

## Dinoflagellat Kistlerinin Deniz YüzeY Suyu Hidrografik Koşulları İle İlişkisi ve İndikatör Olarak Kullanımı\*

Serdar UZAR\*\*, Hilal AYDIN

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Manisa.

\*\* Sorumlu Yazar: [uzarserdar@yahoo.com.tr](mailto:uzarserdar@yahoo.com.tr)

**Derleme**

Geliş 06 Temmuz 2018; Kabul 13 Ağustos 2018; Basım 01 Mart 2019.

**Alıntılama:** Uzar, S., & Aydın, H.. (2019). Dinoflagellat kistlerinin deniz yüzeY suyu hidrografik koşulları ile ilişkisi ve indikatör olarak kullanımı. *Acta Aequatica Turcica*, 15(1), 99-107.

### Özet

Dinoflagellatlar türden türe değişimle birlikte farklı hayat döngüleri barındırmaktadır. Dinoflagellatlardan bazıları hayat döngülerinde kalıcı kistler olarak adlandırılan yaşam formları üretirler. Kalıcı kistler güçlü duvar yapısı ve sediment tabakaları arasında uzun süre korunmasından dolayı önemlidir ve bu kistler hücrelerin gelecek popülasyonları oluşturmasını sağlar. Dinoflagellat kistleri denizel ortamlarla ilgili kalıcı ve kullanıcı bilgiler içermektedir. Bu yüzden dinoflagellat kistleri son yıllarda sıklıkla yüzeY suyu koşullarını yansıtan birer araç olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı kistlerin deniz yüzeY suyu ile olan ilişkilerininin geçmiş jeolojik devirler ve güncel verilerle derlenerek değerlendirilmesidir.

*Anahtar kelimeler:* dinoflagellat, fitoplankton, indikatör, kalıcı kist, sediment

### Dinoflagellate Cysts Relationship with Sea Surface Water Hydrographic Conditions and their Use as Indicator

#### Abstract

Dinoflagellates have different life cycle depend on species diversity. Some dinoflagellates can produce a living form called resting cysts in their life cycle. Resting cysts are important due to their strong cyst wall and long time preservation between sediment layers, and the cysts bring some new populations. The dinoflagellate resting cysts reserve some permanent and useful information. Therefore, recently dinoflagellate cysts have been used as a tool which present sea surface conditions. Aim of this study is to evaluate and review dinoflagellate cysts and their relationship with sea surface condition with past geological ages and recent data.

*Keywords:* dinoflagellate, phytoplankton, indicator, resting cyst, sediment

\*Bu derleme doktora tezinden özetlenmiştir.

## GİRİŞ

Yaşayan dinoflagellat türlerinin yaklaşık %10'u hayat döngülerinin bir parçası olan dayanıklı-kalıcı kist (resting kist) oluşturur. Kist oluşumunda çevresel faktörlerin önemli rol oynadığı bilinmekle beraber, kalitatif ve kantitatif olarak tür kompozisyonu farklı bulgularla değerlendirilmektedir. Bunlar; deniz seviyesi değişimleri, biyocoğrafya, deniz yüzeY koşulları (sıcaklık, tuzluluk, nutrient ve birincil üretim) ve taşınımıdır (de Vernal ve Marret, 2007). Ayrıca olumsuz sıcaklık, nutrient ve oksijensiz koşullar (anoksik) ile karanlık ortam türlerin kist formları sayesinde hayatta kalmasına yardımcı olurken, kistler; türlerin otlama ve parazit ataklarından da korunmalarını sağlamaktadır (Bravo ve Figueroa, 2014).

Dinoflagellat kistleri paleontolojik çalışmalarla keşfedilmiş ve güncel sedimentte de dinoflagellat kistlerine rastlanmasıyla kistlerin dağılım ve bolluğu konusunda çalışmaların daha popüler hale gelmesine katkıda bulunmuştur. Dünyada dinoflagellat kist türlerinin dağılımını etkileyen faktörler ayrıntılı bir biçimde incelenmiş ve yapılan çalışmalar ilk olarak Marret ve Zonneveld (2003) tarafından derlenerek kist türlerinin dağılım ve bolluğu bir atlas şeklinde düzenlenmiştir. Zonneveld vd. (2013) daha önce derlenmiş olan atlası daha da geliştirerek dünya denizlerinde 2045 örnekleme noktasında türlerin dağılımlarını incelemişler ve türlerin ekolojik valanslarını değerlendirmişlerdir.

Dünya denizlerinde büyük önem kazanan dinoflagellat kist çalışmaları Türkiye denizlerinde de giderek önemli bir yer almaktadır. Türkiye denizlerinde farklı araştırmacılar tarafından farklı bölgelerde yapılan bu çalışmalar Uzar vd. (2018) tarafından derlenerek ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bugün, dünya denizlerinde ve Türkiye’de dinoflagellat kist farklı amaçlarla çalışılmaktadır ve kist çalışmaları gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada dinoflagellat kistlerinin deniz yüzey suyu hidrografik koşulları ile ilişkisi ve küresel çalışmalarda indikatör olarak kullanılması hakkındaki bilgiler özetlenerek dünya denizlerinin farklı bölgelerinde yapılan araştırmalar derlenmiştir.

### **Dinoflagellat Kist Toplulukları ve Deniz Yüzey Koşulları Arasındaki İlişki**

Dinoflagellat kist çalışmaları paleontologlar, jeologlar, iklim bilimciler ve biyologlar tarafından farklı yöntem ve amaçlarla araştırılmaktadır. Özellikle küresel ölçekte türlerin dağılımı ve iklimsel değişimlerin etkisi, türlerin zamansal ve uzaysal varlık ve bolluğu, türlerin hayat döngüsü ve dinamikleri (örneğin kültür ortamlarında kist-vejetatif evre dönüşüm çalışmaları) araştırma konuları arasında popüler başlıklardır. Dinoflagellat kistlerinin dağılımını etkileyen çevresel faktörler ve kist türlerinin indikatör olarak değerlendirildiği çalışmalar detaylı olarak bildirilmiştir.

### **Bölgesel Dağılım**

Yapılan çalışmalar dinoflagellat kist toplulukları kompozisyonunun ve orantısal bolluğunun deniz seviyesi, kıyısız veya açık deniz bölgesi ve kıtasal yapıya göre değiştiğini göstermiştir. Örneğin yapılan bir çalışma kistlerin iç neritik, dış neritik ve açık deniz bölgesi olarak oluşturduğu biyocoğrafik zonasyona göre ayrıldığı tespit edilmiştir (Wall vd., 1977). McMinn (1992) Güneybatı Avustralya kıta sahanlığı ile yamacında yeni ve eski sediment örneklerinde kıta sahanlığındaki modern sedimentte *Protoperidinium* spp. kistlerini baskın olarak gözlemlerken, daha açıktaki istasyonlar ve kıta yamacı istasyonlarında *Impagidinium* spp. ve *Nematosphaeropsis* spp. kistlerini belirgin oranda tespit etmiştir.

Verleye ve Louwye (2010) güneydoğu Pasifik Okyanusu’nda dinoflagellat kist tür topluluklarının açık deniz ve kıyısız bölgelere göre farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışmada, açık deniz bölgelerindeki istasyonlarda kist konsantrasyonu daha düşük ve kıyısız bölgelerdeki istasyonlarda kist konsantrasyonları daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Kawamura (2004) Güney Çin Denizi kıta sahanlığındaki kist topluluklarının Gonyaulacoid türler (*Spiniferites* spp., *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre & Cookson) Wall 1967, *Operculodinium israelianum* (M. Rossignol) Wall 1967) ile baskın olduğunu, kıta yamacında ise kist topluluklarının Protoperidinoide türler ile baskın olduğunu tespit etmiştir. Holzwarth vd. (2007) Benguela Upwelling bölgesinde yaptıkları çalışmada yüzey sıcaklık, tuzluluk, nutrientler ve klorofil-a değerlerinin neritik ve ozeanik bölgeler olarak iki ana kısım oluşturduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada Holzwarth vd. (2007) yüksek heterotrofik kist bolluğunu, düşük tuzluluk ve yüksek klorofil-a konsantrasyonunun gözlemlendiği neritik bölgelerde tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada ototrofik kist bolluğunun *O. centrocarpum* kist baskınlığına bağlı olarak yüzey suyu sıcaklığının, tuzluluğunun ve klorofil-a değerlerinin daha az değiştiği ozeanik alanlarda dağıldığı saptanmıştır.

### **Deniz Yüzey Sıcaklığı ve Mevsimsel Değişimler**

Yüzey suyu sıcaklığı dinoflagellat kist dağılımını etkileyen önemli diğer bir faktör olarak bilinmektedir. Dinoflagellat kistleri kutuplardan tropik bölgelere kadar geniş denizel sedimentte bulunmuştur. Kist bolluğu Arktik ve kutup altı denizlerinde yüksek oranda bulunmasına rağmen, kist çeşitliliğinin tropik bölgelerden kutuplara doğru gidildikçe azaldığı gözlemlenmiştir (de Vernal ve Marret, 2007). Bununla birlikte sıcaklığın tür topluluklarının oluşmasında ve kist türlerinin dağılımda etkisi olduğu çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur. Örneğin Kunz-Pirrung (2001) Laptev Denizi’nde (Arktik Okyanusu) kist yoğunluğunu düşük seviyelerde ve soğuk kist türü *Islandinium minutum* (R. Harland & Reid) M. J. Head, R. Harland & J. Matthiessen 2001 ve diğer morfotiplerini baskın olarak bulmuştur. Çalışmada, Polykrikoid kistlerin kutup çevre koşulları için indikatör olabileceği bildirilmiştir. Bölgede özellikle yaz mevsiminde tatlısu girişlerinin yüzey suyunu etkilediği ve kistlerin varlığı ile dağılımında ana etken olduğu rapor edilmiştir. Benzer olarak bir başka çalışmada Kanada

Arktik Bölgesi dinoflagellat kistlerinin dağılımında Gonyaulacoid ve Protoperidinoid tür oranlarının buzla kaplı yüzey suyu arttıkça azaldığı saptanmıştır (Mudie ve Rochon, 2001). İrlanda ve Kelt Denizi'nde yapılan bir başka araştırmada karışmış su bölgesindeki kistlerin düşük konsantrasyon ve yüksek *Lingulodinium machaerophorum* (Deflandre & Cookson) D. Wall 1967 oranı ile karakterize, tabakalı suların *Spiniferites ramosus* (Ehrenberg) Mantell 1854, *O. centrocarpum*, *Brigantedinium* spp., *Polykrikos schwartzii* Bütschli 1873, *Selenopemphix quanta* (M. R. Bradford) Matsuoka 1985 türleri ile baskın olduğu bildirilmiştir (Marret ve Sourse, 2002). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar kistlerin mevsimsel tabakalaşma gösteren bölgeler için iyi bir indikatör olabileceğini göstermiştir. Marret ve de Vernal (1997) Güney Hint Okyanusu'nda sıcaklık ile tuzluluğun kist topluluklarının oluşumunda etkili olduğunu ve türlerin Antarktik, subantarktik, subtropik (neritik ve açık bölge) olmak üzere farklı topluluklardan oluştuğunu istatistiksel olarak belirlemişlerdir. Peña-Manjarrez vd. (2005) Todos Santos Körfezi'nde yaptıkları bir çalışmada, kist dağılımında ılık ve soğuk-ılık türlerin çoğunlukla Gonyaulacoid ve Protoperidinoid türlere ait olduğunu bildirmişlerdir. Sıcaklıkların ani değişmesi kist oluşumunda doğrudan etkin bir faktör olduğu gibi türlerin kist formlarından vejetatif forma dönmesi içinde önemlidir. Dinoflagellat türlerinin özellikle bahar ve yaz mevsiminde sıcaklık artışına bağlı olarak sayıca çoğaldıkları ve fitoplankton kompozisyonunda bu dönemlerde baskın oldukları bilinmektedir. Örneğin Godhe ve McQuid (2003) İsveç kıyısallıklarında yaptıkları çalışmada yaz dönemi yüzey suyu sıcaklık değerlerinin özellikle ototrofik kist bolluğu ile bağlantılı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yüksek sıcaklık metabolizmaya doğrudan etkisi olduğu gibi dinoflagellat gelişiminde de önemli bir etkiye sahiptir.

### Deniz Yüzey Suyu Tuzluluğu

Dinoflagellat kistlerinin dağılımını etkileyen diğer bir önemli faktör yüzey suyu tuzluluğudur. Örneğin Karadeniz, Aral ve Hazar Denizi'nde endemik olan *Spiniferites cruciformis* Wall & Dale in Wall et al. 1973 kist türünün dağılımında deniz suyu tuzluluğunun etkin olduğu ve bu türün Karadeniz gibi az tuzlu veya acı su özelliği gösteren denizler ve nehir ağzı bölgelerde daha yoğun olduğu bildirilmiştir (Marret ve Zonneveld, 2003; Zonneveld vd., 2013). Nehir ağzı ve lagüner alanlar gibi kıyısallıklarda dinoflagellat kistlerinin dağılımının yüzey suyu tuzluluk ve sıcaklığından etkilendiği (Pospelova vd., 2004), geniş tuzluluk aralıklarına sahip ve yüksek tuzlu lagün alanlardaki kist türlerin dağılımlarının farklılık gösterebileceği de rapor edilmiştir (Aydın vd., 2014). Akdeniz'de 3 farklı lagünde yapılan dinoflagellat kist çalışmasında farklı lagüner bölgelerde tür topluluklarının farklılık gösterdiği saptanmış ve türlerin lagüner bölgelerdeki dağılımında özellikle tuzluluğun belirleyici olduğu vurgulanmıştır (Satta vd., 2014). Sıcaklık ve tuzluluğun sadece kist türlerinin dağılımına etki etmediği aynı zamanda kist türlerinin morfolojik özelliklerinden biri olan yüzey süslerinin bu iki abiyotik faktörden etkilendiği de rapor edilmiştir (Mertens vd., 2009; Verleye vd., 2012). Örneğin Türkiye denizlerinden de örneklerin yer aldığı bir çalışmada dünya denizlerinden toplanan örneklerde *L. machaerophorum* ve *O. centrocarpum* kistlerinin yüzey çıkıntılarının uzunluğu ve yüzey suyu tuzluluğu ile sıcaklığı arasındaki bağlantı araştırılmıştır (Mertens vd., 2009; Verleye vd., 2012). Mertens vd. (2009) yaptıkları çalışmada *L. machaerophorum* kistin yüzey çıkıntılarının uzunluğunun sıcaklıkla doğru ancak tuzluluk ile ters orantılı olarak değiştiğini belirlemişlerdir.

### Prodüktivite ve Upwelling İlişkisi

Dinoflagellatlar diğer fitoplanktonik organizmalarla birlikte birincil üretime büyük katkı sağlamakta ve deniz tabanındaki dinoflagellat kist toplulukları çoğunlukla yüzey suyundaki birincil üretim seviyesini yansıtmaktadır. Böylece farklı beslenme biçimlerine sahip dinoflagellat kistleri (ototrofik, heterotrofik ve miksotrofik) aynı zamanda sucül ekosistemlerde birincil üretimin seviyesi hakkında bilgi vermektedir. Örneğin Pasifik Okyanusu kıyılarındaki bazı alanlarda kist dağılımının düşük birincil üretim ve yüksek birincil üretim farkının görüldüğü açık ve kıyısallıklara göre değiştiği belirlenmiştir (Pospelova vd., 2008). Bringué vd. (2013) Kalifornia'da dinoflagellat kist topluluğunun heterotrofik türlerce baskın olduğunu, bu topluluğun birincil üretim ve yüzey suyu sıcaklığı için güvenilir bir indikatör olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca yoğun upwelling bölgelerinde *Brigantedinium* spp. kistlerinin, yüzey suyu sıcaklığının yüksek ve su tabakalaşmasının daha belirgin olduğu alanlarda ise *L. machaerophorum* kistlerinin baskın olduğu gözlenmiştir. Cho ve Matsuoka (2001) Sarı ve Doğu Çin Denizi yüzey sedimentinde Protoperidinoid kistlerin Gonyaulacoid

kistlere oranının ortamda artan birincil üretime gösterge olabileceğini rapor etmişlerdir. Radi vd. (2007) İngiliz Kolombiya'sı nehir ağzı bölgelerinde yaptıkları bir çalışmada, ototrofik kistlerin yoğun olduğu bölgelerin yüksek birincil üretim ve düşük yaz sıcaklığı ile karakterize olduğunu, heterotrofik kist konsantrasyonunun yüksek olduğu bölgelerin ise düşük birincil üretim, yüksek yaz sıcaklığı ve yüksek silikat değerleri ile karakterize olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Radi vd. (2007)'nin bu çalışmasında özellikle nehir ağzı bölgelerindeki dinoflagellat kist topluluklarının birincil üretimin farklı olduğu oseanik ve neritik bölgelere göre değiştiği, ancak heterotrofik tür konsantrasyonunun upwelling ve yüksek üretimle bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Görüldüğü üzere, upwelling bölgeleri kendilerine özel dinamik yapıları nedeniyle farklı kist türleriyle temsil edilmektedir. Bir başka çalışmada, Pasifik okyanusundaki kıyasal upwelling bölgelerinde heterotrofik kistlerin oranındaki artışa dikkat çekilmiştir (Pospelova vd., 2008). Sprangers vd. (2004) upwelling sisteminin olduğu Kuzeybatı İberia açıklarında *Impagidinium* spp. kistlerinin oligotrofik açık suları temsil ettiğini, heterotrofik *Protoperdinium* spp. kistlerinin ise özellikle mevsimsel upwelling alanlarında baskın olduğunu ve açık sulara doğru gidildikçe ani bir şekilde azaldığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada ötrofikasyon göstergesi *L. machaerophorum* türünün mevsimsel upwelling alanında baskın olduğu ve açık alanlara doğru gidildikçe azaldığı da rapor etmişlerdir. Ribeiro ve Amorim (2008) Kuzeydoğu Atlantik kıyılarında upwelling bölgesinin heterotrofik kistlerin ve *Gymnodinium catenatum* H. W. Graham 1943 kistlerinin yoğunluğu ile karakterize olduğunu rapor etmişlerdir.

### Nutrientler ve Nehir Ağzı Bölgelerde Kist Dağılımı

Birincil üretimle beraber fitoplankton gelişiminde önemli rol oynayan azot ve fosfor türevi besleyici elementlerin de kist oluşumunda ve dağılımında etkisi olduğu bilinmektedir (de Vernal ve Marret, 2007). Nutrientlerin varlığı fitoplankton ve dinoflagellat dağılımını etkileyen önemli faktörler olarak bilinmektedir ve ani nutrient değişimleri veya eksikliği türlerin kist oluşturarak hayatta kalabilmeleri için geliştirdiği bir stratejidir. Devillers ve de Vernal (2000) tarafından Kuzey Atlantik Okyanusu'nda nitrat konsantrasyonunun dinoflagellat kist topluluklarının dağılımında etkili olduğu istatistiksel olarak saptanmış, *Nematospaeropsis labyrinthea* (Ostenfeld) Reid 1974 türünün nutrientlerle pozitif bağlantısı olduğu ve ötrofikasyon göstergesi olduğu belirlenmiştir. Çalışmada bununla birlikte *Impagidinium* spp., *Spiniferites* spp. ve *L. machaerophorum* türlerinin oligotrofik alanlarda baskın olduğu gözlemlenmiştir. Bir başka çalışmada Batı Ekvatoryal Atlantik Okyanusu'nda organik duvarlı kist ve dağılımının nutrient etkisinde olduğu rapor edilmiştir (Vink vd., 2000). Manila Körfezi'nde (Filipinler) yapılan bir çalışmada *Pyrodinium bahamense* L. Plate 1906 kistlerinin azot, fosfor akışı ve total organik karbon içeriğiyle negatif ilişkide olduğu belirlenmesine rağmen, yüksek N:P oranı bulunan bölgelerde canlı *P. bahamense* kistlerinin yoğun olduğu rapor edilmiştir (Azanza vd., 2004). D'Silva vd. (2013) Visakhapatnam Limanı (Hindistan) yüzey sedimentinde yüksek nutrient konsantrasyonlarına sahip istasyonlarda *Protoperdinium reticulatum* (Claparède & Lachmann) Bütschli 1885 kistlerinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Heikkilä vd. (2014) Hudson Körfezi'nde kist dağılımının öncelikle nitrat varlığı ve vertikal tabakalaşma ile düzenlendiğini ancak Hudson Boğazı kist dağılımının nutrient ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir.

Nehirlerin denizlerle bağlandıkları bölgelerdeki fitoplankton türlerinin upwelling bölgelerindeki gibi farklı özelliklerde tür toplulukları oluşturdukları bilinmektedir. Dinoflagellat kistleri kullanılarak bu bölgelerin yapıları ve tür kompozisyonu hakkında çeşitli bilgiler edinilmeye çalışılmıştır. Candel vd. (2012) Beagl Kanalı (Güney Arjantina) yüzey sedimentinin nehirlerin sağladığı yüksek nutrient girdilerinin ve düşük tuzluluğun genellikle Protoperdinoid kistler ile karakterize olduğunu bildirmişlerdir. Ribeiro ve Amorim (2008) Kuzeydoğu Atlantik kıyılarında kist dağılımında nehir ağzı bölgelerinin kalkerli *Scrippsiella* spp. ve *L. machaerophorum* kistlerinin baskın oluşuyla karakterize olduğunu gözlemlemişlerdir. Zonneveld vd. (2009) Po Nehri ağzında *L. machaerophorum*, *P. kofoidii* E. Chatton 1914, *Echinidinium* spp., *S. quanta* ve *S. stellatum* (D. Wall) P. C. Reid 1977 türlerinin yüksek bolluğa sahip olduğunu, özellikle bu türlerin nehir ağzı bölgesi kist topluluğunu oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Elshanawany vd. (2010) Akdenizde çeşitli noktalara dökülen Nil, Po ve Rhone nehirleri ağzlarındaki toplulukların *Selenopemphix* spp., *Echinidinium* spp., *Q. concreta*, *Brigantidinium* spp. ve *L. machaerophorum* türleri ile karakterize olduğunu belirtmişlerdir. Wang vd. (2004a) Çin kıyasal sularında yaptıkları çalışmada *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III 1976 türünün en baskın ve yaygın kist tipi olarak dağılım göstermesine rağmen, Protoperdinoid grup

üyelerinin özellikle nehir ağzına yakın olan istasyonlarda baskın olduğunu ve çeşitlendiğini gözlemlemiştir.

### Kistlerin Ötrofikasyon ve Diğer Kirletici Faktörlerle İlişkisi

Denizlerde aşırı üremeye sebep olan türlerin büyük bir kısmını oluşturan dinoflagellat türleri ve onların kistleri ötrofikasyon ve endüstriyel kirliliğin etkilerini izlemede önemli bir yer edinmiştir. Su kolonunda meydana gelen değişimlerin sık aralıklarla izlenmesine bağlı zorluk ve imkânsızlıklar, denizel ortamda çalışan araştırmacıları sedimente yönelterek fitoplankton komünitesindeki değişimlerin izlenmesi ve türlerin tespiti açısından dinoflagellat kist çalışmalarının önemini artırmıştır. Böylece dinoflagellat kistleri biyoindikatör olarak kullanılmaya başlanmıştır (Joyce vd., 2005). Dünya denizlerinde dinoflagellat kistleri çevresel verilerin değerlendirilmesinde kullanılan güvenilir biyolojik veriler olarak değerlendirilir. Dinoflagellat kist çeşitliliği, konsantrasyonu ve bolluğu, heterotrofik ve ototrofik türler arasındaki oran, kirlilik etkilerini dinoflagellat kistleri yardımıyla yorumlamak isteyen araştırmacılar tarafından kullanılan verilerdir. Dale (2009) fosil yapıları ve dinoflagellat kistlerini içeren sedimentin geçmiş dönemlerdeki değişimlerinin anlaşılması açısından daha yararlı olabileceği görüşünü ortaya atmaktadır. Sediment içerisinde organik duvar yapısındaki dinoflagellat kistlerin korunması, diatomelerin sediment içerisinde daha zayıf şekilde bulunması ve görülmesinden dolayı dinoflagellat kistlerinin uzun süreçlerin izlenmesinde daha iyi sonuçlar verebileceğini rapor etmiştir.

Liu vd. (2012) farklı kirletici kaynaklarından etkilenen Sishili Körfezi'nde kirletilmiş bölgelerin diğerlerine göre daha az kist çeşitliliği içerdiğini belirtmişlerdir. New Bedford Limanı'nda nutrient zenginleşmesinin dinoflagellat kist tür sayısında artışa neden olduğu, ancak aşırı kirli ve ötrofik koşullarda kist tür sayısının azaldığı görülmüştür (Pospelova vd., 2002). Wang vd. (2004b) Güney Çin Denizi, Daya Körfezi'nde kist çeşitliliğinin kültürel ötrofikasyondan etkilendiğini ve su kalitesi parametreleriyle bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir.

Dinoflagellat kist konsantrasyonları ve bolluğu ötrofikasyona bağlı aşırı kirlenme görülen bölgelerde planktonik kaynaklara ek olarak önemli bir gösterge sayılmaktadır. Örneğin, Norveç gibi atıksu, balık yetiştiriciliği ve aşırı oksijensizlik (hipoksia) gibi kültürel ötrofikasyonun etkilerinin iyi izlendiği bölgelerde ötrofikasyonun olası etkilerini araştırmak ve değerlendirmek için dinoflagellat kistlerinin iyi birer gösterge olduğu kanıtlanmıştır (Dale ve Fjellså, 1994). Buna ek olarak dinoflagellat kistlerinin sayısındaki artış ve belirgin türlere hatta bazı dinoflagellat familyalarına ait kistlerin baskın olması kistlerin ötrofikasyonla olan bağlantısına iyi birer kanıt olarak gösterilmiştir (Thorsen ve Dale, 1997; Dale, 2009). Matsuoka (1999) hiperötrofik Yokohama Limanı'nda (Tokyo Körfezi, Japonya) benzer bulgulara rastlamıştır. Matsuoka (1999) bu çalışmasında bölge için heterotrofik dinoflagellat kistlerin ötrofikasyon için belirleyici olduğunu tespit etmiş ve bazı heterotrofik kist türlerinin (*P. kofoidii*, *P. schwartzii* ve *Zygabikodinium lenticulatum* Loeblich, A.R., Jr & Loeblich, A.R., III 1970) aşırı nutrient etkisi altında kalan iç bölgede baskın olduğunu gözlemlemiştir.

Dale (2009) dinoflagellat kistleri ve ötrofikasyon arasındaki ilişkide dünya denizlerinde 2 farklı teorinin ortaya atıldığını belirtmiştir. Bunlardan ilki, Oslo Fjord'unda gözlemlenmiş olan toplam kist konsantrasyonlarında belirgin bir artışın olması ve bu konsantrasyonlarda *L. machaerophorum* türünün yüksek bolluklarda bulunması görüşüdür. Dale ve Fjellså (1994) ötrofikasyonun arttığı yıllarda kist konsantrasyonunun önceki dönemlere göre birincil üretimdeki aşırı artışa bağlı olarak nerdeyse iki kat olduğunu ve *L. machaerohorum* kist oranının toplam kist konsantrasyonunda belirgin olarak arttığını belirlemişlerdir. Ötrofikasyon ve dinoflagellat kist bağlantısındaki ikinci teori ise Tokyo ve Norveç kıyılarının diğer bölgelerinde olduğu gibi toplam kist konsantrasyonlarında yüksek değerlerle birlikte heterotrofik kist oranlarının yüksek değerlerde görülmesidir.

Heterotrofik ve ototrofik kist konsantrasyon oranları dünyanın farklı bölgelerinde de ötrofikasyonla bağlantılı olarak araştırılmıştır. Örneğin Pospelova vd. (2005) Buzzards Körfezi'nde nutrient artışına bağlı olarak Gymnodinoid (*Polykrikos* spp.) ve Diplosalid grup üyelerinde belirgin artışlar rapor etmişler ve bu verileri bölge için ötrofikasyon indikatörü olarak yorumlamışlardır. Esper ve Zonneveld (2002) yaptıkları çalışmada güney Atlantik ve kutup altı bölgesinde heterotrofik türlerin yüksek nutrientli ortamlarda avantajlı olduğunu, oligotrofik alanla karşılaştırılınca artan nutrient oranı ve birincil üretimdeki artışa bağlı olarak Protoperidinioid kist sayısının yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bu bulgulardan farklı olarak Kuzey Atlantik Okyanusu ve Akdeniz'deki bazı çalışmalarda ototrofik

kist konsantrasyonlarının nütrient seviyeleri ile ilişkili ve insan etkisiyle kirletilmiş bölgelerde baskın olduğu da bildirilmiştir (Riberio ve Amorim, 2008; Elshanawany vd. 2010; Satta vd. 2010). Dale vd. (1999) Norveç Fjyortlarında yaptıkları araştırmada *L. machaerophorum* kistinın ötrofikasyon için indikatör olabileceğini belirtmiştir. Pospelova ve Kim (2010) Güney Kore kıyılarında akuakültür alanlarındaki heterotrofik kistlerin (*Brigantedinium* spp. ve *Dubridinium* spp.) bolluğunun bölgede ötrofikasyon göstergesi olduğunu belirlemişlerdir.

Dinoflagellat kistleri ötrofikasyon dışında denizel ortamlardaki farklı kirletici tipleri için de kullanılmıştır. Okamoto vd. (1999) yüksek seviyelerdeki metal konsantrasyonlarının kist oluşturan türler için metal stres altındaki koşullarda bir hayat stratejisi olarak kullanıldığını rapor etmişlerdir. Örneğin, *L. polyedra* (F. Stein) J. D. Dodge 1989 türünün kültür çalışmalarında metal stres koşullarda kist oluşumuna gittiği görülmüştür. Hg, Cd, Pb gibi metallerin vejetatif hücreler için aşırı toksik etki yaratabileceği ve net büyümeyi etkileyebileceği (Okamoto vd., 1999), ancak düşük seviyelerde Cd ve Cu gibi metallerin hücre büyümesine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Herzi vd., 2013). *Alexandrium* spp. kistleri ve Cu seviyeleri arasında Puget Sound (USA) sedimentinde belirgin bir ilişki tespit edilmiştir (Horner vd., 2011). Örneğin Pospelova vd. (2005) Buzzards Körfezi (Massachusetts, USA) kirletilmiş nehir ağzı sedimentinde toksik kirliliğin ve hipertrofik koşulların kist konsantrasyon ve çeşitliliğinde azalmaya sebep olduğunu gözlemlemişlerdir. Sishili Körfezi yüzey sedimentinde dinoflagellat kistlerinin dağılımında nutrient zenginleşmesi ve endüstriyel kaynaklı farklı kirleticilerin etkisi araştırılmış (Liu vd., 2012), çalışmada kist bolluğunun nutrient zenginleşmesiyle belirgin pozitif ilişkide olduğu ancak ağır metal kirliliği ile negatif bağlantılı olduğu rapor edilmiştir. Araştırmada ayrıca ototrofik kist bolluğunun heterotrofik kist bolluğu ile karşılaştırıldığında endüstriyel kirliliğe bağlı olarak azaldığı bildirilmiştir. Liu vd. (2012) endüstriyel kirliliğin ve ötrofikasyonun kıyısız alanlarda birlikte gözlemlendiğini ve kist-kirletici arasındaki ilişkilerini değerlendirirken bu iki kirlilik kaynağının birlikte incelenmesi gerektiğini önermişlerdir. Ağır metal kirliliğinin etkileriyle ilgili çalışmalar sınırlı sayıda olmakla birlikte, diğer çalışmalarda Aliğa, Nemrut ve İzmir Körfezlerinde (Ege Denizi) gerçekleştirilmiştir (Aydın vd., 2015a, 2015b). Çalışma bazı kist türlerinin metal kirliliğiyle bağlantılı olarak değiştiği ve metal kirliliğinin tür çeşitliliğini olumsuz etkilediğini gözlenmiştir.

## SONUÇ

Farklı hayat formları barındıran dinoflagellat türlerinin bir kısmı kalıcı kist denilen dayanıklı yapılar oluşturmaktadır. Denizel sedimentte bu kistlerin varlığı, bolluğu ve çeşitliliği bilim insanları tarafından güncel çalışma konuları arasındadır. Kistlerin çalışılmasındaki en önemli sebeplerden birisi bulunduğu bölgenin ekolojik ve iklimsel koşulları hakkında kuvvetli veriler sağlaması ve deniz yüzey suyu hidrografik koşulları ile olan bağlantıdır. Bugün, dünya denizlerinden elde edilen veriler kistlerin bu koşulları gözlemlemede kullanılabilecek iyi bir indikatör olduğunu ortaya koyarken, dinoflagellat kistlerinin araştırılma alanları ve yapılan çalışmalar gün geçtikçe daha da fazla genişlemektedir. Dünya denizleri ve Türkiye kıyılarından yapılacak gelecek çalışmalar kistlerin deniz yüzey suyu verilerinin daha iyi değerlendirilmesi ve anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- Aydın, H., Yürür, E.E., & Uzar, S. (2014). Dinoflagellate cysts assemblages in surface sediments from Homa Lagoon (Izmir Bay, Aegean Sea, The Mediterranean). *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(8), 1-7.
- Aydın, H., Yürür, E.E., Uzar, S., & Küçüksezgin, F. (2015a). Impact of industrial pollution on recent dinoflagellate cysts in Izmir Bay (Eastern Aegean). *Marine Pollution Bulletin*, 94, 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.02.038>
- Aydın, H., Yürür, E.E., Uzar, S., & Küçüksezgin, F. (2015b). Modern dinoflagellate cyst assemblages of Aliğa and Nemrut Bay: influence of industrial pollution. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 15, 543-554. [http://doi.org/10.4194/1303-2712-v15\\_2\\_42](http://doi.org/10.4194/1303-2712-v15_2_42).
- Azanza, R.V., Sirigan, F.P., Diego-Mcglone, M.L.S., Yñiguez, A.T., Macalalad, N.H., Zamora, P.B., Agustin, M.B., & Matsuoka, K. (2004). Horizontal dinoflagellate cyst distribution, sediment characteristics and benthic flux in Manila Bay, Philippines. *Phycological Research*, 52, 376-386. <https://doi.org/10.1111/j.1440-183.2004.00355.x>
- Bravo, I., & Figueroa, R.I. (2014). Towards an ecological understanding of dinoflagellate cyst functions. *Microorganisms*, 2(1), 11-32. doi:10.3390/microorganisms2010011

- Bringué, M., Pospelova, V., & Pak, D. (2013). Seasonal production of organic-walled dinoflagellate cysts in an upwelling system: A sediment trap study from the Santa Barbara Basin, California. *Marine Micropaleontology*, 100, 34-51. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2013.03.007>
- Candel, M.S., Radi, T., de Vernal, A., & Bujelesky, G. (2012). Distribution of dinoflagellate cysts and other aquatic palynomorphs in surface sediments from the Beagle Channel, Southern Argentina. *Marine Micropaleontology*, 96-97, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2012.06.009>
- Cho, H.J., & Matsuoka, K. (2001). Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from the Yellow Sea and East China Sea. *Marine Micropaleontology*, 42, 103-123. [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(01\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(01)00016-0)
- D'Silva, M.S., Anil, A.C., & Sawant, S.S. (2013). Dinoflagellate cyst assemblages in recent sediments of Visakhapatnam harbour, east coast of India: Influence of environmental characteristics. *Marine Pollution Bulletin*, 66(1-2), 59-72. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.012>
- Dale, B. (2009). Eutrophication signals in the sedimentary record of dinoflagellate cysts in coastal waters. *Journal of Sea Research*, 61 (1-2), 103-113. doi:10.1016/j.seares.2008.06.007.
- Dale, B., & Fjellså, A. (1994). Dinoflagellate cysts as productivity indicators: state of the art, potential and limits. In: Zahn, R. (Ed.), Carbon Cycling in the Glacial Ocean: Constraints in the Ocean's Role in Global Change (521-537), Berlin: Springer.
- Dale, B., Thorsen, T.A., & Fjellså, A. (1999). Dinoflagellate cysts as indicators of cultural eutrophication in the Oslofjord, Norway. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48, 371-382. <https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0427>
- de Vernal, A., & Marret, F. (2007). Organic-Walled Dinoflagellate Cysts: Tracer of Sea-Surface Conditions. *Developments of Marine Geology*, 9(1), 371-408. [https://doi.org/10.1016/S1572-5480\(07\)01014-7](https://doi.org/10.1016/S1572-5480(07)01014-7)
- Devillers, R.A., & de Vernal, A. (2000). Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments of the Northern North Atlantic in relation to nutrient content and productivity in surface waters. *Marine Geology*, 166, 103-124. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(00\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(00)00007-4)
- Elshanawany, R., Zonneveld, K.A.F., Ibrahim, M.I., & Kholeif, S.E.A. (2010). Distribution patterns of recent organic-walled dinoflagellate cysts in relation to environmental parameters in the Mediterranean Sea. *Palynology*, 34, 233-260. <https://doi.org/10.1080/01916121003711665>
- Esper, O., & Zonneveld, K.A.F. (2002). Distribution of organic-walled dinoflagellate cysts in surficial sediments of the Southern Ocean (Eastern Atlantic Sector) between the Subtropical Front and the Weddell Gyre. *Marine Micropaleontology*, 46, 177-208. [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(02\)00041-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(02)00041-5)
- Godhe, A., & McQuoid, M.R. (2003). Influence of benthic and pelagic environmental factors on the distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments along the Swedish West Coast. *Aquatic Microbial Ecology*, 32, 185-201. doi:10.3354/ame032185
- Heikkilä, M., Pospelova, V., Hochheim, K.P., Kuzyk, Z.Z.A., Stern, G.A., Barber, D.G., & Macdonald, R.W. (2014). Surface sediment dinoflagellate cysts from the Hudson Bay system and their relation to freshwater and nutrient cycling. *Marine Micropaleontology*, 106, 79-109. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2013.12.002>
- Herzi, F., Jean, N., Zhao, H., Mounier, S., Mabrouk, H.H., & Hlaili, A.S. (2013). Copper and cadmium effects on growth and extracellular exudation of the marine toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella*: 3D-fluorescence spectroscopy approach. *Chemosphere*, 93(6), 1230-1239. doi:10.1016/j.chemosphere.2013.06.084.
- Holzwarth, U., Esper, O., & Zonneveld, K. (2007). Distribution of organic-walled dinoflagellate cysts in shelf surface sediments of Benguela Upwelling system in relationship to environmental conditions. *Marine Micropaleontology*, 64, 91-119. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2007.04.001>
- Horner, R.A., Greengrove, C.L., Davies-Vollum, K.S., Gawel, J.E., Postel, J.R., & Cox, A.M. (2011). Spatial distribution of benthic cysts of *Alexandrium catenella* in surface sediments of Puget Sound, Washington, USA. *Harmful Algae*, 11, 96-105. doi:10.1016/j.hal.2011.08.004.
- Joyce, L.B., Pitcher, G.C., du Randt, A., & Monteiro, P.M.S. (2005). Dinoflagellate cysts from surface sediments of Saldanha Bay, South Africa: an indication of the potential risk of harmful algal blooms. *Harmful Algae*, 4, 309-318. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2004.08.001>
- Kawamura, H. (2004). Dinoflagellate cyst distribution along a shelf to slope transect of an oligotrophic tropical sea (Sunda Shelf South China Sea). *Phycological Research*, 52, 355-375. <https://doi.org/10.1111/j.1440-183.2004.00362.x>
- Kunz-Pirrung M. (2001). Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments of the Laptev Sea Region (Arctic Ocean) and their relationship to hydrographic conditions. *Journal of Quaternary Science*, 16(7), 637-649. <https://doi.org/10.1002/jqs.647>
- Liu, D., Shi, Y., Di, B., Sun, Q., Wang, Y., Dong, Z., & Shao, H. (2012). The impact of different pollution sources on modern dinoflagellate cysts in Sishili Bay, Yellow Sea, China. *Marine Micropaleontology*, 84-85, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2011.11.001>

- Marret, F., & de Vernal, A. (1997). Dinoflagellate cyst distribution in Surface Sediments of the Southern Indian Ocean. *Marine Micropaleontology*, 29, 367-392. [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(96\)00049-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(96)00049-7)
- Marret, F., & Scourse, J. (2002). Control of modern dinoflagellate cyst distribution in the Irish and Celtic Seas by seasonal stratification dynamics. *Marine Micropaleontology*, 47, 101-116. [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(02\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(02)00095-6)
- Marret, F., & Zonneveld, K.A.F. (2003). Atlas of organic-walled dinoflagellate cyst distribution. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 125, 1-200. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(02\)00229-4](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(02)00229-4)
- Matsuoka, K. (1999). Eutrophication process recorded in dinoflagellate cyst assemblages—a case of Yokohama Port, Tokyo Bay, Japan. *The Science of the Total Environment*, 231, 17-35. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00087-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00087-X)
- McMinn, A. (1992). Recent and late quaternary dinoflagellate cyst distribution on the continental shelf and slope of southeastern Australia. *Palynology*, 16, 13-24.
- Mertens, K.N., Riberio, S., Bouimetarhan, I., Caner, H., Nebout, N.C., Dale, B., de Vernal, A., Ellegaard, M., Filipova, M., Godhe, A., Goubert, E., Gorsfeld, K., Holzwarth, U., Kotthoff, U., Leroy, S.A.G., Londeix, L., Marret, F., Matsuoka, K., Mudie, P.J., Naudts, L., Pena-Marjarrez, J.L., Persson, A., Popescu, S-M., Pospelova, V., Sangiorgi, F., Van der Meer, M.T.J., Vink, A., Zonneveld, K.A.F., Vercauteren, D., Vlassenbroeck, J., & Louwye, S. (2009). Process length variation in cysts of a dinoflagellate, *Lingulodinium machaerophorum*, in surface sediments: Investigating its potential as salinity proxy. *Marine Micropaleontology*, 70, 54-69. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2008.10.004>
- Mudie, P.J., & Rochon, A. (2001). Distribution of dinoflagellate cysts in the Canadian Arctic Marine Region. *Journal of Quaternary Science*, 16(7), 603-620. <https://doi.org/10.1002/jqs.658>
- Okamoto, O.K., Shao, L., Hastings, J.W., & Colepicolo, P. (1999). Acute and chronic effects of toxic metals on viability, encystment and bioluminescence in the dinoflagellate *Gonyaulax polyedra*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 123(C), 75-83. [https://doi.org/10.1016/S0742-8413\(99\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0742-8413(99)00013-4)
- Peña-Manjarrez, J.L., Helenes, J., Gaxiola-Castro, G., & Orellana-Cepeda, E. (2005). Dinoflagellate cysts and bloom events at Todos Santos Bay, Baja California, México, 1999–2000. *Continental Shelf Research*, 25(11), 1375-1393. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2005.02.002>
- Pospelova, V., & Kim, S.J. (2010). Dinoflagellate cysts in recent estuarine sediments from aquaculture sites of southern South Korea. *Marine Micropaleontology*, 76(1-2), 37-51. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2010.04.003>
- Pospelova, V., Chmura, G.L., Boothman, W.S., & Latimer, J.S. (2002). Dinoflagellate cyst records and human disturbance in two neighbouring estuaries, New Bedford Harbour and Apponagansett Bay, Massachusetts (USA). *The Science of the Total Environment*, 298, 81-102. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00195-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00195-X)
- Pospelova, V., Chmura, G.L., & Walker, H.A. (2004). Environmental factors influencing the spatial distribution of dinoflagellate cyst assemblages in shallow lagoons of Southern New England (USA). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 128, 7-34. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(03\)00110-6](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(03)00110-6)
- Pospelova, V., Chmura, G.L., Boothman, W.S., & Latimer, J.S. (2005). Spatial distribution of modern dinoflagellate cysts in polluted estuarine sediments from Buzzards Bay (Massachusetts, USA) embayments. *Marine Ecology Progress Series*, 292, 23-40.
- Pospelova, V., de Vernal, A., & Pedersen, T.F. (2008). Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from the northeastern Pacific Ocean (43-25 N) in relation to sea-surface temperature, salinity, productivity and coastal upwelling. *Marine Micropaleontology*, 68, 21-48. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2008.01.008>
- Radi, T., Pospelova, V., de Vernal, A., & Barrie, J.V. (2007). Dinoflagellate cysts as indicators of water quality and productivity in British Columbia Estuarine Environments. *Marine Micropaleontology*, 62, 269-297. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2006.09.002>
- Ribeiro, S., & Amorim, A. (2008). Environmental drivers of temporal succession in the recent dinoflagellate cyst assemblages from a coastal Site in the North-East Atlantic (Lisbon Bay, Portugal). *Marine Micropaleontology*, 68, 156-178. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2008.01.013>
- Satta, C.T., Angles, S., Garcés, E., Lugliè, A., Padedda, B.M., & Sechi, N. (2010). Dinoflagellate cysts in recent sediments from two semi-enclosed areas of the western Mediterranean Sea subject to high human impact. *Deep Sea Research II*, 57, 256-267. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2009.09.013>
- Satta, T., Anglès, S., Garcés, E., Sechi, N., Pulina, S., Padedda, B.M., Stacca, D., & Lugliè, A. (2014). Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments from three shallow Mediterranean lagoons (Sardinia, North Western Mediterranean Sea). *Estuaries and Coasts*, 37, 646. <https://doi.org/10.1007/s12237-013-9705-4>
- Sprangers, M., Dammers, N., Brinkhuis, H., Van Weering, T.C.E., & Lotter, A. F. (2004). Modern organic-walled dinoflagellate cyst distribution Offshore NW Iberia; tracing the upwelling system. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 128, 97-106. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(03\)00114-3](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(03)00114-3)



- Thorsen, T.A., & Dale, B. (1997). Dinoflagellate cysts as indicators of pollution and past climate in a Norwegian fjord. *Holocene*, 7, 433–446.
- Uzar, S., Aydin, H., & Yürür, E.E. (2018). Dinoflagellate cyst studies in the sediments of Turkish coastal waters and future aspects. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27, 2800-2808.
- Verleye, T.J. & Louwye, S. (2010). Recent geographical distribution of organic walled dinoflagellate cysts in the southeast Pacific (25-53° S) and their relation to the prevailing hydrographical conditions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298, 319-340. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.10.006>
- Verleye, T.J., Mertens, K.N., Young, M.D., Dale, B., McMinn, A., Scott, L., Zonneveld, K.A.F., & Louwye, S. (2012). Average process length variation of the marine dinoflagellate cyst *Operculodinium centrocarpum* in the tropical and Southern Hemisphere Oceans: assessing its potential as a palaeosalinity proxy. *Marine Micropaleontology*, 86–87, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2012.02.001>
- Vink, A., Zonneveld, K.A.F., & Willems, H. (2000). Organic-walled dinoflagellate cysts in western Equatorial Atlantic surface sediments: distributions and their relation to environment. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 112, 247-286. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(00\)00046-4](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(00)00046-4)
- Wall, D., Dale, B., Lohmann, P., & Smith, W.K. (1977). The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the North and South Atlantic Oceans and adjacent seas. *Marine Micropaleontology*, 2, 121-200. [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(77\)90008-1](https://doi.org/10.1016/0377-8398(77)90008-1)
- Wang, Z., Qi, Y., Lu, S., Wang, Y., & Matsuoka, K. (2004a). Seasonal distribution of dinoflagellate resting cysts in surface sediments from Changjiang River Estuary. *Phycological Research*, 52, 387-395. <https://doi.org/10.1111/j.1440-183.2004.00356.x>
- Wang, Z., Matsuoka, K., Qi, Y., & Chen, J. (2004b). Dinoflagellate cysts in recent sediments from Chinese Coastal Waters. *Marine Ecology*, 25(4), 289-311. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2004.00035.x>
- Zonneveld, K.A.F., Chen, L., Möbius, J., & Mahmoud, M.S. (2009). Environmental significance of dinoflagellate cysts from the proximal part of the Po-river discharge plume (off southern Italy, Eastern Mediterranean). *Journal of Sea Research*, 62, 189-213. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2009.02.003>
- Zonneveld, K.A.F., Marret, F., Vesteege, G.J.M., Bogus, K., Bonnet, S., Bouimetarhan, I., Crouch, E., de Vernal, A., Elshanawany, R., Edwards, L., Esper, O., Forke, S., Grøsfjeld, K., Henry, M., Holzward, U., Kieft, J-F., Kim, S-Y., Ladouceur, S., Ledu, D., Chen, L., Limoges, A., Londeix, L., Lu, S.-H., Mahmoud, M.S., Marino, G., Matsuoka, M., Matthiessen, J., Mildenhall, D. C., Mudie, P., Neil, H. L., Pospelova, V., Qi, Y., Radi, T., Richerol, T., Rochon, A., Sangiorgi, F., Solignag, S., Turon, J-L., Verleye, T., Wang, Y., Wang, Z., & Young, M. (2013). Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 191, 1-197. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.08.003>.