel çevresel sürdürülebilirliği sonucunu çıkarabiliriz.

Ozonu bir süreç yeniliği olarak kullanan özel şirketler açısından ekonomik ve finansal sürdürülebilirliği de değerlendirmek önemlidir. Bu amaçla, belirli bir alanda ozonun kullanımından kaynaklanan spesifik maliyetleri diğer alternatif yöntemlerden kaynaklanan maliyetlerle karşılaştıran bir farmako-ekonomik yaklaşım izlenebilir [139,140]. Bu bildiriye hayvancılıkla ilgili bir vaka çalışması sunulmuştur. Kuzey İtalya'daki bir domuz çiftliği pilot vaka olarak analiz edildi ve ozon bazlı metodolojilerin yıllar boyunca (2014'ten beri) uzun süreli kullanımından veri ve sonuçlar sağlandı.

Bu analizden hayvan ölümlerini biraz azaltan (yaklaşık %2) ve kullanılan antibiyotiklerin ve farmasötik dezenfektanların miktarını büyük ölçüde azaltan (%95 oranında, ancak şu anda rakam çok az) ozon bazlı tedavilerin mükemmel performansı çıkarılabilir. Sonuç olarak, bu maddeler çevrede (örneğin atık sularda) daha az dağılır ve hepsinden öte, hayvanlar daha az ilacı emer. Maliyetler göz önüne alındığında ilk yatırım önemlidir ancak diğer maddelerin azaltılmasından kaynaklanan önemli ölçüdeki tasarruf göz önüne alındığında hızlı bir şekilde amorti edilebilir. Analiz edilen pilot çiftliğe gelince; daha ikinci yılda işletme ozon üretim tesisini satın almak için gerçekleştirilen ilk yatırımı üstlendi.

Finansal sürdürülebilirlikle ilgili basit düşüncelerin yanı sıra bazı yönetsel anlayışlar da çıkarılabilir. Özellikle doğal bir madde olan ozonun diğer farmasötik ve yapay ilaçlar yerine kullanılması açıkça beyan edilirse farklılaştırma stratejisi için bir itici güç olabilir. Şirketlerin kurumsal sosyal sorumluluk temalarına [141] (örneğin, çevre ve toplum odaklı faaliyetler) olan ilgisi genellikle kurumsal itibar açısından olumlu etkilere yol açar [142].

Bu çalışmanın temel sınırlılığı özel kullanım durumunun genelleştirilmiş bir durum olarak kabul edilememesidir. Daha ileri çalışmalar ve incelenen örneği genişletmek için benzer kullanım durumlarını dikkate almak zorunda kalacaktır. Ayrıca, aynı değerlendirmelerin diğer alanlarda da (örneğin tıp bilimi ve tarım) yapılması gerekecektir.

Yazar Katkıları: Her iki yazar da eserin anlayışına ve temelindeki araştırmaya katkıda bulunmuştur. Makale, bu nedenle ana yazar olarak kabul edilmesi gereken M.R. tarafından yazılmıştır. L.V. belirli sektörler için teknik verilerin raporlandığı kısımlar için tıbbi-bilimsel danışmanlık ile katkıda bulunmuştur.

Finansman: Bu araştırma hiçbir dış finansman almamıştır.

Teşekkür: Yazarlar, Marianno Franzini ve SIOOT'un (İtalyan Bilimsel Oksijen-Ozon Terapisi Derneği) devam eden bilimsel desteğine minnetle teşekkür etmek isterler. Ayrıca pilot çiftliğin sahibi Garbelli'nin verilerini kendilerine sunma ve sorularını yanıtlamadaki rolünü de kabul etmek istiyorlar.

Çıkar Çatışmaları: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Referanslar

1. Doppelt, B. Leading Change toward Sustainability: A Change-Management Guide for Business, Government and Civil Society; Routledge: Abingdon-on-Thames, UK, 2017
2. Benn, S.; Edwards, M.; Williams, T. Organizational Change for Corporate Sustainability; Routledge Abingdon-on-Thames, UK, 2014.
3. Smith, H.; Fingar, P. Business Process Management: The Third Wave; Meghan-Kiffer Press: Tampa, FL, USA, 2003; Volume 1.
4. Schaltegger, S.; Wagner, M. Sustainable entrepreneurship and sustainability innovation: Categories and interactions. *Bus. Strategy Environ.* 2011, 20, 222–237. [CrossRef]
5. Dangelico, R.M.; Pujari, D. Mainstreaming green product innovation: Why and how companies integrate environmental sustainability. *J. Bus. Ethics* 2010, 95, 471–486. [CrossRef]
6. Mahmoud, A.E.D.; Stolle, A.; Stelter, M. Sustainable synthesis of high-surface-area graphite oxide via dry ball milling. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 2018, 6, 6358–6369. [CrossRef]
7. Millar, C.; Hind, P.; Magala, S. Sustainability and the need for change: Organisational change and transformational vision. *J. Organ. Chang. Manag.* 2012, 25, 489–500. [CrossRef]
8. Bocci, V. How Does Ozone Act? How and Why Can We Avoid Ozone Toxicity? Springer Berlin/Heidelberg, Germany, 2005.
9. Seidler, V.; Linetskiy, I.; Hub Ikov, H.; Stankova, H.; Smucler, R.; Maz nek, J. Ozone and its usage in general medicine and dentistry. A review article. *Prague Med. Rep.* 2008, 109, 5–13. [PubMed]
10. Eliasson, B.; Hirth, M.; Kogelschatz, U. Ozone synthesis from oxygen in dielectric barrier discharges. *J. Phys Appl. Phys.* 1987, 20, 1421. [CrossRef]
11. Garamoon, A.A.; Elakshar, F.F.; Nossair, A.M.; Kotp, E.F. Experimental study of ozone synthesis. *Plasma Sources Sci. Technol.* 2002, 11, 254. [CrossRef]
12. Ma, H.; Qiu, Y. A study of ozone synthesis in coaxial cylinder pulse streamer corona discharge reactors *Ozone Sci. Eng.* 2003, 25, 127–135. [CrossRef]
13. Pietsch, G.J.; Gibalov, V.I. Dielectric barrier discharges and ozone synthesis. *Pure Appl. Chem.* 1998, 70, 1169–1174. [CrossRef]
14. Bojkov, R.D. International Ozone Commission: History and Activities; IAMAS Publication Series: Bavaria, Germany, 2012.

15. Bojkov, R.D. Surface ozone during the second half of the nineteenth century. *J. Clim. Appl. Meteorol.* 1986, 25, 343–352. [[CrossRef](#)]
16. Rubin, M.B. The history of ozone. The Sch nbein period, 1839–1868. *Bull. Hist. Chem.* 2001, 26, 40–56.
17. Braslavsky, S.E.; Rubin, M.B. The history of ozone Part VIII. Photochemical formation of ozone. *Photochem Photobiol. Sci.* 2011, 10, 1515–1520. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Rubin, M.B. The History of Ozone. Part III: CD Harries and the Introduction of Ozone into Organic Chemistry *Helv. Chim. Acta* 2003, 86, 930–940. [[CrossRef](#)]
19. Bocci, V. Biological and clinical effects of ozone. Has ozone therapy a future in medicine? *Br. J. Biomed. Sci.* 1999, 56, 270.
20. Kowalski, W.J.; Bahnfleth, W.P.; Whittam, T.S. Bactericidal effects of high airborne ozone concentrations on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Ozone Sci. Eng.* 1998. [[CrossRef](#)]
21. Moore, G.; Griffith, C.; Peters, A. Bactericidal properties of ozone and its potential application as a terminal disinfectant. *J. Food Prot.* 2000, 63, 1100–1106. [[CrossRef](#)]
22. Blair, J.M.; Webber, M.A.; Baylay, A.J.; Ogbolu, D.O.; Piddock, L.J. Molecular mechanisms of antibiotic resistance. *Nat. Rev. Microbiol.* 2015, 13, 42. [[CrossRef](#)]
23. Li, X.-Z.; Piat, P.; Nikaido, H. The challenge of efflux-mediated antibiotic resistance in Gram-negative bacteria. *Clin. Microbiol. Rev.* 2015, 28, 337–418. [[CrossRef](#)]
24. Ventola, C.L. The antibiotic resistance crisis: Part 1: Causes and threats. *Pharm. Ther.* 2015, 40, 277.
25. Loeb, B.L. Ozone: Science & Engineering: Thirty-three years and growing. *Ozone Sci. Eng.* 2011, 33, 329–342.
26. Von Gunten, U. The basics of oxidants in water treatment. Part B: Ozone reactions. *Water Sci. Technol* 2007, 55. [[CrossRef](#)]
27. Loeb, B.L.; Thompson, C.M.; Drago, J.; Takahara, H.; Baig, S. Worldwide ozone capacity for treatment of drinking water and wastewater: A review. *Ozone Sci. Eng.* 2012, 34, 64–77. [[CrossRef](#)]
28. Glaze, W.H. Drinking-water treatment with ozone. *Environ. Sci. Technol.* 1987, 21, 224–230. [[CrossRef](#)]
29. Rice, R.G.; Robson, C.M.; Miller, G.W.; Hill, A.G. Uses of ozone in drinking water treatment. *J.-Am. Water Works Assoc.* 1981, 73, 44–57. [[CrossRef](#)]
30. Glaze, W.H.; Kang, J.-W.; Chapin, D.H. The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation. *Ozone Sci. Eng.* 1987. [[CrossRef](#)]
31. Ciambrone, D.F. Ozone Oxidation of Waste Water. U.S. Patent 4,007,118, 8 February 1977.
32. Gottschalk, C.; Libra, J.A.; Saupe, A. *Ozonation of Water and Waste Water: A Practical Guide to Understanding Ozone and Its Applications*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2009.
33. Fiessinger, F.; Richard, Y.; Montiel, A.; Musquere, P. Advantages and disadvantages of chemical oxidation and disinfection by ozone and chlorine dioxide. *Sci. Total Environ.* 1981, 18, 245–261. [[CrossRef](#)]
34. Haag, W.R.; Hoign, J. Ozonation of water containing chlorine or chloramines. Reaction products and kinetics. *Water Res.* 1983, 17, 1397–1402. [[CrossRef](#)]

35. Palermi, S.; Pitari, G.; Visconti, G. Ozone response to a CO₂ doubling: Results from a stratospheric circulation model with heterogeneous chemistry. *J. Geophys. Res.: Atmos.* 1992, 97, 5953–5962.
36. Pelletier, N. Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agric. Syst.* 2008, 98, 67–73. [[CrossRef](#)]
37. Pascual, A.; Llorca, I.; Canut, A. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. *Trends Food Sci. Technol.* 2007, 18, S29–S35. [[CrossRef](#)]
38. Bott, T.R. Ozone as a disinfectant in process plant. *Food Control* 1991, 2, 45–49. [[CrossRef](#)]
39. Remondino, M. The use of ozone as a driver for economic and environmental sustainable development *Ozone Ther.* 2018, 3. [[CrossRef](#)]
40. Czekalski, N.; Imminger, S.; Salhi, E.; Veljkovic, M.; Kleffel, K.; Drissner, D.; Hammes, F.; Bürgmann, H.; Von Gunten, U. Inactivation of antibiotic resistant bacteria and resistance genes by ozone: From laboratory experiments to full-scale wastewater treatment. *Environ. Sci. Technol.* 2016, 50, 11862–11871. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
41. Selma, M.V.; Allende, A.; Lopez-Gomez, F.; Conesa, M.A.; Gil, M.I. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbiol* 2008, 25, 809–814. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Volk, C.; Roche, P.; Joret, J.-C.; Paillard, H. Comparison of the effect of ozone, ozone-hydrogen peroxide system and catalytic ozone on the biodegradable organic matter of a fulvic acid solution. *Water Res.* 1997, 31, 650–656. [[CrossRef](#)]
43. Volk, C.; Renner, C.; Roche, P.; Paillard, H.; Joret, J.C. Effects of ozone on the production of biodegradable dissolved organic carbon (BDOC) during water treatment. *Ozone Sci. Eng.* 1993, 15, 389–404. [[CrossRef](#)]
44. Bablon, G.; Bellamy, W.D.; Billen, G.; Bourbigot, M.-M.; Daniel, B.; Erb, F.; Gomella, C.; Gordon, G.; Hartemann, P.; Joret, J.C. Practical application of ozone: Principles and case studies. *Ozone Water Treat. Appl. Eng.* 1991, xvii, 569.
45. McDonnell, G.; Russell, A.D. Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance. *Clin. Microbiol. Rev.* 1999, 12, 147–179. [[CrossRef](#)]
46. Mahfoudh, A.; Barbeau, J.; Moisan, M.; Leduc, A.; Sguin, J. Biocidal action of ozone-treated polystyrene surfaces on vegetative and sporulated bacteria. *Appl. Surf. Sci.* 2010, 256, 3063–3072. [[CrossRef](#)]
47. Elford, W.J.; van den Ende, J. An investigation of the merits of ozone as an aerial disinfectant. *Epidemiol. Infect.* 1942, 42, 240–265. [[CrossRef](#)]
48. Keutgen, A.J.; Pawelzik, E. Influence of pre-harvest ozone exposure on quality of strawberry fruit under simulated retail conditions. *Postharvest Biol. Technol.* 2008, 49, 10–18. [[CrossRef](#)]
49. Loreto, F.; Mannozi, M.; Maris, C.; Nascetti, P.; Ferranti, F.; Pasqualini, S. Ozone quenching properties of isoprene and its antioxidant role in leaves. *Plant Physiol.* 2001, 126, 993–1000. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
50. Eick, S.; Tigan, M.; Sculean, A. Effect of ozone on periodontopathogenic species—An in vitro study. *Clin. Oral Investig.* 2012, 16, 537–544. [[CrossRef](#)]

51. Lee, J.; Deininger, R.A. Survival of bacteria after ozonation. *Ozone Sci. Eng.* 2000. [[CrossRef](#)]
52. Von Gunten, U. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Res.* 2003, 37, 1443–1467. [[CrossRef](#)]
53. Boorman, G.A. Drinking water disinfection byproducts: Review and approach to toxicity evaluation. *Environ Health Perspect.* 1999, 107, 207. [[PubMed](#)]
54. Plewa, M.J.; Wagner, E.D.; Jazwierska, P.; Richardson, S.D.; Chen, P.H.; McKague, A.B. Halonitromethane drinking water disinfection byproducts: Chemical characterization and mammalian cell cytotoxicity and genotoxicity. *Environ. Sci. Technol.* 2004, 38, 62–68. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Hei, R.D.; Guange-jong, J.W.; Cords, B.R.; Lokkesmoe, K.D. Potentiated Aqueous Ozone Cleaning and Sanitizing Composition for Removal of a Contaminating Soil from A surface. U.S. Patent US5567444A, 22 October 1996.
56. Mallmann, W.L.; Kain, C.H.; Schaefer, R.J. Apparatus and Method for Sanitizing. U.S. Patent US2388753A, 13 November 1945.
57. Blanc, D.S.; Carrara, P.; Zanetti, G.; Francioli, P. Water disinfection with ozone, copper and silver ions, and temperature increase to control Legionella: Seven years of experience in a university teaching hospital. *J. Hosp. Infect.* 2005, 60, 69–72. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
58. Edelstein, P.H.; Whittaker, R.E.; Kreiling, R.L.; Howell, C.L. Efficacy of ozone in eradication of Legionella pneumophila from hospital plumbing fixtures. *Appl. Environ. Microbiol.* 1982, 44, 1330–1333. [[PubMed](#)]
59. Br let, A.; Nicolle, M.-C.; Giard, M.; Nicolini, F.-E.; Michallet, M.; Jarraud, S.; Etienne, J.; Vanhems, P. Fatal nosocomial Legionella pneumophila infection due to exposure to contaminated water from a washbasin in a hematology unit. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 2008, 29, 1091–1093. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
60. Woo, A.H.; Victor, L.Y.; Goetz, A. Potential in-hospital modes of transmission of Legionella pneumophila demonstration experiments for dissemination by showers, humidifiers, and rinsing of ventilation bag apparatus. *Am. J. Med.* 1986, 80, 567–573. [[CrossRef](#)]
61. Feng, L.; Jiang, T.; Wang, Y.; Li, J. Effects of tea polyphenol coating combined with ozone water washing on the storage quality of black sea bream (*Sparus macrocephalus*). *Food Chem.* 2012, 135, 2915–2921. [[CrossRef](#)]
62. Kim, J.-G.; Yousef, A.E.; Dave, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *J. Food Prot.* 1999, 62, 1071–1087. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
63. Imez, H.; Kretschmar, U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT-Food Sci. Technol.* 2009, 42, 686–693. [[CrossRef](#)]
64. Bucks, D.A.; Nakayama, F.S.; Gilbert, R.G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. *Agric. Water Manag.* 1979, 2, 149–162. [[CrossRef](#)]
65. Newman, S.E. Disinfecting irrigation water for disease management. In Proceedings of the 20th Annual Conference on Pest Management on Ornamentals, San Jose, CA, USA, 20–22 February 2004; pp. 20–22.

66. Steele, M.; Odumeru, J. Irrigation water as source of foodborne pathogens on fruit and vegetables. *J. FoodmProt.* 2004, 67, 2839–2849. [[CrossRef](#)]
67. Lagerkvist, B.J.; Bernard, A.; Blomberg, A.; Bergstrom, E.; Forsberg, B.; Holmstrom, K.; Karp, K.; Lundstrom, N.-G.; Segerstedt, B.; Svensson, M. Pulmonary epithelial integrity in children: Relationship to ambient ozone exposure and swimming pool attendance. *Environ. Health Perspect.* 2004, 112, 1768. [[CrossRef](#)][[PubMed](#)]
68. Zwiener, C.; Richardson, S.D.; De Marini, D.M.; Grummt, T.; Glauner, T.; Frimmel, F.H. Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. *Environ. Sci. Technol.* 2007, 41, 363–372.[[CrossRef](#)]
69. Boeniger, M.F. Use of ozone generating devices to improve indoor air quality. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1995, 56, 590–598. [[CrossRef](#)]
70. Clavo, B.; Perez, J.L.; Lopez, L.; Suarez, G.; Lloret, M.; Rodriguez, V.; Macias, D.; Santana, M.; Morera, J.; Fiuza, D. Effect of ozone therapy on muscle oxygenation. *J. Altern. Complement. Med.* 2003, 9, 251–256.[[CrossRef](#)]
71. Bocci, V.; Di Paolo, N. Oxygen-ozone therapy in medicine: An update. *Blood Purif.* 2009, 28, 373–376. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
72. Buckley, R.D.; Hackney, J.D.; Clark, K.; Posin, C. Ozone and human blood. *Arch. Environ. Health Int. J.* 1975, 30, 40–43. [[CrossRef](#)]
73. Wong, C.-M.; Ma, S.; Hedley, A.J.; Lam, T.-H. Does ozone have any effect on daily hospital admissions for circulatory diseases? *J. Epidemiol. Community Health* 1999, 53, 580. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
74. Valacchi, G.; Fortino, V.; Bocci, V. The dual action of ozone on the skin. *Br. J. Dermatol.* 2005, 153, 1096–1100.[[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
75. Jekel, M.R. Flocculation effects of ozone. *Ozone Sci. Eng.* 1994, 16, 55–66. [[CrossRef](#)]
76. Jun, Y.; Lu, S.; Ding, Y. Treatment of Simulated Dyeing Wastewater by Modified Red Mud Flocculation-Ozone Oxidation Process. *Environ. Prot. Chem. Ind.* 2010, 4. [[CrossRef](#)]
77. Sliter, J.T. Ozone: An alternative to chlorine? *J. Water Pollut. Control Fed.* 1974, 4–6
78. Kim, S.; Aga, D.S. Potential ecological and human health impacts of antibiotics and antibiotic-resistant bacteria from wastewater treatment plants. *J. Toxicol. Environ. Health Part B* 2007, 10, 559–573. [[CrossRef](#)]
79. Baquero, F.; Martinez, J.-L.; Cantón, R. Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2008, 19, 260–265. [[CrossRef](#)]
80. Farooq, S.; Akhlaque, S. Comparative response of mixed cultures of bacteria and virus to ozonation. *Water Res.* 1983, 17, 809–812. [[CrossRef](#)]
81. Reckhow, D.A.; Knocke, W.R.; Kearney, M.J.; Parks, C.A. Oxidation of iron and manganese by ozone. *Ozone Sci. Eng.* 1991, 13, 675–695. [[CrossRef](#)]
82. Giunta, R.; Coppola, A.; Luongo, C.; Sammartino, A.; Guastafierro, S.; Grassia, A.; Giunta, L.; Mascolo, L.; Tirelli, A.; Coppola, L. Ozonized autohemotransfusion improves hemorheological parameters and oxygen delivery to tissues in patients with peripheral occlusive arterial disease. *Ann. Hematol.* 2001, 80, 745–748.[[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
83. Hüller, U. Effect of Ozone/Oxygen-Pneumoperitoneum on Tumour Growth and Metastatic Spread of the Rabbit VX2 Head and Neck Cancer Model. Philipps-Universität Marburg: Marburg, Germany, 2009. Available online: <http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2009/0028> (accessed on 14 December 2018).

84. valdenassi, L.; Franzini, M.; Garbelli, P.; Camolese, M. Oxygen-ozone activity in making factory farms antibiotic-free for prevention of antibiotic resistance. *Ozone Ther.* 2016, 1, 42–44. [[CrossRef](#)]
85. Tacconelli, E.; Carrara, E.; Savoldi, A.; Harbarth, S.; Mendelson, M.; Monnet, D.L.; Pulcini, C.; Kahlmeter, G.; Kluytmans, J.; Carmeli, Y. Discovery, research, and development of new antibiotics: The WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *Lancet Infect. Dis.* 2018, 18, 318–327. [[CrossRef](#)]
86. Franzini, M.; Valdenassi, L.; Ionita, G. First evaluations of oxygen-ozone therapy in antibiotic-resistant infections. *Ozone Ther.* 2016, 1, 5–7. [[CrossRef](#)]
87. Laxminarayan, R.; Amabile-Cuevas, C.F.; Cars, O.; Evans, T.; Heymann, D.L.; Hoffman, S.; Holmes, A.; Mendelson, M.; Sridhar, D.; Woolhouse, M. UN High-Level Meeting on antimicrobials—What do we need? *Lancet* 2016, 388, 218–220. [[CrossRef](#)]
88. Jasovsky, D.; Littmann, J.; Zorzet, A.; Cars, O. Antimicrobial resistance—A threat to the world’s sustainable development. *Upsal. J. Med. Sci.* 2016, 121, 159–164. [[CrossRef](#)]
89. Liu, Y.-Y.; Wang, Y.; Walsh, T.R.; Yi, L.-X.; Zhang, R.; Spencer, J.; Doi, Y.; Tian, G.; Dong, B.; Huang, X. Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China: A microbiological and molecular biological study. *Lancet Infect. Dis.* 2016, 16, 161–168. [[CrossRef](#)]
90. Skov, R.L.; Monnet, D.L. Plasmid-mediated colistin resistance (mcr-1 gene): Three months later, the story unfolds. *Eurosurveillance* 2016, 21, 30155. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
91. Rice, L.B. Federal Funding for the Study of Antimicrobial Resistance in Nosocomial Pathogens: No ESKAPE. *J. Infect. Dis.* 2008, 197, 1079–1081. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
92. Roca, I.; Akova, M.; Baquero, F.; Carlet, J.; Cavalieri, M.; Coenen, S.; Cohen, J.; Findlay, D.; Gyssens, I.; Heure, O.E. The global threat of antimicrobial resistance: Science for intervention. *New Microbes New Infect.* 2015, 6, 22–29. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
93. Hoagland, D.T.; Liu, J.; Lee, R.B.; Lee, R.E. New agents for the treatment of drug-resistant *Mycobacterium tuberculosis*. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 2016, 102, 55–72. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
94. Zaman, S.B.; Hussain, M.A.; Nye, R.; Mehta, V.; Mamun, K.T.; Hossain, N. A review on antibiotic resistance: Alarm bells are ringing. *Cureus* 2017, 9. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
95. Qin, S.; Cheng, L.; Selorm, A.L.; Yuan, F. An Overview of Ozone Research. *J. Adv. Oxid. Technol.* 2018, 21, 297–302. [[CrossRef](#)]
96. Feng, L.; Zhang, K.; Gao, M.; Shi, C.; Ge, C.; Qu, D.; Zhu, J.; Shi, Y.; Han, J. Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* by Aqueous Ozone. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2018, 28, 1233–1246. [[PubMed](#)]
97. NULL Franzini: “L’ozono pu sconfiggere i Superbatteri”; ZENIT Italia: San Cesario sul Panaro, Italy, 2016.
98. Wolf, C.; von Gunten, U.; Kohn, T. Virus inactivation by ozone: Kinetics and influence of water quality parameters. In *Proceedings of the IWA International Symposium on Health-Related Water Microbiology*, Chapel Hill, NC, USA, 15–19 May 2017.
99. Marcelino, R.B.; Leão, M.M.; Lago, R.M.; Amorim, C.C. Multistage ozone and biological treatment system for real wastewater containing antibiotics. *J. Environ. Manag.* 2017, 195, 110–116. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

100. Sacco, G.; Campus, G. The treatment of periodontal disease using local oxygen-ozone. *Ozone Ther.* 2017, 1, 45–52. [CrossRef]
101. Godfray, H.C.J.; Beddington, J.R.; Crute, I.R.; Haddad, L.; Lawrence, D.; Muir, J.F.; Pretty, J.; Robinson, S.;
102. Thomas, S.M.; Toulmin, C. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 2010, 327, 812–818.
103. [CrossRef] [PubMed]
104. 102. Winter, C.K.; Davis, S.F. Organic foods. *J. Food Sci.* 2006, 71, R117–R124. [CrossRef]
105. Mann, R.M.; Hyne, R.V.; Choung, C.B.; Wilson, S.P. Amphibians and agricultural chemicals: Review of the risks in a complex environment. *Environ. Pollut.* 2009, 157, 2903–2927. [CrossRef]
106. Weil, C.S.; McCollister, D.D. Safety evaluation of chemicals, relationship between short-and long-term feeding studies in designing an effective toxicity test. *J. Agric. Food Chem.* 1963, 11, 486–491. [CrossRef] Ecobichon, D.J. Pesticide use in developing countries. *Toxicology* 2001, 160, 27–33. [CrossRef]
107. Pope, C.N. Organophosphorus pesticides: Do they all have the same mechanism of toxicity? *J. Toxicol.*
108. *Environ. Health B Crit. Rev.* 1999, 2, 161–181. [CrossRef] [PubMed]
109. Vozmilov, A.G.; Ilimbetov, R.Y.; Astafev, D.V. The usage of ozone in agriculture technological processes. In Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Chelyabinsk, Russia, 19–20 May 2016; pp. 1–4.
110. Nürnberger, T.; Brunner, F. Innate immunity in plants and animals: Emerging parallels between the recognition of general elicitors and pathogen-associated molecular patterns. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2002, 5, 318–324. [CrossRef]
111. Nicol, J.M.; Turner, S.J.; Coyne, D.L.; Den Nijs, L.; Hockland, S.; Maafi, Z.T. Current nematode threats to world agriculture. In *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2011; pp. 21–43.
112. Msayleb, N.; Ibrahim, S. Treatment of nematodes with ozone gas: A sustainable alternative to nematicides. *Phys. Procedia* 2011, 21, 187–192. [CrossRef]
113. Margni, M.; Rossier, D.; Crettaz, P.; Jolliet, O. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2002, 93, 379–392. [CrossRef]
114. Lozowicka, B.; Jankowska, M.; Hryenko, I.; Kaczynski, P. Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. *Environ. Monit. Assess.* 2016, 188, 51. [CrossRef]
115. Khadre, M.A.; Yousef, A.E.; Kim, J.-G. Microbiological aspects of ozone applications in food: A review. *J. Food Sci.* 2001, 66, 1242–1252. [CrossRef]
116. Sopher, C.D.; Graham, D.M.; Rice, R.G.; Strasser, J.H. Studies on the use of ozone in production agriculture and food processing. In Proceedings of the International Ozone Association, Pan American Group, Raleigh-Durham, NC, USA, 18–22 May 2002; pp. 1–15.

117. Tai, P.L. Ozone Injection System for a Livestock Building. U.S. Patent US5983834A, 16 November 1999.
118. Mallakian, S.; Rezanezhad, R.; Jalali, M.; Ghobadi, F. The effect of ozone gas on destruction and detoxification of aflatoxin. *Agric. Eng. Lett.* 2017, 1, 9–16. Correa, R. Method for Improving Conditions in a Poultry Grow out Facility Prior to Placing Chicks by Means of Ozone. U.S. Patent US20160015846A1, 21 January 2016.
119. Elliott, K.A.; Kenny, C.; Madan, J. A Global Treaty to Reduce Antimicrobial Use in Livestock; Center for Global Development: Washington, DC, USA, 2017.
120. Yanqiu, L.; Dongfeng, H.; Xingang, Y.; Xuejun, Y.; Liangxing, B.; Yong, X.; Meili, W.; Guodong, X.; Yongfu, Z.; Chunmei, L. Ozone Disinfection Test in Chicken House. *Anim. Husb. Feed Sci.* 2018, 10, 97–98.
121. Wolf, C.; von Gunten, U.; Kohn, T. Inactivation of enteric viruses by ozone. In *Proceedings of the Gordon Research Seminar, Environmental Sciences Water: Opportunities for Aquatic Sciences to Impact a Changing World*, Holderness, NH, USA, 22–27 June 2016.
122. Biswas, S.K.; Jana, C.; Chand, K.; Rehman, W.; Mondal, B. Detection of fowl poxvirus integrated with reticuloendotheliosis virus sequences from an outbreak in backyard chickens in India. *Vet. Ital.* 2011, 47, 147–153. [PubMed]
123. Tothill, I.E.; Turner, A.P.F. New developments and opportunities in the diagnosis of livestock diseases. *Livest. Dis. Diagn.* 1998, 21, 79–94.
124. Powell, A.; Chingombe, P.; Lupatsch, I.; Shields, R.J.; Lloyd, R. The effect of ozone on water quality and survival of turbot (*Psetta maxima*) maintained in a recirculating aquaculture system. *Aquac. Eng.* 2015, 64, 20–24. [CrossRef]
125. Guzel-Seydim, Z.B.; Greene, A.K.; Seydim, A.C. Use of ozone in the food industry. *LWT-Food Sci. Technol.* 2004, 37, 453–460. [CrossRef]
126. Burger, M.R. Air Purification Electrostatic Charcoal Filter and Method. U.S. Patent US4244710A, 13 January 1981.
127. Pichat, P.; Disdier, J.; Hoang-Van, C.; Mas, D.; Goutailler, G.; Gaysse, C. Purification/deodorization of indoor air and gaseous effluents by TiO₂ photocatalysis. *Catal. Today* 2000, 63, 363–369. [CrossRef]
128. Babando, P. Ozone therapy in dentistry: Clinical experiences. *Ozone Ther.* 2017, 2. [CrossRef]
129. Almeida, A.; Cunha, .; Gomes, N.; Alves, E.; Costa, L.; Faustino, M.A. Phage therapy and photodynamic therapy: Low environmental impact approaches to inactivate microorganisms in fish farming plants. *Mar. Drugs* 2009, 7, 268–313. [CrossRef]
130. Forneris, G.; Bellardi, S.; Palmegiano, G.B.; Saroglia, M.; Sicuro, B.; Gasco, L.; Zoccarato, I. The use of ozone in trout hatchery to reduce saprolegniasis incidence. *Aquaculture* 2003, 221, 157–166. [CrossRef]
131. Crisinel, P.; Prost, L.; Bon, L. Method for Improving Conditions in Closed Circuit Fish Farming. U.S. Patent US6722314B1, 20 April 2004.
132. Liltved, H.; Hektoen, H.; Efraimsen, H. Inactivation of bacterial and viral fish pathogens by ozonation or UV irradiation in water of different salinity. *Aquac. Eng.* 1995, 14, 107–122. [CrossRef]

133. Powell, A.; Scolding, J.W. Direct application of ozone in aquaculture systems. *Rev. Aquac.* 2018, 10, 424–438. [CrossRef]
134. DJurić c, D.; Valpoti c, H.; Samardžija, M. Prophylaxis and therapeutic potential of ozone in buiatrics: Current knowledge. *Anim. Reprod. Sci.* 2015, 159, 1–7. [CrossRef] [PubMed]
135. zlem Enginler, S.; Sabuncu, A.; Ba saran Kahraman, B.; Ko ak, .; Yıldar, E.; Güzel, . Comparison of intramammary ozone administration doses in dairy cows with clinical mastitis. *Acta Sci. Vet.* 2015, 43, 1260.
136. Soares, C.; Weber, A.; Moecke, E.S.; Reiter, M.G.; Scussel, V.M.; De Souza, C.K. Use of Ozone Gas as a Green Control Alternative to Beetles *Alphitobius diaperinus* (Panzer) Infestation in Aviary Bed Utilized in the Poultry Industry. *Chem. Eng. Trans.* 2018, 64, 589–594.
137. Zargaran, M.; Fatahinia, M.; Mahmoudabadi, A.Z. The efficacy of gaseous ozone against different forms of *Candida albicans*. *Curr. Med. Mycol.* 2017, 3, 26. [CrossRef] [PubMed]
138. Rajabi, O.; Sazgarnia, A.; Abbasi, F.; Layegh, P. The activity of ozonated olive oil against *Leishmania major* promastigotes. *Iran. J. Basic Med. Sci.* 2015, 18, 915.
139. Caplan, J.A. Therapeutic ozone agent and treatment. 2018. Available online: <http://www.freepatentsonline.com/y2016/0175353.html> (accessed on 3 October 2018).
140. Remondino, M.; Valdenassi, L.; Franzini, M. Pharmacoeconomic analysis of ozone therapy supported by agent based process simulation and data mining. *Ozone Ther.* 2018, 3. [CrossRef]
141. Remondino, M.; Franzini, M. Pharmacoeconomics as a Management and Financial Strategy in Healthcare and Simulation as a Decision Making Tool for it: The Case of Ozone Therapy. *Int. J. Simul. Syst. Sci. Technol.* 2018, 19, 28.1–28.10. [CrossRef]
142. Carroll, A.B. The pyramid of corporate social responsibility: Toward the moral management of organizational stakeholders. *Bus. Horiz.* 1991, 34, 39–48. [CrossRef]
143. 142. Khan, M.; Majid, A.; Yasir, M.; Arshad, M. Corporate social responsibility and corporate reputation: A case of cement industry in Pakistan. *Interdiscip. J. Contemp. Res. Bus.* 2013, 5, 843–857.