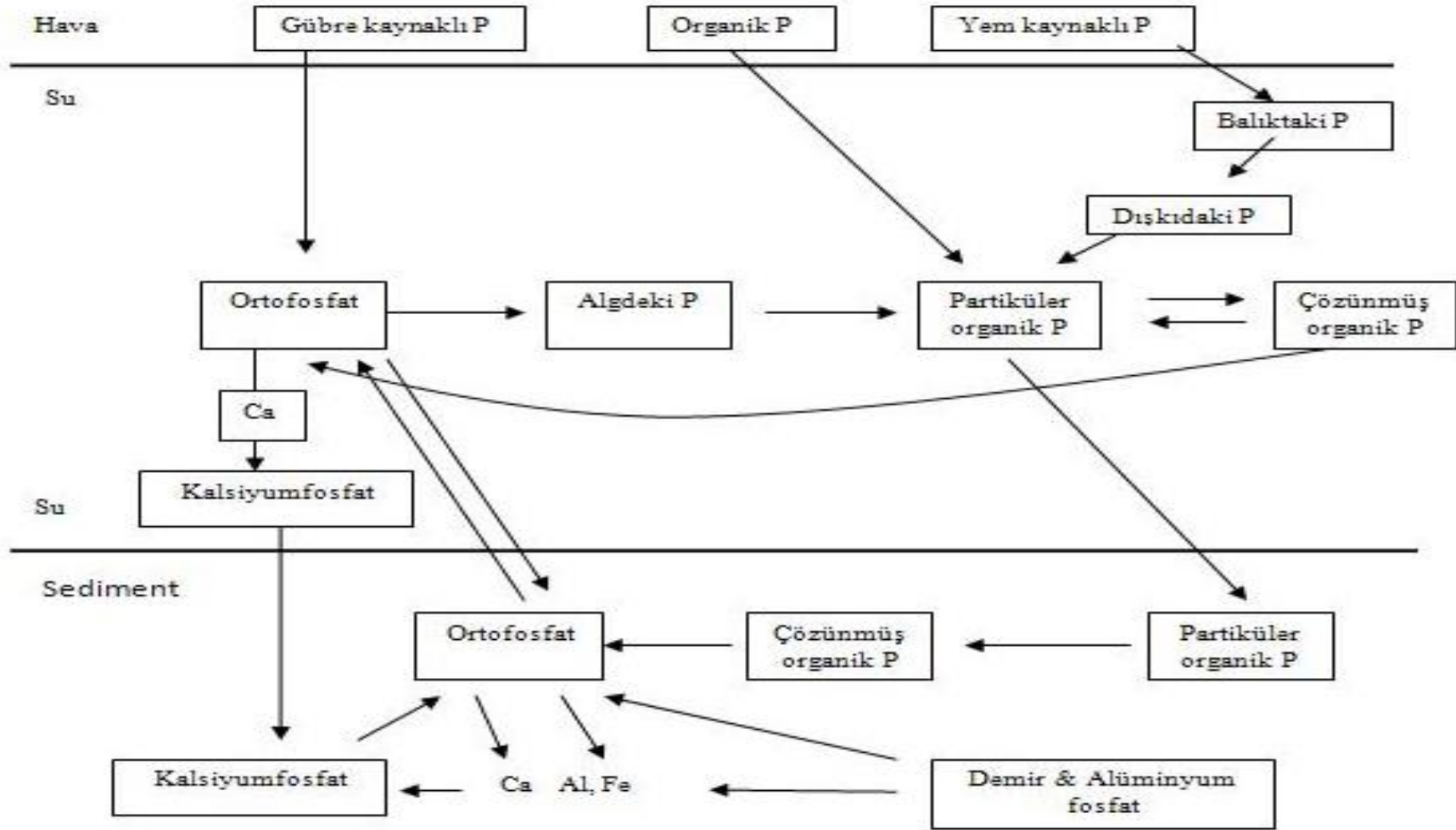


- Fosfor

- Doğal sularda fosfor, inorganik ve organik fosfatlar (PO_4) halinde bulunur. Fosfor, canlı protoplazmanın yaklaşık % 2'sini oluşturduğundan yetersizliğinde, özellikle fotosentezle üretim yapan ototrof canlıların dolayısıyla heterotrof canlıların büyümesi sınırlanır. Fosfor suda pek çok formda bulunur. Organik fosfor canlı organizmalar ve onların partiküler artıklarından köken alırken, çözünmüş fosfor; inorganik ortofosfat (H_2PO_4^- veya HPO_4^{2-}) ve çözünmüş organik madde ile birleşmiş fosforu kapsar. Ayrıca askıdaki mineral toprak partikülleri de fosfor içerir. Partiküler fosfor havuz tabanına çöker ve sedimentin bir parçası haline gelir. Ortofosfat suda kalsiyum fosfat olarak çöker; asidik sedimentte demir ve alüminyum bileşikleri tarafından kuvvetli bir şekilde absorbe edilir.
- Havuzlarda balık yetiştiriciliğinde yüksek toplam fosfor konsantrasyonları; aşırı stoklama ve yemleme oranlarında, yoğun fitoplankton patlaması durumunda, askıda katı madde miktarının fazla olduğu havuzlarda, yoğun fosfatlı gübre uygulamalarını izleyen dönemlerde ve işletme suyu ötrofik düzeyde ise tespit edilir.

- Toplam fosfor düzeyleri gün içerisinde pH, çözünmüş oksijen ve diğer su kalite özelliklerine göre değişim göstermez. Bununla birlikte gübrelemeyi takiben bir değişim söz konusu olabilir ve bu değişim birkaç gün içerisinde ortaya çıkabilen fitoplankton yoğunluğundaki veya askıda katı madde konsantrasyonundaki değişimlerle karakterize edilir (Boyd 2001b).
- Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemler genellikle % 1,0-1,5 fosfor içerir. Yemdeki fosforun büyük kısmı organik kombinasyonludur ancak bazı yemler kalsiyum fosfatla desteklenir. Yemdeki fosforun kabaca % 25'i hasat edilen su ürünleri biyomasından sağlanır, kalan kısmı ise tüketilmeyen yemler, mikrobiyal dekompozisyona uğramış dışkı, fosfat salınımı ya da yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinin metabolik atıklarından oluşur. Fosfat iyonları fitoplankton tarafından hızlı bir şekilde absorbe edilir. Havuzlarda gübrelemeyi takiben uygulanan fosforun büyük bir kısmı fitoplankton hücreleri tarafından birkaç saat içerisinde kullanılır. Ancak fitoplanktonun bir-iki haftalık kısa yaşam süresinden dolayı ölümü sonrası hücredeki fosfor kısa sürede çözülmüş fosfata mineralize olur. Fitoplankton tarafından kullanılmayan fosfat iyonları hızlı bir şekilde taban toprağı tarafından absorbe olur (Boyd 2007c). Şekil 2.15'te su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda fosfor döngüsü gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda fosfor döngüsü (Boyd and Tucker 1998)

- Hidrojen sülfür

- Hidrojen sülfür, içinde kükürt bulunan organik moleküllerin oksijensiz koşullarda heterotrof bakterilerce parçalanması sonucu meydana gelir. Ayrıca sülfat ve sülfid gibi inorganik bileşiklerin oksijensiz şartlarda heterotrof bakterilerce parçalanması sonucu da oluşabilir (Tanyolaç 2009).
- Çürük yumurta kokusundaki hidrojen sülfür gazı (H_2S) balıklar için çok zehirlidir. Oksijence fakir ve organik madde birikimi olan havuz tabanı uygun koşullarda hidrojen sülfürü serbest bırakabilir. Yoğun besleme yapılan ağ kafeslerin tabanında tüketilmeyerek biriken yemler ve balık dışkıları da oksijen eksikliğinde hidrojen sülfür gazı oluşumunu körükler (Buttner et al. 1993). Hidrojen sülfürün zehir etkisi pH'ya bağlı olarak değişir. Asidik karakterde bir gaz olan H_2S bazik ortamda nötralize edilir; pH değeri arttıkça H_2S 'in zehirliliği azalır (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8. Suda farklı pH ve sıcaklık değerlerinde iyonize olmamış hidrojen sülfürün yüzdesi (Lawson 1995)

pH	Sıcaklık (°C)				
	16	20	24	28	32
5,0	99,3	99,2	99,1	98,9	98,9
5,5	97,7	97,4	97,1	96,7	96,3
6,0	93,2	92,3	91,4	90,3	89,1
6,5	81,2	80,2	77,0	74,6	72,1
7,0	57,7	54,6	51,4	48,2	45,0
7,5	30,1	27,5	25,0	22,7	20,6
8,0	12,0	10,7	8,8	8,0	7,6
8,5	4,1	3,7	3,2	2,9	2,5
9,0	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8

- Su ürünleri yetiştiriciliğinde hidrojen sülfürün en belirgin olumsuz etkisi akut oksijen eksikliğine yol açmasıdır (hypoxia). İyonize olmamış hidrojen sülfür (H_2S) düşük konsantrasyonlarda bile balık ve omurgasızlar için zehirlidir; 0,05 mg/L'ye maruz bırakılan pek çok balık türünün öldüğü 0,01 mg/L'den düşük konsantrasyonlarda ise üremenin engellendiği bildirilmiştir (Lawson 1995).

- - **Demir**

- Demir klorofil sentezi için esas bir element olup hemoproteinler ile balık ve diğer omurgalılarda kanın oksijen taşıma kapasitesini artıran hemoglobinin bir bileşenidir. Mikroorganizmaların gelişmesinde ve çoğalmasında gerekli birkaç eser elementten biri olan demir, sucul ortamlarda çoğunlukla ferröz (Fe^{+2}) ve ferrik (Fe^{+3}) iyon durumunda bulunur.
- Su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli su kalite özelliklerinden biri olan demire sucul bitki ve hayvansal organizmalar düşük düzeyde de olsa gereksinim duyar. Acı su veya deniz suyunda fitoplankton gelişimini artırmada yaklaşık ‰ 05 oranında demir içeren gübrelerin kullanımı önerilir. Ferröz sülfat ve ferröz oksit formundaki mineraller, gübreler için daha ucuz kaynaklar iken şelatlı demir bileşikleri demirin çözünürlüğü ve gübrenin etkinliğini artırmak için kullanılır. Havuzlarda taban çamuru ve sedimentteki demir minerallerinin çözünürlüğü pH azaldıkça artar. Toplam çözünür demir konsantrasyonları, asidik çamur, sediment ve sularda, nötr veya alkali özellik taşıyanlara göre daha yüksek düzeyde bulunur (Boyd 2008a).
- Yeraltı sularında yüksek miktarda bulunan çözünmüş demir, oksijenle reaksiyona girdiğinde çözünmeyen kırmızı bir çökelti meydana getirir. Demir bileşikleri balıkların solungaçları üzerinde çökerek solungaçların tıkanmasına ve balığın ölümüne neden olur (Buttner et al. 1993).

- Ağır metaller

- Denizel ortamlara giren ya da bu ortamlarda bulunan ağır metaller hem doğal hem de yapay orijinlidir. Ağır metallerin denizel ortamlardaki konsantrasyonları; deniz dibindeki volkanik hareketler, atmosferik taşınım, nehirler veya erozyon gibi doğal kaynaklardan veya madenciliğin, arıtma ve rafine sistemlerinin hızlı artışı, fosil yakıtların aşırı tüketimi, metal ürünlerinin tarımda kullanımı (arsenikli pestisitler gibi) yolu ile yapay kaynaklardan oluşur (Topçuoğlu 2005).

- Ağır metaller, balıklar tarafından solunum yoluyla (solungaç ve deri yüzeyi), vücut yüzeyine tutunma (adsorbsiyon) veya besin yoluyla alınabilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde potansiyel zehirli etkileri nedeniyle önem taşıyan ağır metallerin alınması ve organizmada birikimini; ortama giren metal miktarındaki değişiklik, organizmanın durumu ve organizmanın içinde bulunduğu su ortamının fiziksel ve kimyasal özellikleri (sıcaklık, tuzluluk, pH, çözünmüş oksijen) etkiler. Besin zincirinde biyolojik olarak birikime uğrayan ağır metalleri yüksek düzeyde içeren su ürünleri tüketildiğinde, insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Ağır metallerden civa, kurşun, bakır, krom ve kadmiyum çok düşük konsantrasyonlarda bile sucul organizmalarda zehir etkisi gösterir. Çizelge 2.9'da sucul yaşam açısından önemli bazı ağır metallerin zehirliliğine ilişkin güvenilir düzeyler ile 96 saatlik LC 50 değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.9. Sucul yaşam açısından önemli bazı metallerin zehirliliği (Lawson 1995)

Metal	96 saat LC 50 (µg/L)	Sınır değerler (µg/L)
Kadmiyum	80-420	10
Krom	2000-20000	100
Bakır	300-1000	25
Kurşun	1000-40000	100
Civa	10-40	0,10
Çinko	1000-10000	100

Su ürünleri yetiştiricilik havuzlarında ağır metal zehirliliği ile ilgili en yaygın sorun, bakır sülfatın veya diğer bakır bazlı kimyasalların havuzlarda alg kontrolü ve dış kaynaklı parazitlerin tedavisinde kullanımından kaynaklanır (Boyd and Tucker 1998).

- Biyolojik özellikler

- Suyun biyolojik özelliklerini aldığı kaynağa bağlı olarak bakteri, virüs, parazit gibi mikroskobik canlılar oluşturur. Yerleşim ve sanayi bölgelerine yakın sular ile kanalizasyon sisteminin bozuk olduğu bölgelerdeki suların su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılması, balıklar ile bunları tüketen insan sağlığını doğrudan ve olumsuz yönde etkiler.
- Su kalitesi açısından olumsuz bir diğer durum ise deniz ya da tatlı su ortamlarında yaşayan tek hücreli mikroalglerin suyun rengini, tadını ve kokusunu değiştirecek derecede aşırı üremeleridir. En önemli olumsuz etki, aşırı üremiş zehirli mikroalgin sudan besin olarak alınması ile başlar; örneğin midye veya istiridye besin tüketirken fazla miktarda suyu filtre ettiğinden, çok kısa bir sürede zehirli mikroalglerin vücutta birikimi ve insan ya da diğer tüketiciler için zehirli hale gelmesi söz konusudur. Bu nedenle iç organları temizlense de zehirli mikroalg aşırı üremesine maruz kalmış kabuklu ve deniz salyangozlarını yiyen balıkların tüketilmesi ile kuşların, memelilerin dolayısı ile insanların zehirlenmesi mümkündür (Koray 2005).

- Yoğun su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda fazla yem girdisi nedeniyle fitoplankton patlamalarına rastlanır. Fitoplankton yoğunluğundaki artış özellikle azot ve fosfor gibi besin elementlerinin bulunabilirliğine bağlıdır. Havuz sularında ışık geçirgenliğindeki farklılıklar fitoplankton yoğunluk ve kompozisyonundaki farklılıklardan kaynaklanır. Su ürünleri yetiştiricilik havuzları çeşitli fitoplankton türlerinin gelişimi için ideal koşulları sağlar. Yetiştiriciler tarafından tatlı su havuzları için yeşil algler arzu edilirken, karides yetiştiriciliği için acı su veya deniz suyu içeren havuzlarda diatomlar tercih edilir. Mavi-yeşil alg (*Cyanobacteria*) patlamaları, çözünmüş oksijen konsantrasyonunda geniş çaplı günlük dalgalanmalara neden olurken diğer alg veya yetiştiriciliği yapılan organizmalara zehirli olabilen kötü kokulu bileşikler de üretebilir (Boyd 2009).