

مدیریت کیفی منابع آب سطحی: طعم و بو اوتریفیکاسیون

برای دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی
بهداشت محیط

آلاینده های مهم آب

- Oxygen demanding wastes
- Diseases – causing agents
- Synthetic Organic Compounds
- Plant nutrients
- Inorganic chemicals and minerals
- Sediments
- Radioactive substances
- Thermal discharge
- Oil

کلاسه بندی آماری استاندارد کیفیت آبهای شیرین سطحی برای حفظ حیات آبزیان

Variables	Class I	Class II	Class III	Class IV	Class V
<i>Oxygen regime</i>					
DO (%)					
epilimnion (stratified waters)	90-110	70-90 or 110-120	50-70 or 120-130	30-50 or 130-150	<30 or >150
hypolimnion (stratified waters)	90-70	70-50	50-30	30-10	<10
unstratified waters	90-70	70-50 or 110-120	50-30 or 120-130	30-10 or 130-150	<10 or >150
DO(mg l ⁻¹)	>7	7-6	6-4	4-3	<3
COD-Mn (mg O ₂ l ⁻¹)	<3	3-10	10-20	20-30	>30
COD-Cr (mg O ₂ l ⁻¹)	-	-	-	-	-
<i>Eutrophication</i>					
Total P (μg l ⁻¹) ¹	<10 (<15)	10-25 (15-40)	25-50 (40-75)	50-125 (75-190)	>125 (>190)
Total N (μg l ⁻¹) ¹	<300	300-750	750-1,500	1,500-2,500	>2,500
Chlorophyll a (μg l ⁻¹) ¹	<2.5 (<4)	2.5-10 (4-15)	10-30 (15-45)	30-110 (45-165)	>110 (>165)

کلاسه بندی آماری استاندارد کیفیت آبهای شیرین سطحی برای حفظ حیات آبزیان

<i>Acidification</i>					
pH ²	9.0-6.5	6.5-6.3	6.3-6.0	6.0-5.3	<5.3
Alkalinity (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	>200	200-100	100-20	20-10	<10
<i>Metals</i>					
Aluminium (µg l ⁻¹ ; pH 6.5)	<1.6	1.6-3.2	3.2-5	5-75	>75
Arsenic (µg l ⁻¹) ³	<10	10-100	100-190	190-360	>360
Cadmium (µg l ⁻¹) ⁴	<0.07	0.07-0.53	0.53-1.1	1.1-3.9	>3.9
Chromium (µg l ⁻¹) ³	<1	1-6	6-11	11-16	>16
Copper (µg l ⁻¹) ⁴	<2	2-7	7-12	12-18	>18

کلاسه بندی آماری استاندارد کیفیت آبهای شیرین سطحی برای حفظ حیات آبزیان

Leader ($\mu\text{g l}^{-1}$) ⁴	<0.1	0.1-1.6	1.6-3.2	3.2-82	>82
Mercury ($\mu\text{g l}^{-1}$) ⁴	<0.003	0.003-0.007	0.007-0.012	0.012-2.4	>2.4
Nickel ($\mu\text{g l}^{-1}$) ⁴	<15	15-87	87-160	160-1,400	>1,400
Zinc ($\mu\text{g l}^{-1}$) ⁴	<45	45-77	77-110	110-120	>120
<i>Chlorinated micropollutants and other hazardous substances</i>					
Dieldrin ($\mu\text{g l}^{-1}$)	na	na	<0.0019	0.0019-2.5	>2.5
DDT and metabolites ($\mu\text{g l}^{-1}$)	na	na	<0.001	0.001-1.1	>1.1
Endrin ($\mu\text{g l}^{-1}$)	na	na	<0.0023	0.0023-0.18	>0.18
Heptachlor ($\mu\text{g l}^{-1}$)	na	na	<0.0038	0.0038-0.52	>0.52
Lindane ($\mu\text{g l}^{-1}$)	na	na	<0.08	0.08-2.0	>2.0
Pentachlorophenol ($\mu\text{g l}^{-1}$)	na	na	<13	13-20	>20
PCBs ($\mu\text{g l}^{-1}$)	na	na	<0.014	0.014-2.0	>2.0
Free ammonia (NH ₃)	na	na	-	-	-
<i>Radioactivity</i>					
Gross-alpha activity (mBq l ⁻¹)	<50	50-100	100-500	500-2,500	>2,500
Gross-beta activity (mBq l ⁻¹)	<200	200-500	500-1,000	1,000-2,500	>2,500

Measures falling on the boundary between two classes are to be classified in the lower class.

برنامه پایش و کنترل کیفیت آب

Water quality monitoring is the foundation on which water quality management is based. Monitoring provides the information that permits rational decisions to be made on the following:

- Describing water resources and identifying actual and emerging problems of water pollution.
- Formulating plans and setting priorities for water quality management.
- Developing and implementing water quality management programmes.
- Evaluating the effectiveness of management actions.

طعم و بو

- طعم آب حساسیتی است که ناشی از ارتباط بین بذاق دهان و مواد محلول در آب بوده و توسط گیرنده های حسی در سطح زبان دریافت می شود
- هنگامی که آب چشیده می شود حس چشایی و بویایی هر دو فعال شده و مشکل می توان تمایزی بین آن دو برقرار کرد.
- اثر ترکیبی طعم و بو به عنوان طعم طبقه بندی می شود
- بطور کلی حس چشایی و مزه برای مشخص نمودن ترکیبات معدنی موجود در آب و حس بویایی برای پی بردن به وجود ترکیبات آلی مناسب است

طعم و بو

- بوی آب احساسی است که بواسطه حضور برخی از مواد با فشار بخار جزئی در اندامهای بویایی روی می دهد. حس بویایی به غلظت‌های کمتری از ماده در حد میکروگرم در لیتر نسبت به حس چشایی در حد چند میلیگرم در لیتر حساستر است
- مقدار بود در آب با معیار آستانه شماره بو **TON** اندازه گیری می شود که میانگین هندسی نسبت رقیق شده ای از نمونه با آب بدون بوست. نحوه آزمایش از طریق پانل و تحت شرایط دقیق صورت می گیرد.
- بوی طبیعی: خاک، کپک زدگی، ترشیدگی، ماهی، خیار، علف تازه
- بوی مصنوعی: فرآورده های نفتی و دارویی

منابع طعم و بو

- عوامل تولید طعم و بو یا طبیعی یا مصنوعی هستند. مشکل طعم و بو عموماً در آبهای سطحی و ناشی از فعالیتهای بیولوژیکی است
- غلظتهای بالای رنگ و کدورت در آبها اغلب منشا ایجاد طعم و بوی غیر مشخص می باشد
- شدت طعم و بو به درجه حرارت بستگی دارد که خود تابع میزان مواد تولید کننده طعم است (افزایش رشد میکروارگانیسمها، افزایش تولید متابولیتهای بوزا، افزایش طعم ناشی از خوردگی در اثر درجه حرارت)
- حد آستانه طعم ناشی از کلر آزاد باقیمانده با افزایش pH افزایش می یابد
- حد آستانه طعم برای کلسیم ۱۰۰، منیزیم ۳۰، پتاسیم ۳۰۰، سدیم ۱۰۰، آهن ۰/۱۲ و روی ۴/۳ می باشد.

عوامل ایجاد کننده ی طعم و بو

- گیاهان و سبزیجات در حال تجزیه و فساد

جلبکها: چمنی، ماهی، کپک، دارویی

جلبکهای سبزآبی زنده مانند سیانوفیسه آ باعث مشکل طعم و بو می شوند.

- کپکها و اکتینومیسستها

باعث طعم و بوی خاکی، کپکی یا ماندگی شوند که با رشد جلبکی اشتباهی گرفته می شود. در آبهای راکد (لوله های دراز دارای پوشش گرم و ایستا) شرایط مطلوبی برای رشد کپکها و اکتینومیسست ها وجود دارد. آب تازه اول صبح طعم و بوی نامطلوبی دارد.

عوامل ایجاد کننده ی طعم و بو

• باکتری های آهن و گوگرد

انباشتها یا رسوباتی تولید می کنند که در زمان تجزیه بوی نامطلوبی آزاد می کنند. باکتری گوگرد باعث آزاد شدن هیدروژن سولفید می شود که بوی تخم مرغ گندیده را می دهد. سولفید هیدروژن می تواند بصورت طبیعی در آبهای زیرزمینی تا غلظت ۱۰ میلیگرم در لیتر باشد. حد آستانه طعم و بو هیدروژن سولفید به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ میلیگرم در لیتر است

• آهن

آهن در غلظت بالای ۰/۳ میلیگرم در لیتر باعث ایجاد طعم تلخ در آب می شود

عوامل ایجاد کننده ی طعم و بو

- مقدار زیاد کلریدها و سولفاتها

کلریدها و سولفاتها در غلظت بالا می توانند به آب طعم لب شور یا brackish بدهند. حد آستانه طعم برای کلریدهای سدیم و کلسیم به ترتیب ۲۰۰ و ۳۰۰ میلیگرم در لیتر بر حسب کلرید است.

این میزان برای سولفاتهای سدیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب ۲۵۰، ۲۵۰ و ۴۰۰ میلیگرم در لیتر بر حسب سولفات می باشد.

- پسابها و زائدات صنعتی

پسابهای صنعتی یک منبع مهم برای انواع مشکلات طعم و بو می باشد مانند فنل. ترکیب فنل حتی در مقادیر جزئی ۰/۰۱ میلیگرم در لیتر با کلر ازاد باقیمانده کلروفنل با طعم دارویی ایجاد می کند.

عوامل ایجاد کننده ی طعم و بو

• کلر

کلر به تنهایی فقط در دزهای بالا طعم ایجاد می کند اما بسیاری از مشکلات در اثر تزریق کلر به دلیل واکنشهای بعدی با تعداد زیادی مواد آلی است این طعم ها معمولا به عنوان Chlorinous توصیف می شود.

واکنش کلر با آمونیاک باعث طعم و بو است. غلظتهای محدود کننده برای منو، دی و تری کلر آمین به ترتیب ۵، ۸/۰ و ۲/۰ میلیگرم در لیتر می باشد.

مدیریت مشکل طعم و بو

- اولین مرحله شناسایی منشا طعم و بو

طعم و بوهای با منشا بیولوژیکی ناشی از ترکیباتی آلی مانند geosmin و methylisoborneol، فنل ها و بسیاری ترکیبات دیگر است.

طعم و بوی با منشاء صنعتی ناشی از انواع متفاوتی از مواد آلی است.

اکسیداسیون (ازن) و جذب روی کربن فعال موثرترین روش برای کاهش طعم و بوی مرتبط با مواد آلی است.

ترکیب ازن و پراکسید هیدروژن باعث افزایش کارایی می شود. پرمنگنات پتاسیم و دی اکسید کلر نیز موثر هستند. دی اکسید کلر زمانی مفید است که در آب فنل وجود دارد چون کلرو فنل ایجاد نمی شود.

کربن فعال موثرترین روش برای حذف ترکیبات آلی طبیعی ایجاد کننده طعم و بو است که بصورت GAC و PAC استفاده می شود

PAC برای طعم و بوی فصلی، چندروزه و تصادفی اقتصادی است. GAC برای طعم و بوی مداوم مفید است

مدیریت مشکل طعم و بو

- کربن فعال پودری

دوز مورد استفاده ۱۰ تا ۳۰ میلیگرم در لیتر
محل کاربرد قبل از زلال ساز و ورودی صافی
دوزاز صافی زیر ۵ میلیگرم در لیتر.

افزایش PAC با منعقد کننده کارایی جذب را کاهش می دهد چون
در داخل لخته ها گیر افتاده و مواد آلی باید به داخل لخته نفوذ کند.

اگر انعقاد قبل از PAC باشد حذف مواد آلی بهبود می یابد چرا که
PAC به سطوح خارجی فلاک می چسبد.

زمان تماس کافی ۱۵ دقیقه است. PAC به صورت پودری ذخیره شده
به صورت آبکی یا Slurry بکار می رود.

مدیریت مشکل طعم و بو

- کربن فعال دانه ای

در صافیهای تند ثقلی یا تحت فشار بکار می رود. گاهی به جای ماسه در مدیای فیلتر جهت حذف کدورت بکار می رود.

حذف مواد آلی زمانی بهتر است که **GAC** بعد از صافی تند بکار رود.

برای حذف طعم و بو **EBCT** ۱۰ دقیقه کافی است. عمر بستر **GAC** مابین احیا ممکن است ۲ تا ۳ سال یا بیشتر طول بکشد اگر ازن و ازن پراکسید با آن استفاده شود

مدیریت مشکل طعم و بو

• هوادهی

هوادهی گاهی می تواند کیفیت تنزل یافته آبها را مانند آبهای زیر سدها و مخازن را بهبود دهد. همچنین برای طعم و بوی ایجاد شده با ترکیباتی که فشار بخار بالایی دارند مانند حلالهای کلرینه، بعضی از هیدروکربنها و سولفید هیدروژن موثر است.

مشکلات طعم حاصل از آهن در آب به دلیل راکد بودن آب با بازشدن و تخلیه آب رفع می شود.

مدیریت مشکل طعم و بو

- حذف سولفید هیدروژن

در آبهای طبیعی H_2S تا $pH 7$ رایج است. بین 7 تا 13 بیش از 50% HS^- و بالای 13 S^{2-} رایج است. هوادهی در حذف H_2S زیر $pH 6$ موثر است. Packed tower areation بیش از 95% را حذف می کند.

با حذف سولفید هیدروژن دی اکسید کربن نیز حذف شده پی اچ بالا می رود لذا افزودن اسید ممکن است لازم شود.

H_2S با اکسیداسیون شیمیایی توسط کلر، پراکسید هیدروژن یا ازن نیز حذف می شود.

مقدار استوکیومتری برای یک میلیگرم H_2S به گوگرد عنصری $2/1$ میلیگرم کلر، 1 میلیگرم پراکسید هیدروژن، $1/4$ میلیگرم ازن و $6/2$ میلیگرم پرمنگنات پتاسیم است. بهتر است اکسیداسیون بعد از هوادهی باشد.

فرآیندهای مهم اثر گذار بر کیفیت آب

Process type	Major process within water body	Water body
Hydrological	Dilution	All water bodies
	Evaporation	Surface waters
	Percolation and leaching	Groundwaters
	Suspension and settling	Surface waters
Physical	Gas exchange with atmosphere	Mostly rivers and lakes
	Volatilisation	Mostly rivers and lakes
	Adsorption/desorption	All water bodies
	Heating and cooling	Mostly rivers and lakes
	Diffusion	
Chemical	Photodegradation	
	Acid base reactions	All water bodies
	Redox reactions	All water bodies
	Dissolution of particles	All water bodies
	Precipitation of minerals	All water bodies
	Ionic exchange ¹	Groundwaters
Biological	Primary production	Surface waters
	Microbial die-off and growth	All water bodies
	Decomposition of organic matter	Mostly rivers and lakes
	Bioaccumulation ²	Mostly rivers and lakes
	Biomagnification ³	Mostly rivers and lakes

¹ Ionic exchange is the substitution of cations, for example in sludge

منابع و اهمیت آلاینده های حاصل از فعالیتهای انسانی

Sources	Bacteria	Nutrients	Trace metals	Pesticides and herbicides	Industrial organic micro-pollutants	Oils and greases
<i>Atmos. transport</i>	x	xxxG	xxG	xxG		
<i>Point sources</i>						
Urban sewage	xxx	xxx	xxx	x	xxx	
Industrial effluent		x	xxxG	x	xxxG	xx
<i>Diffuse sources</i>						
Agriculture	xx	xxx	x	xxxG		
Urban waste and run-off	xx	xx	xxx	xx	xx	x
Industrial waste disposal		x	xxx	x	xxx	x
Dredging		x	xxx	x	xxx	x
Navigation and harbours	x	x	xx		x	xxx
<i>Internal recycling</i>		xxx	xx	x	x	

x Low local significance

xx Moderate local or regional significance

xxx High local or regional significance

G Global significance

عوامل و شرایط طبیعی تاثیر گذار بر کیفیت آب

Geology

Climate

Vegetation

Morphology

Location

جنبه های کلاسه بندی کیفیت آب مثال هند

India

In India, five water quality classes have been designated (A-E) on the basis of the water quality requirements for a particular use:

Class A waters for use as drinking water source without conventional treatment but after disinfection.

Class B waters for use for organised outdoor bathing.

Class C waters for use as drinking water source with conventional treatment followed by disinfection.

Class D waters to maintain aquatic life (i.e. propagation of wildlife and fisheries).

Class E waters for use for irrigation, industrial cooling and controlled waste disposal.

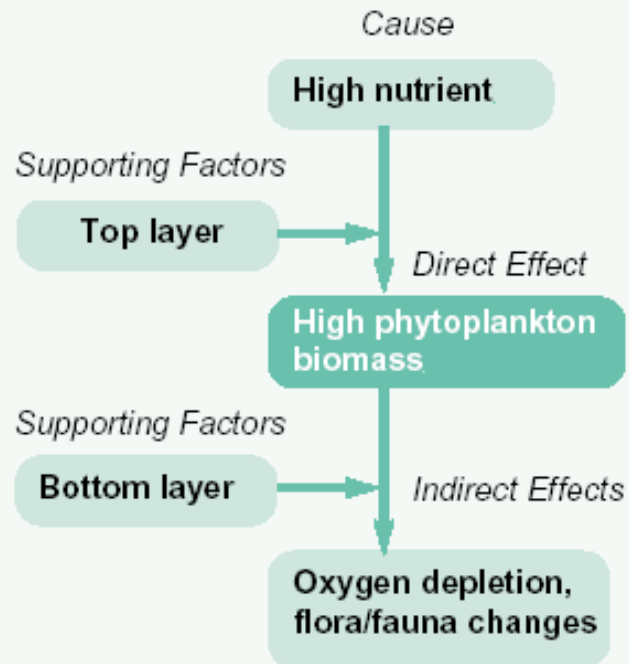
اوتروفیکاسیون در منابع آب





Eutrophication was recognized as a pollution problem in European and North American lakes and reservoirs in the mid-20th century.^[3] Since then, it has become more widespread. Surveys showed that 54% of lakes in Asia are eutrophic; in Europe, 53%; in North America, 48%; in South America, 41%; and in Africa, 28%.^[4]

Fig 1. The process of eutrophication

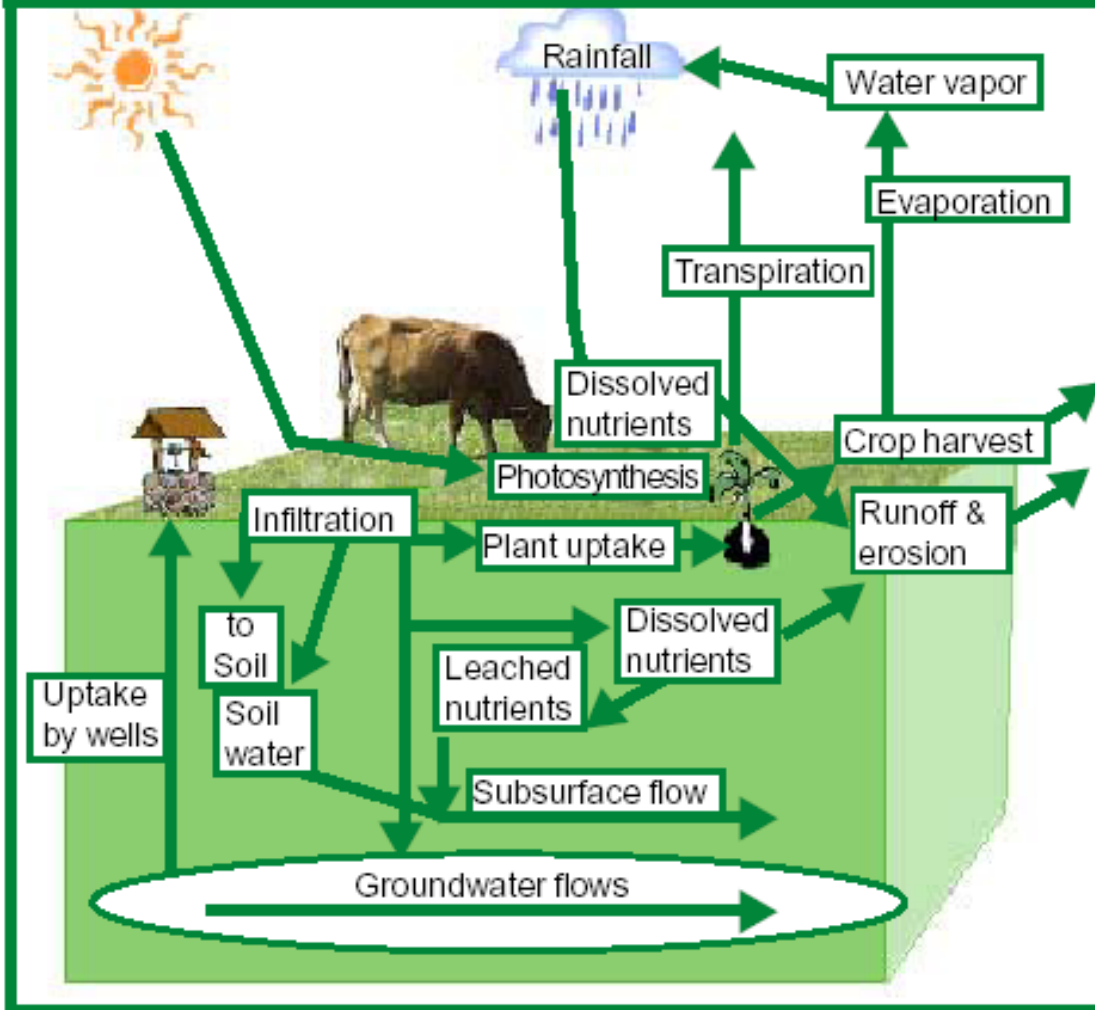


Definition

- Eutrophication is a process whereby water bodies, such as lakes, estuaries, or slow-moving streams receive excess nutrients that stimulate excessive plant growth (algae, periphyton attached algae, and nuisance plants weeds).
- This enhanced plant growth, often called an **algal bloom**, reduces dissolved oxygen in the water when dead plant material decomposes and can cause other organisms to die.
- Nutrients can come from many sources, such as fertilizers applied to agricultural fields, golf courses, and suburban lawns; deposition of nitrogen from the atmosphere; erosion of soil containing nutrients; and sewage treatment plant discharges.
- Water with a low concentration of dissolved oxygen is called hypoxic.

- The enrichment of waters by inorganic plant nutrients is called *eutrophication*.
- This phenomenon can be caused by various sources, both artificial and natural.
- Eutrophication has relevant effects on water bodies: the main are algal blooming, excessive aquatic macrophyte growth and oxygen depletion.
- Further consequences for human activities are: the decrease of water quality, aesthetic flow and navigation water problems and extinction in some water bodies of some oxygen depending organisms or animals.
- Different solutions for the problem of eutrophication are being analyzed or are already applied. Among them, nutrient limitation in water bodies, algae filtration and ultrasonic irradiation

Figure 3. Water Cycle.



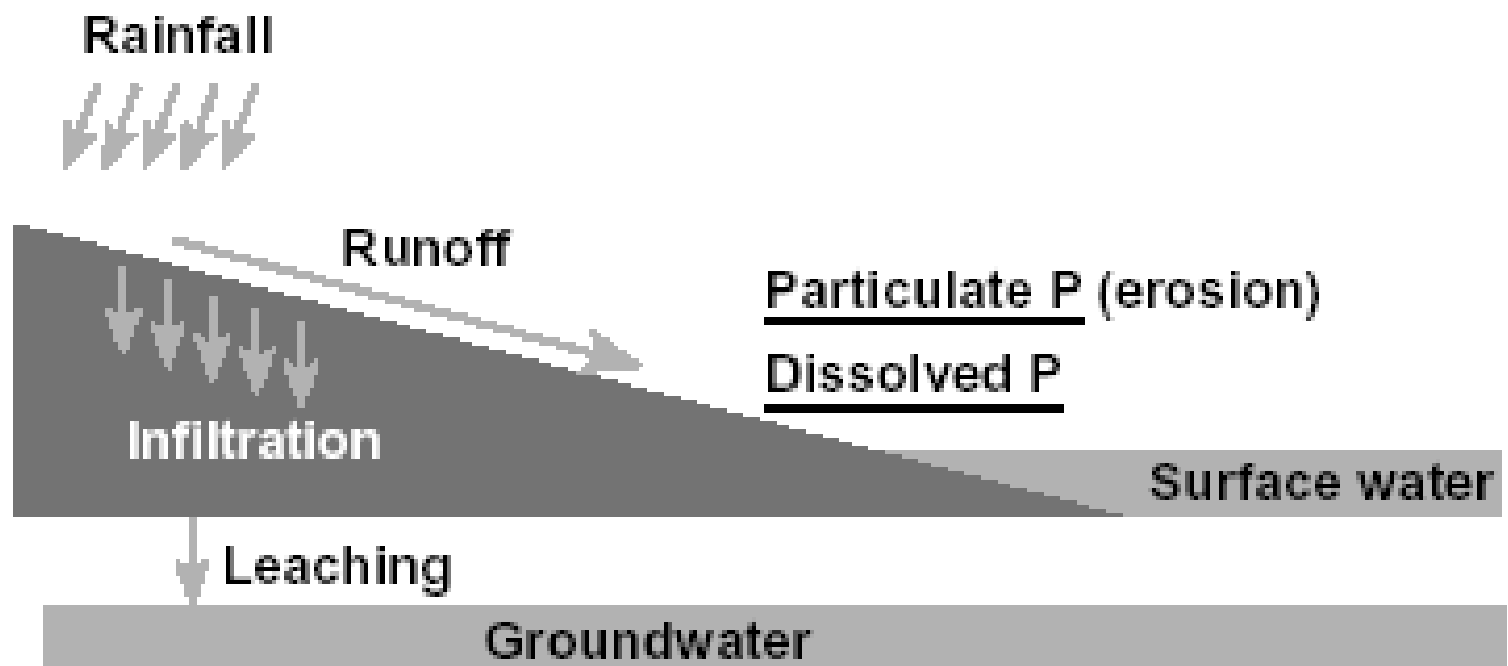


Figure 2. Potential pathways for phosphorus loss from agricultural fields.

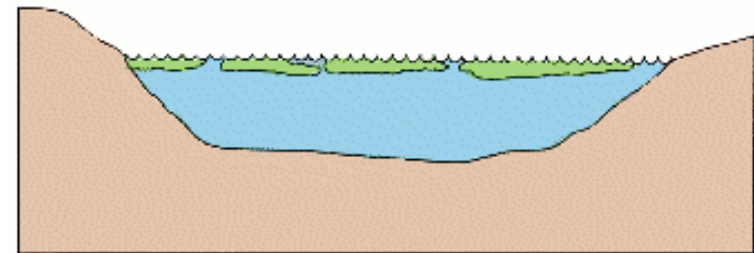
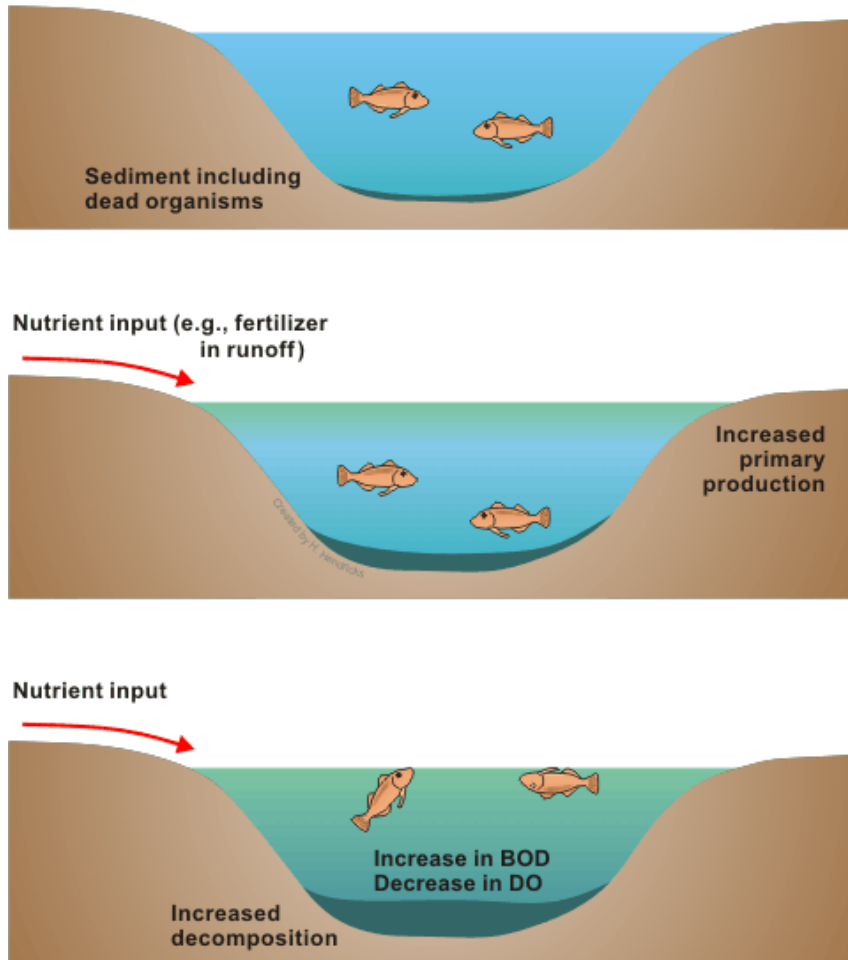
The word “eutrophication” is also now being used in a perspective of preserving the ecological quality of waters, e.g. in the Directives of the European Union and various international treaties. “Eutrophication is an accelerated growth of algae on higher forms of plant life caused by the enrichment of water by nutrients, especially compounds of nitrogen and/or phosphorus and inducing an undesirable disturbance to the balance of organisms present in the water and to the quality of the water concerned”.

Thus, today “eutrophication” is more of a status than a trend and the term describes the qualitative conditions of an aquatic environment that has been disrupted, more than its quantitative (biomass) productivity. It is this definition that is adopted in this document.

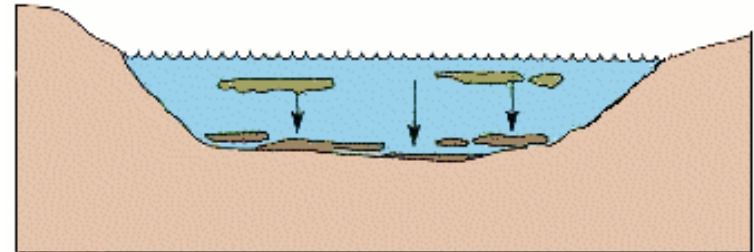
- **Changes in algal population:** During eutrophication, macroalgae, phytoplankton (diatoms, dinoflagellates, chlorophytes) and cyanobacteria⁹, which depend upon nutrients, light, temperature and water movement, will experience excessive growth. From a public health point of view, the fact that some of these organisms can release toxins into the water or be toxic themselves is important.

To date there are more than 50 identified species of cyanobacteriae able to produce toxins. In Europe, the most frequently observed genera in fresh waters during blooms are *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Nodularia* and *Nostoc*.

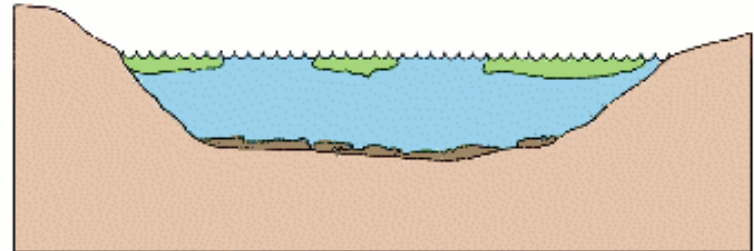
Impact of Cultural Eutrophication



A.



B.



C.

Schematic Diagram showing effects of algal bloom on water quality. (A) Abundant growth of algae in sunlit shallow water when nutrients are abundant. (B) In colder weather, algae die and sink to the lake bottom. (C) The next growing season, more algae thrive at the surface while older material decays at the bottom, increasing BOD and releasing more nutrients to fuel new growth.



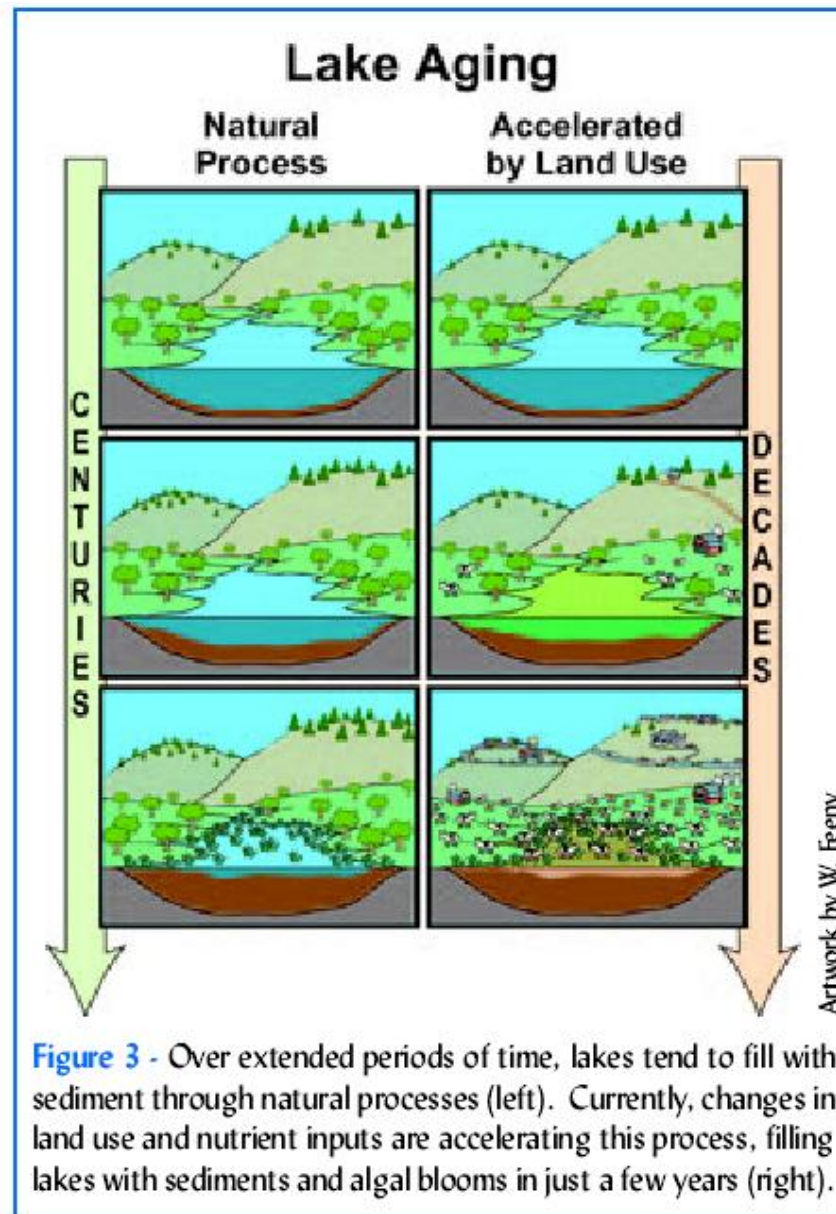


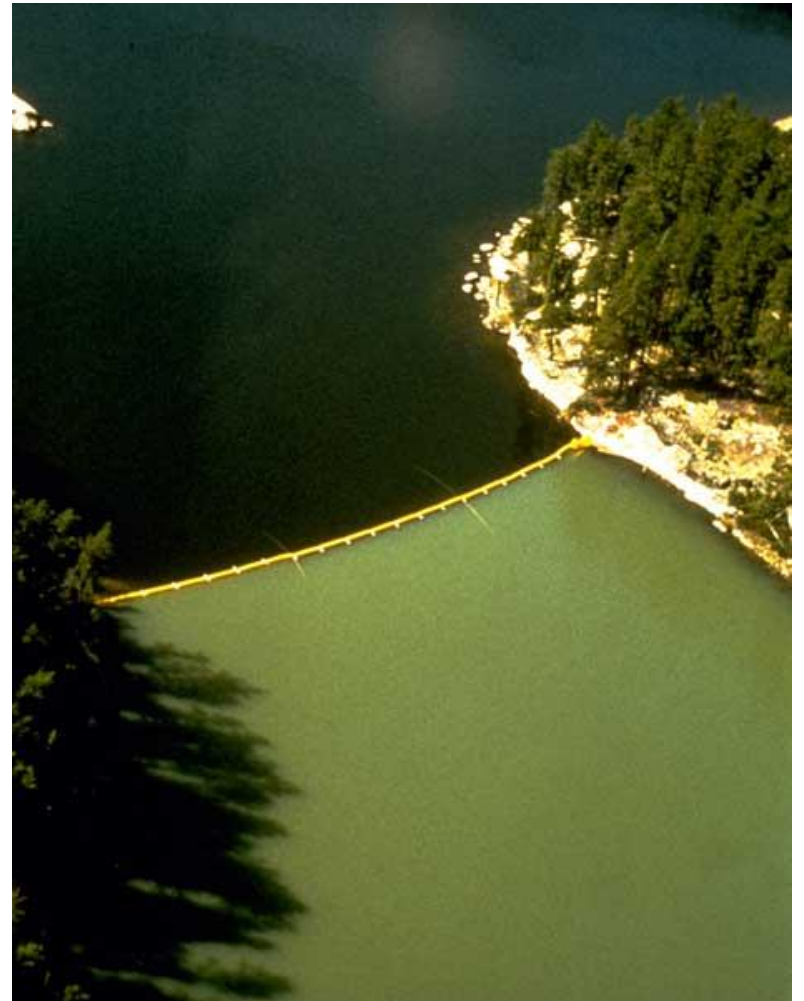
Figure 3 - Over extended periods of time, lakes tend to fill with sediment through natural processes (left). Currently, changes in land use and nutrient inputs are accelerating this process, filling lakes with sediments and algal blooms in just a few years (right).



Eel grass bed in June 1987



Eel grass covered with green filamentous algae in June 1988



Eutrophication

As nutrient concentrations increase, surface water quality is degraded through the process of eutrophication.

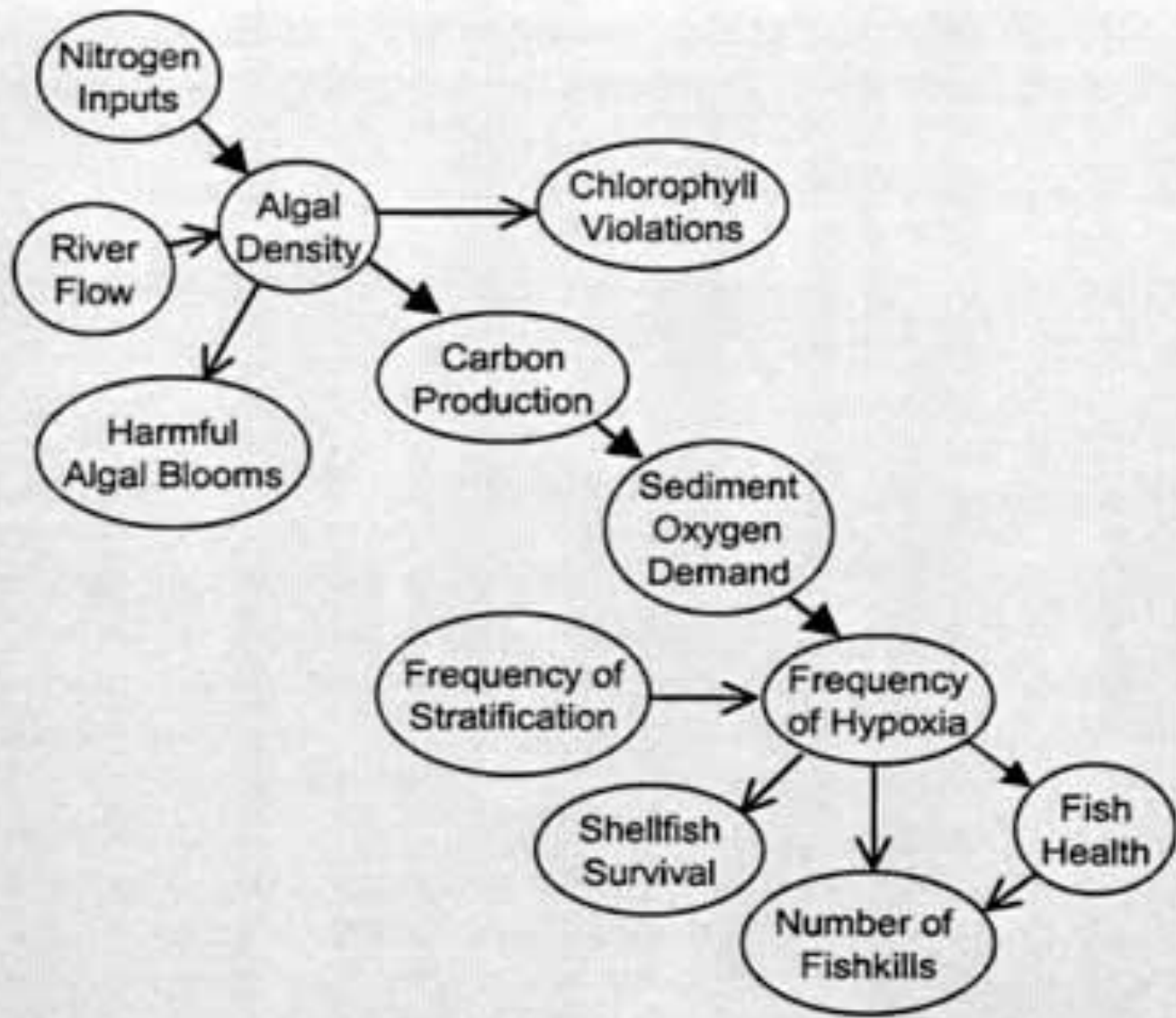
The following sequence characterizes changes in surface water quality with increasing nutrient concentration:

- increased algae growth
- reduced water clarity
- water treatment problems
 - odor and bad taste
 - increased filtration costs
 - disinfectant byproducts with potential human health effects
- reduced oxygen in the water
- altered fisheries
- fish kills
- toxins from cyanobacteria (blue-green algae) affecting human and animal health

Adverse Effects of Eutrophication

- Increased biomass of phytoplankton .
- Shifts in phytoplankton to bloom-forming species which may be toxic or inedible .
- Increases in blooms of gelatinous zooplankton (marine environments) .
 - Increased biomass of benthic and epiphytic algae .
- Changes in macrophyte species composition and biomass .
- Death of coral reefs and loss of coral reef communities .
 - Decreases in water transparency .
 - Taste, odor, and water treatment problems .
 - Oxygen depletion .
 - Increased incidence of fish kills .
 - Loss of desirable fish species .
- Reductions in harvestable fish and shellfish .
- Decreases in perceived esthetic value of the water body .

Figure 4 - Eutrophication, caused by excessive inputs of phosphorus (P) and nitrogen (N), has many adverse effects on lakes, reservoirs, rivers, and coastal oceans (modified from Smith 1998).



Glossary of Limnological Terms (from Ruttner, 1952; Crosby et al., 1990)

<i>biomass</i>	Weight of living matter.
<i>chlorophyll a</i>	Primary photosynthetic pigment. The concentration of chlorophyll <i>a</i> in water is an indicator of phytoplankton biomass. See <i>biomass</i> .
<i>cyanobacteria</i>	Prokaryotic organisms in the phytoplankton community. Cyanobacteria are typified by cells without a nucleus or organelles and with photosensitive pigments dispersed throughout the cell. Some species are capable of obtaining nitrogen for metabolism from the atmosphere.
<i>drainage basin</i>	The land area that contributes surface runoff to a water body. See "runoff."
<i>epilimnion</i>	The warm uppermost layer in a thermally stratified water body that is subject to mixing by wind.
<i>eutrophic</i>	Waters with a good supply of nutrients and hence a rich organic production.
<i>freshwater</i>	Water with concentration of total dissolved solids below 500 mg L^{-1} .

<i>hypolimnion</i>	The cool bottom layer in a thermally stratified water body that is separated from surface influences by a thermocline (see <i>thermocline</i>).
<i>macrophytes</i>	Large aquatic plants.
<i>mesotrophic</i>	Waters with a moderate supply of nutrients and organic production.
<i>nutrient limitation</i>	Limitation of phytoplankton biomass by an insufficient nutrient supply compared to the demand.
<i>oligotrophic</i>	Waters with a poor supply of nutrients and organic production.
<i>phytoplankton</i>	The photosynthesizing portion of the plankton. See also <i>plankton</i> .
<i>plankton</i>	The community of the free water.
<i>primary production</i>	The production of organic matter from inorganic materials within a certain period of time by autotrophic organisms.
<i>runoff</i>	The water reaching a lake, stream, or ocean after flow over land or through the surficial layers of the land.
<i>Secchi disk depth</i>	The depth in water to which a Secchi disk (a 20 cm diameter disk with alternating black and white quadrants) can be seen from the surface. Secchi disk depth is an easy measurement of water transparency.

<i>stratified</i>	Divided into layers. In stratified water bodies, there may be mixing within a layer but little mixing occurs between layers. Layers have different densities, which may be determined either by temperature and/or salinity.
<i>thermocline</i>	The layer of water in a water body between the epilimnion and hypolimnion in which the temperature gradient is greatest and exceeds a change of 1°C m^{-1} of depth.
<i>trophic state</i>	The degree of fertility of a lake. See also <i>eutrophic</i> , <i>mesotrophic</i> , and <i>oligotrophic</i> .
<i>zooplankton</i>	The animal portion of the plankton.

The Eutrophication Process

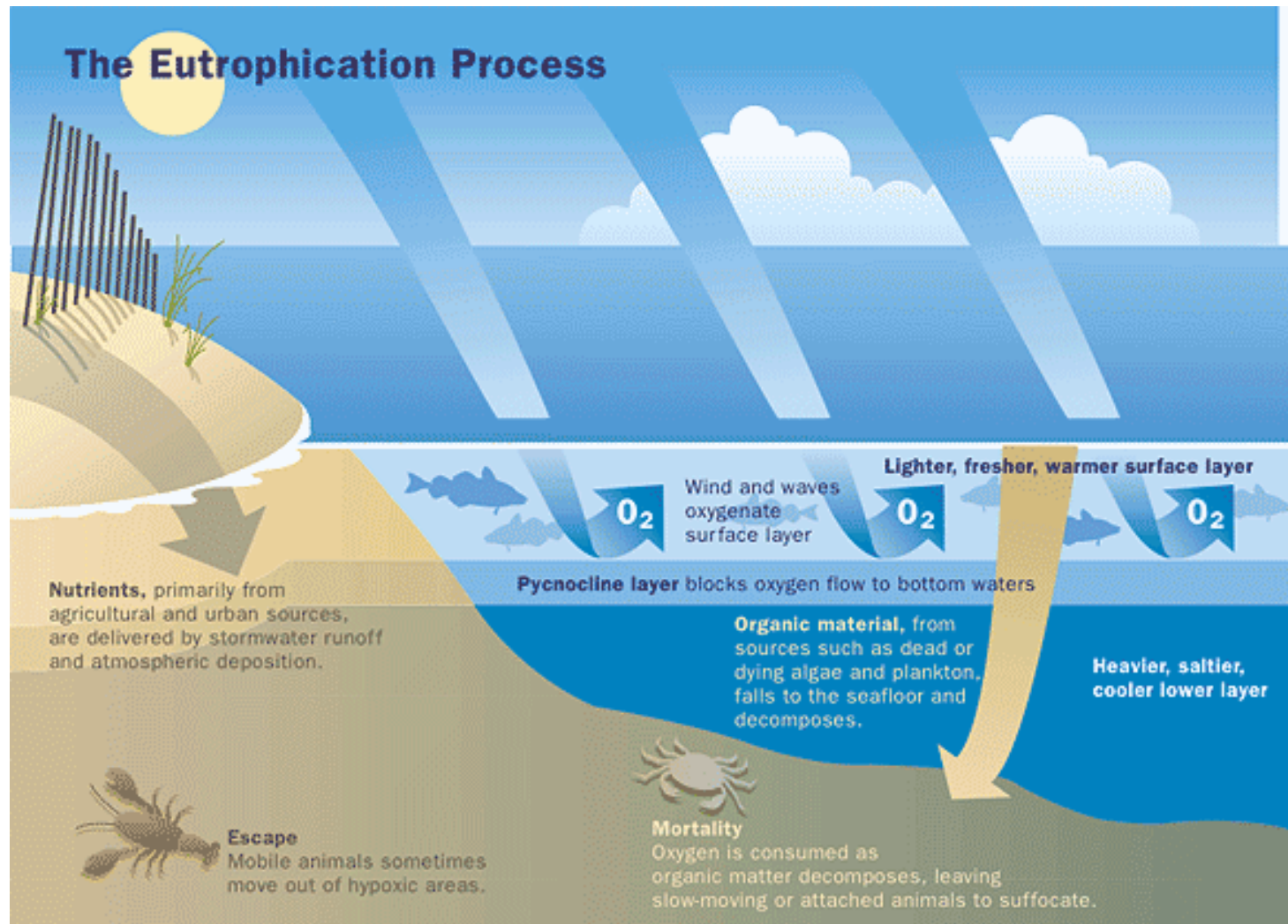
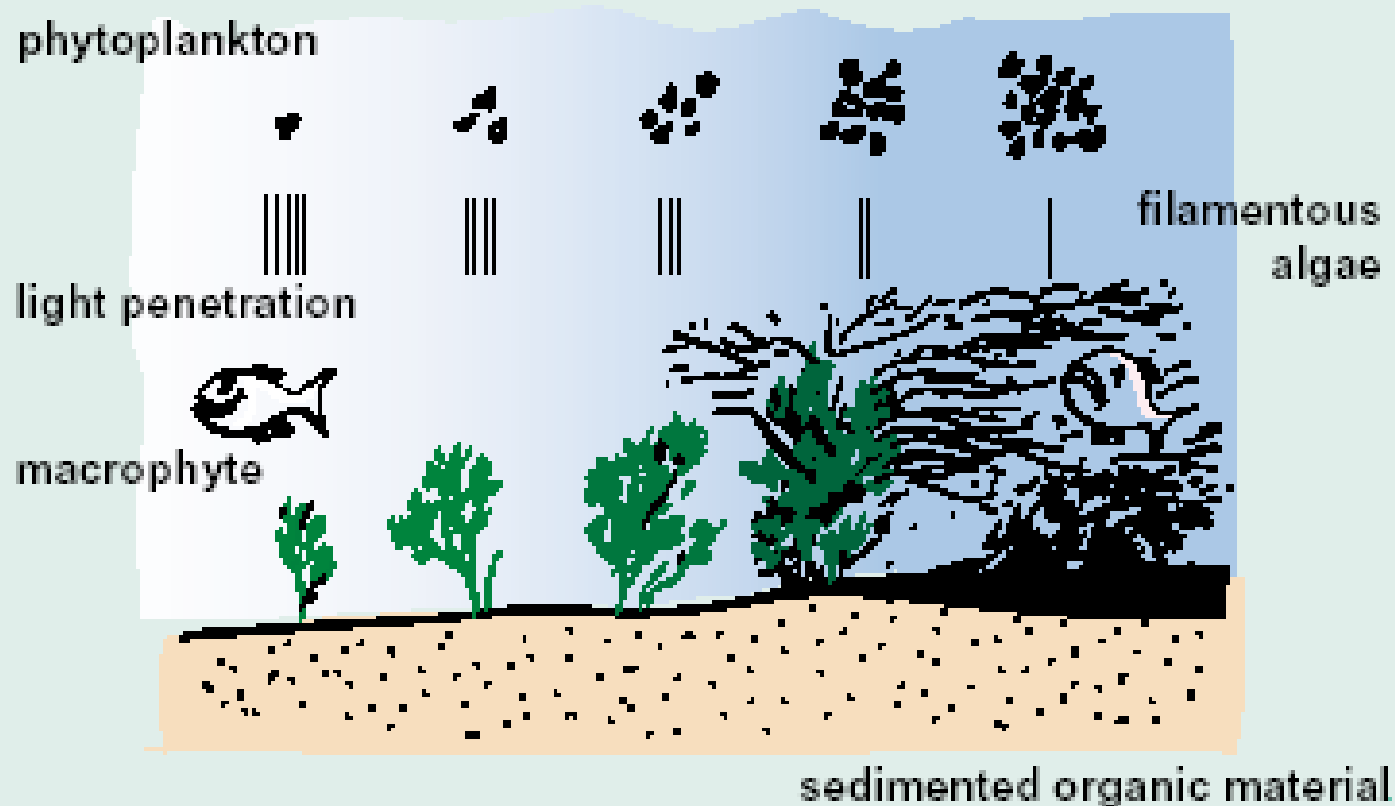
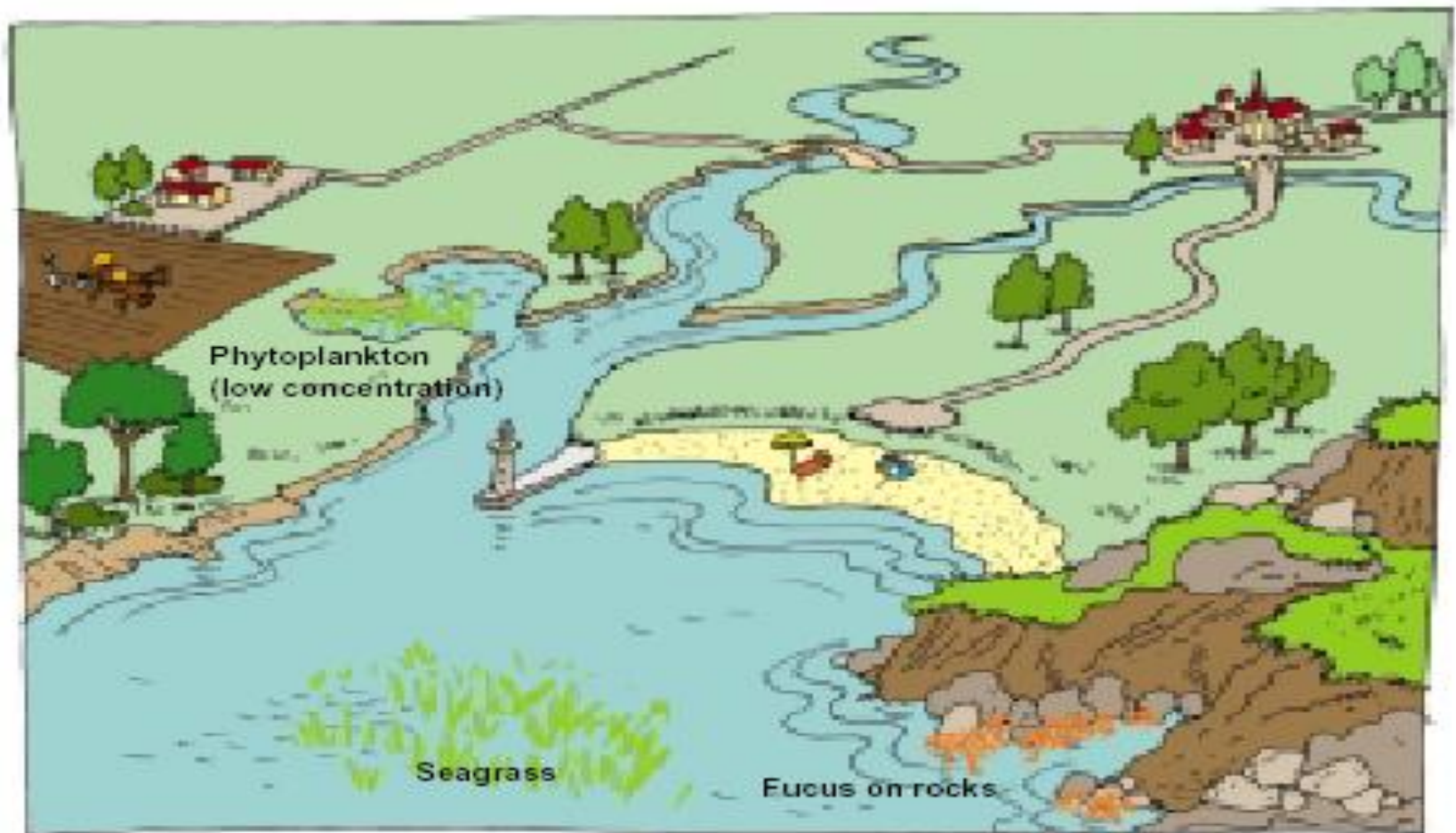


Fig. 4: Development of plant life in coastal waters with increased level of nutrients¹⁰

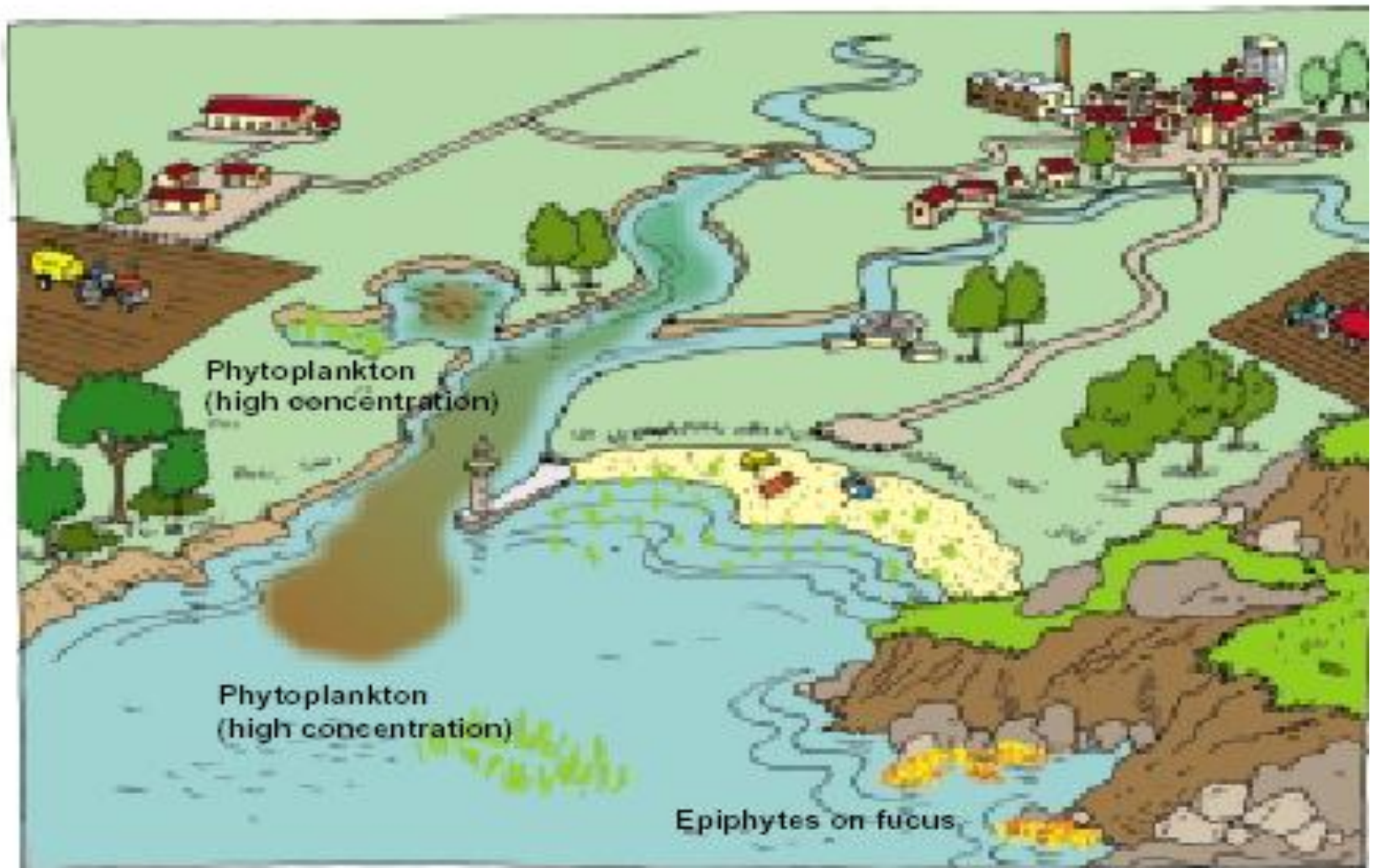


¹⁰ Funen City Council, Eutrophication of coastal waters, published by Funen City Council, Denmark, 1991

Fig 2 Ecosystem disruption



Pristine situation



Start of eutrophication



f4

Extreme eutrophication

Table-1: Trophic characterisation of lakes impairment of various uses:

Limnological characterisation	Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic
General level of production	low	medium	high
Biomass	low	medium	high
Green and/or blue-green algae fractions	low	variable	high
Hypolimnetic oxygen content	high	variable	low
Impairment of multi-purpose use of lake	little	variable	great

Table 1 Mean annual values for the trophic classification system.

	<i>Total phosphorus</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<i>Chlorophyll a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<i>Secchi disk depth</i> (m)
Ultra-oligotrophic	<4	<1	>12
Oligotrophic	<10	<2.5	>6
Mesotrophic	10–35	2.5–8	6–3
Eutrophic	35–100	8–25	3–1.5
Hypertrophic	>100	>25	<1.5

Source: OECD (1982).

Table 1: Nitrogen/Phosphorus ratios *(expressed in weight)* **for various limiting conditions in freshwater and estuarine/coastal water**

	N-limiting (Ratio N/P)	Intermediate (Ratio N/P)	P-limiting (Ratio N/P)
Freshwater	≤ 4.5	4.5-6	≥ 6
Estuarine/ coastal water ⁴	≤ 5	5-10	≥ 10

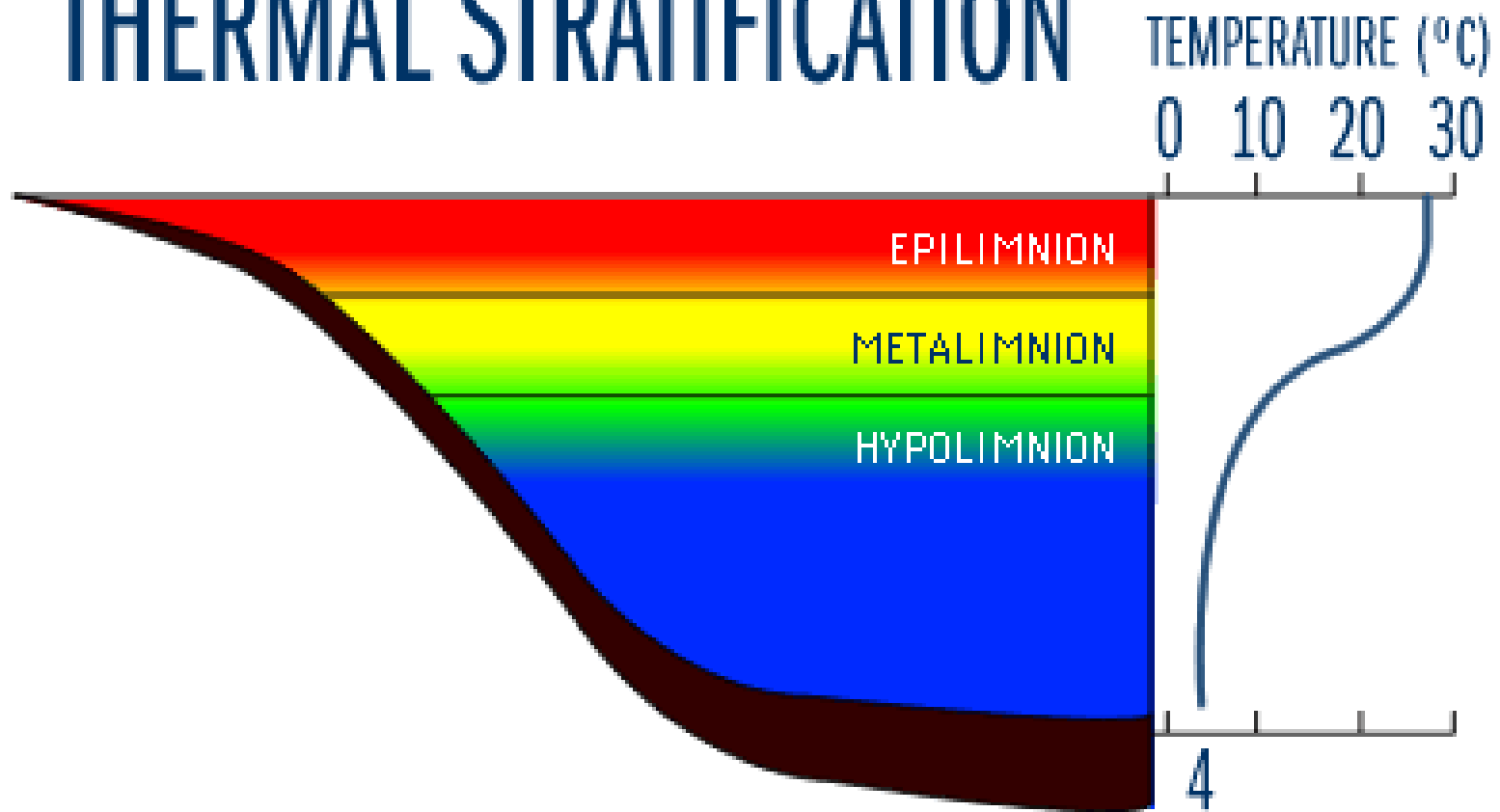
⁴ The literature dealing with the marine environment usually uses the atom for atom ratio. With such a method these figures would range between 12 and 24.

Table 7. Parameters relevant to eutrophication monitoring

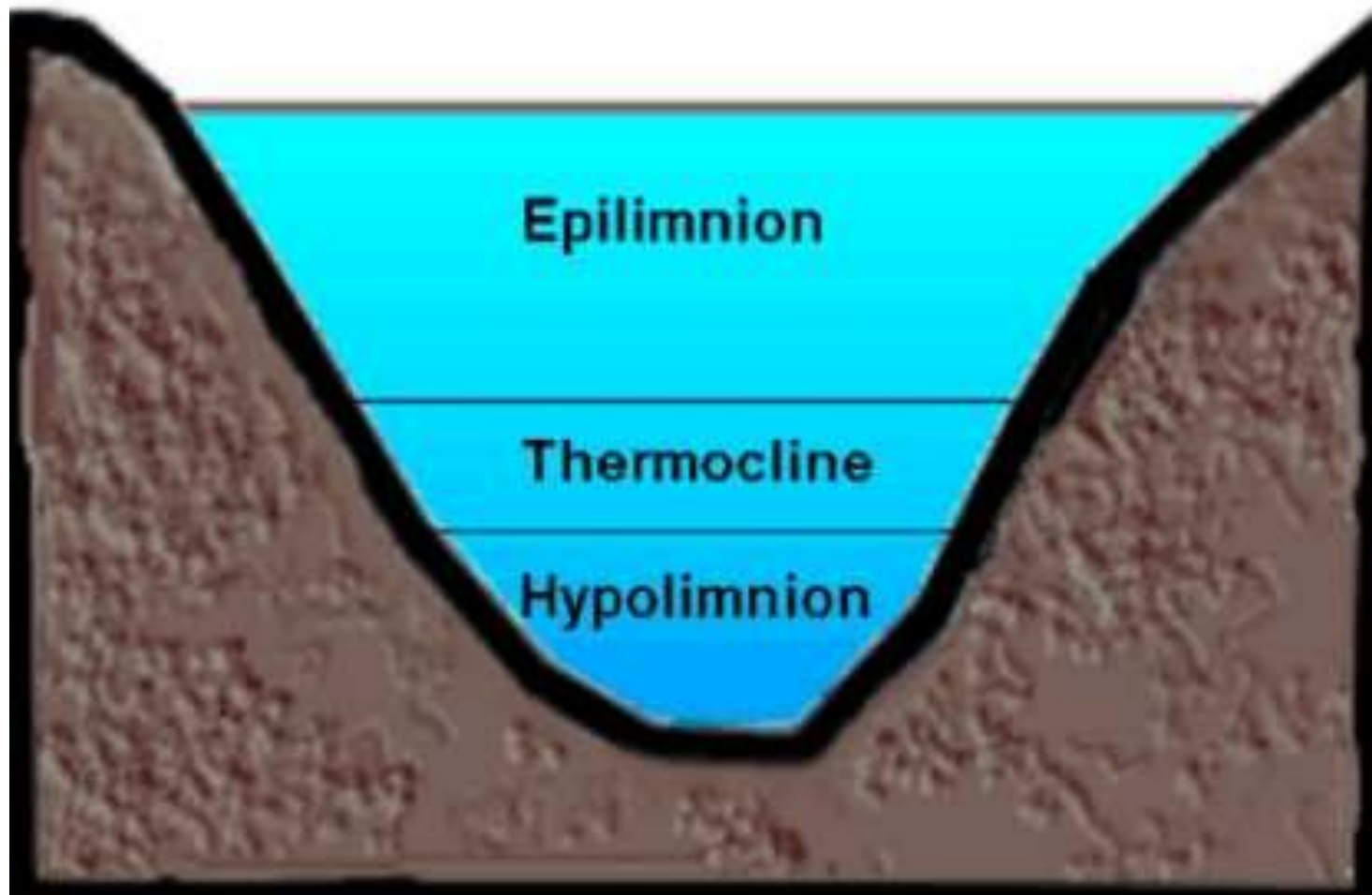
Parameter	Relevance to monitoring eutrophication	Cost per analysis* (Euros)
Nitrogen and phosphorus	Indicators of eutrophication and potential bloom occurrence. Reflect the balance between a large number of physical and biological processes. Information is needed on both inorganic and dissolved organic forms of N and P.	60
Silicon (Si)	Indicator of freshwater dispersion and of potential for diatoms blooms. Si deficiency in coastal waters can favor dinoflagellates blooms.	10
Suspended solids	Relevant indicator for drinking water production.	15
Dissolved oxygen	Essential information with regard to eutrophication effects. It is the key indicator to detect the beginning of an eutrophication process	5
Bacteria	Microbial processes happen within the cycle of aquatic life and are relevant in the assessment of eutrophication and nutrients budgets.	10
Algal or cyanobacterial biomass	Increased algal or cyanobacterial biomass is a characteristic of eutrophication. Information is also useful for assessing the effects of eutrophication on the ecosystem. Biomass can be determined directly by microscopic counts or indirectly by measurement of pigments such as chlorophyll a. Others measures are available such as the determination of the amount of suspended particulate organic matter or the automated analysis of number and size of particles. It is a useful indicator for managers.	Variable
Development of short living species of macrophytes	Relevant indicator of a potential disturbance of the recreational use of the waters and of a disbalance of the aquatic ecosystem.	Variable, depends upon the observation mode

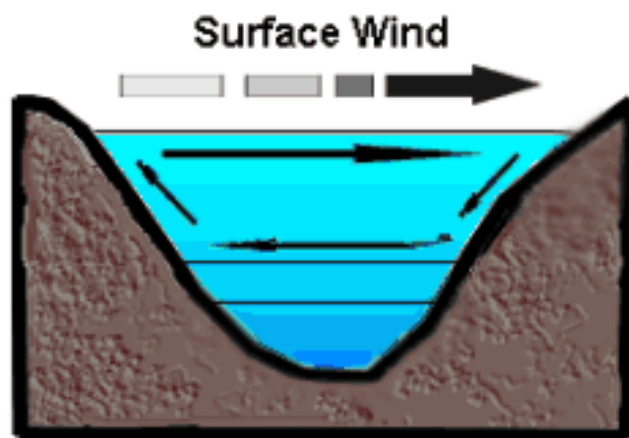
* Costs are indicative.

THERMAL STRATIFICATION

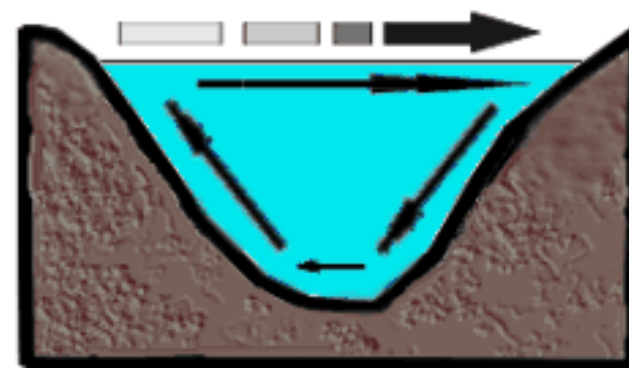


Summer Lake Stratification Zones





Summer Condition
Stratified Lake Waters



Fall Condition
Turnover

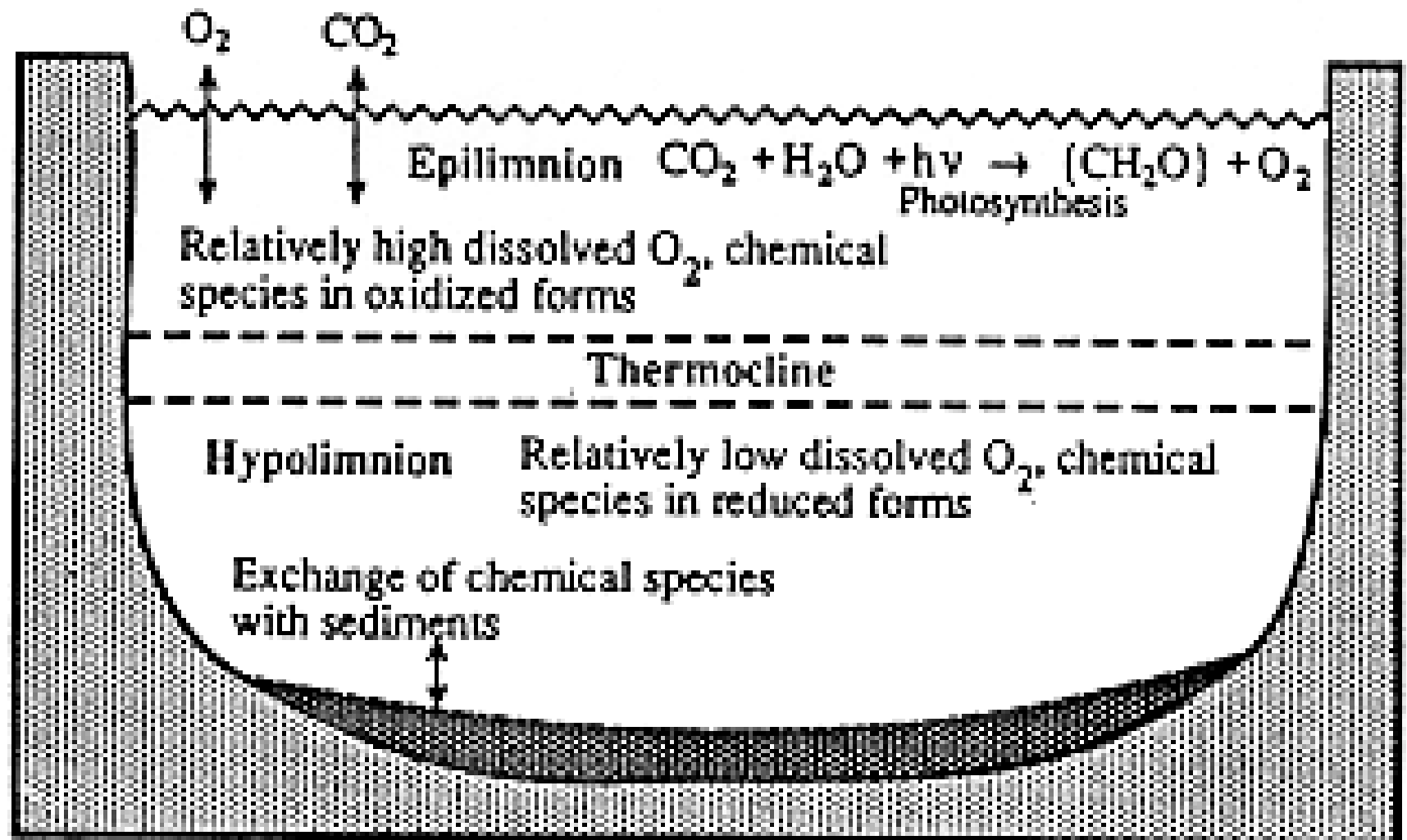
Annual Lake Cycle



Winter Condition
Stratified Lake Waters



Spring Condition
Turnover



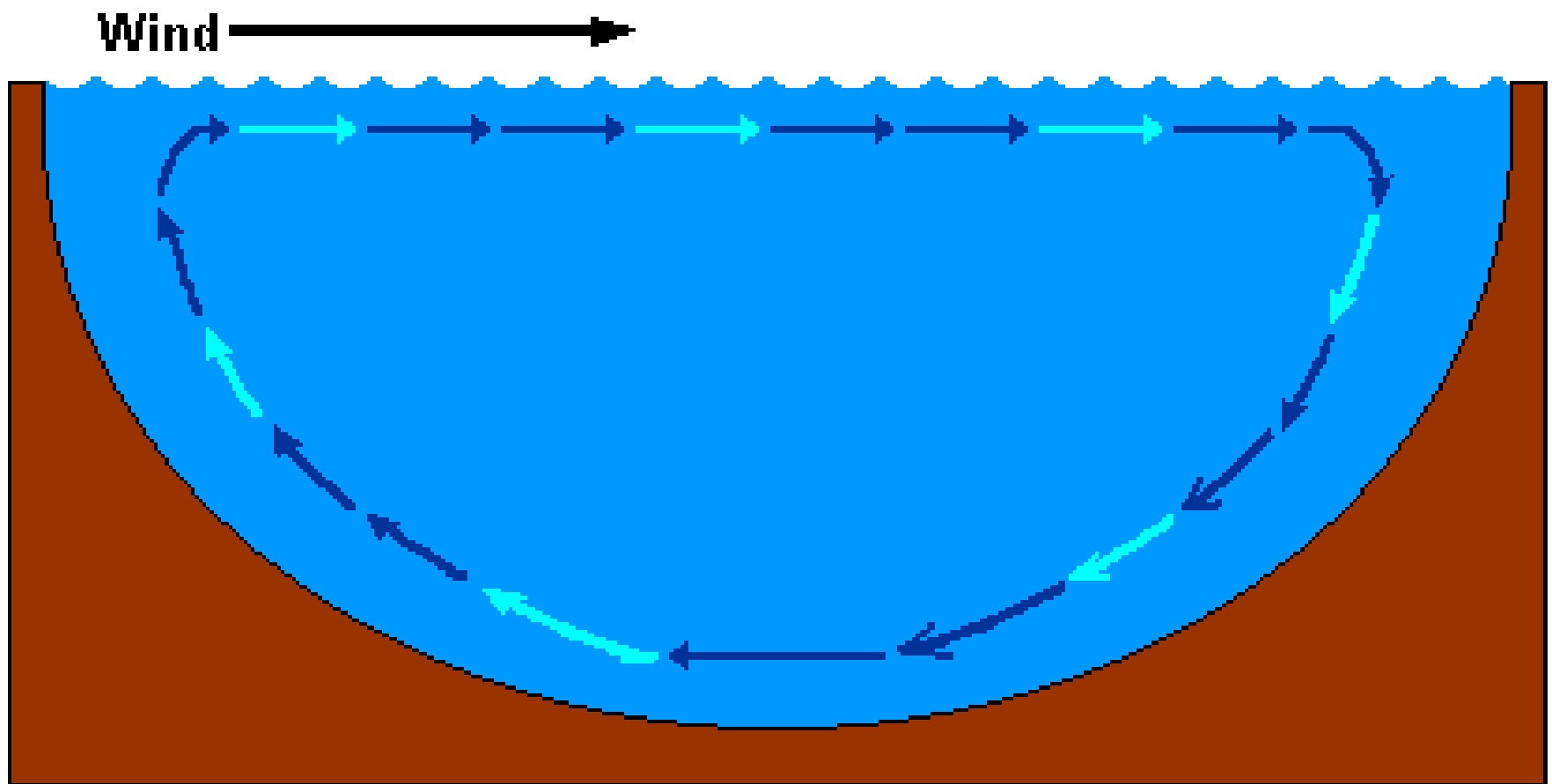


Figure 1 Complete mixing of water can occur when all water within the lake is generally the same temperature. Wind helps to drive this process.

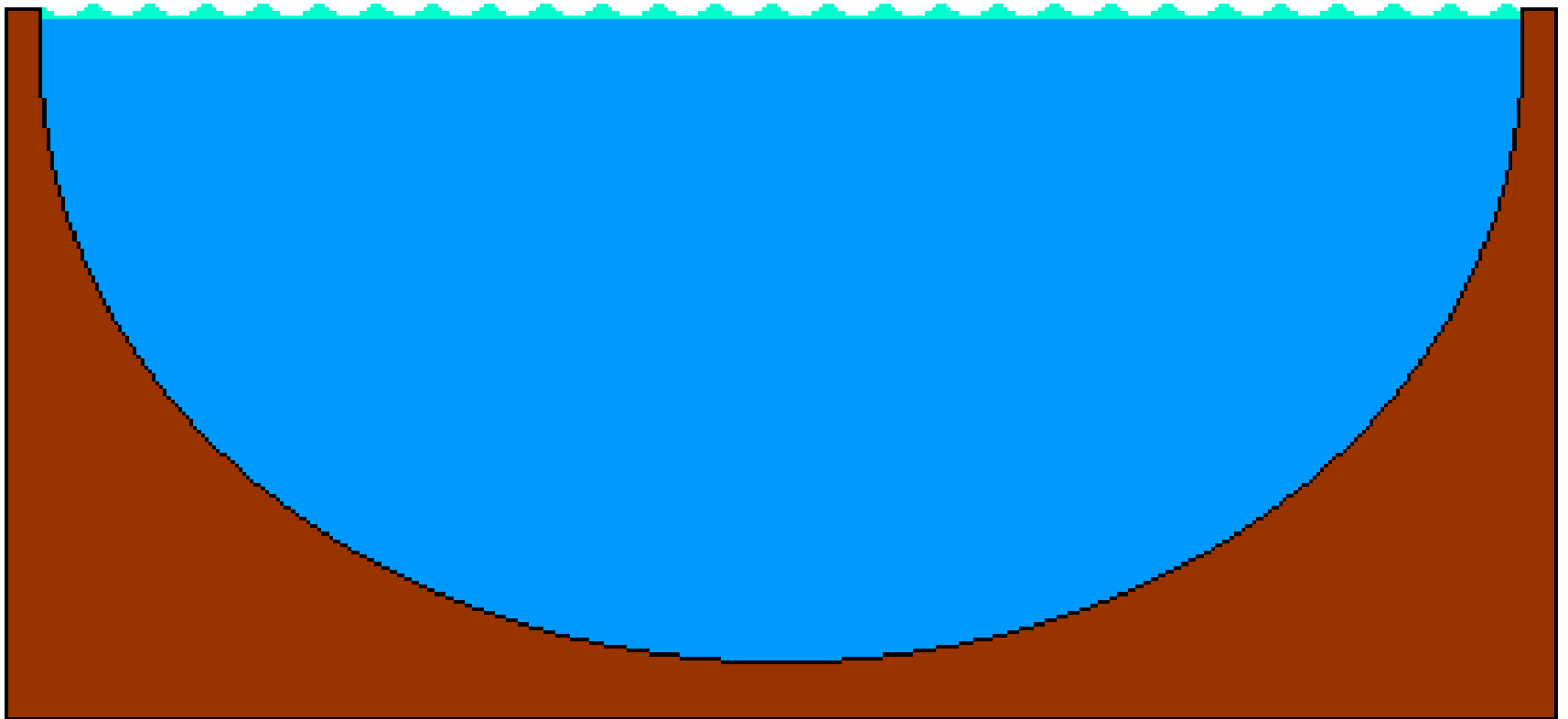


Figure 2 As summer approaches, the surface of the lake begins to get warmer. This creates a relatively warm surface layer over a relatively cool bottom layer. They are separated by a zone that changes temperature very rapidly with depth.

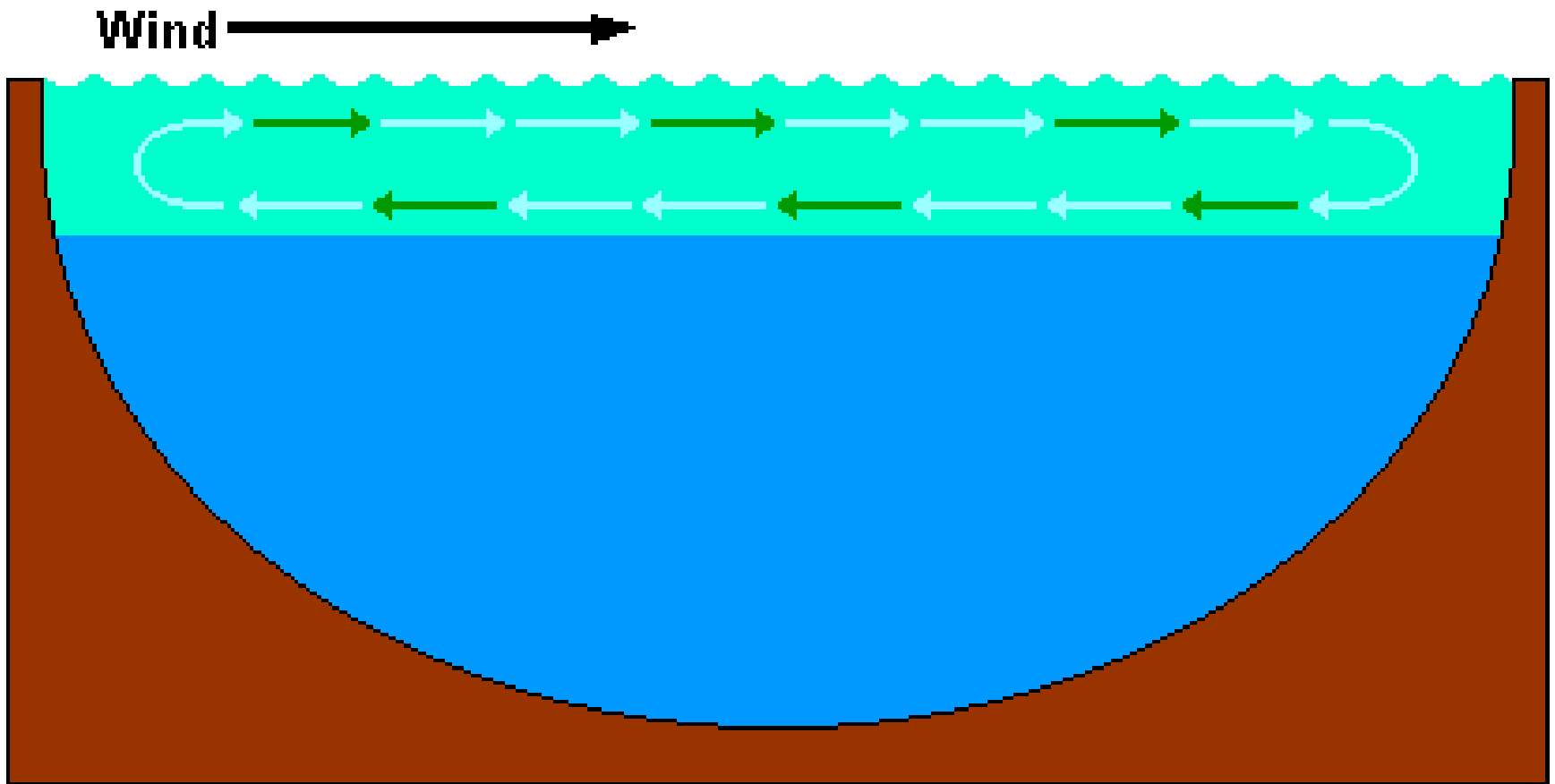


Figure 3 During summer density differences act as a barrier to complete mixing of the lake. This deprives the lake bottom of oxygen.

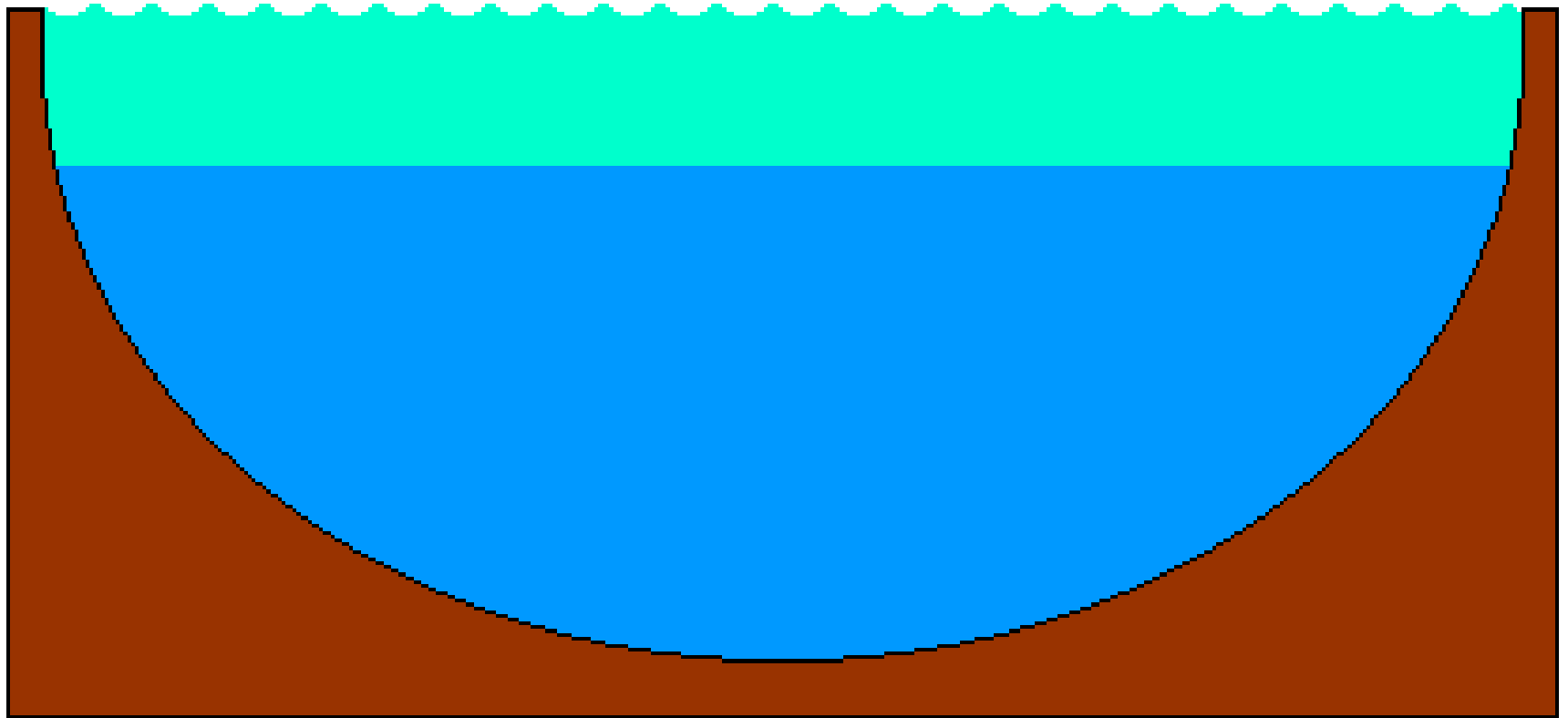


Figure 4 As seasonal temperatures decrease, so does the depth of the warm water layer known as the epilimnion. Conversely, the cold layer known as the hypolimnion increases in thickness.

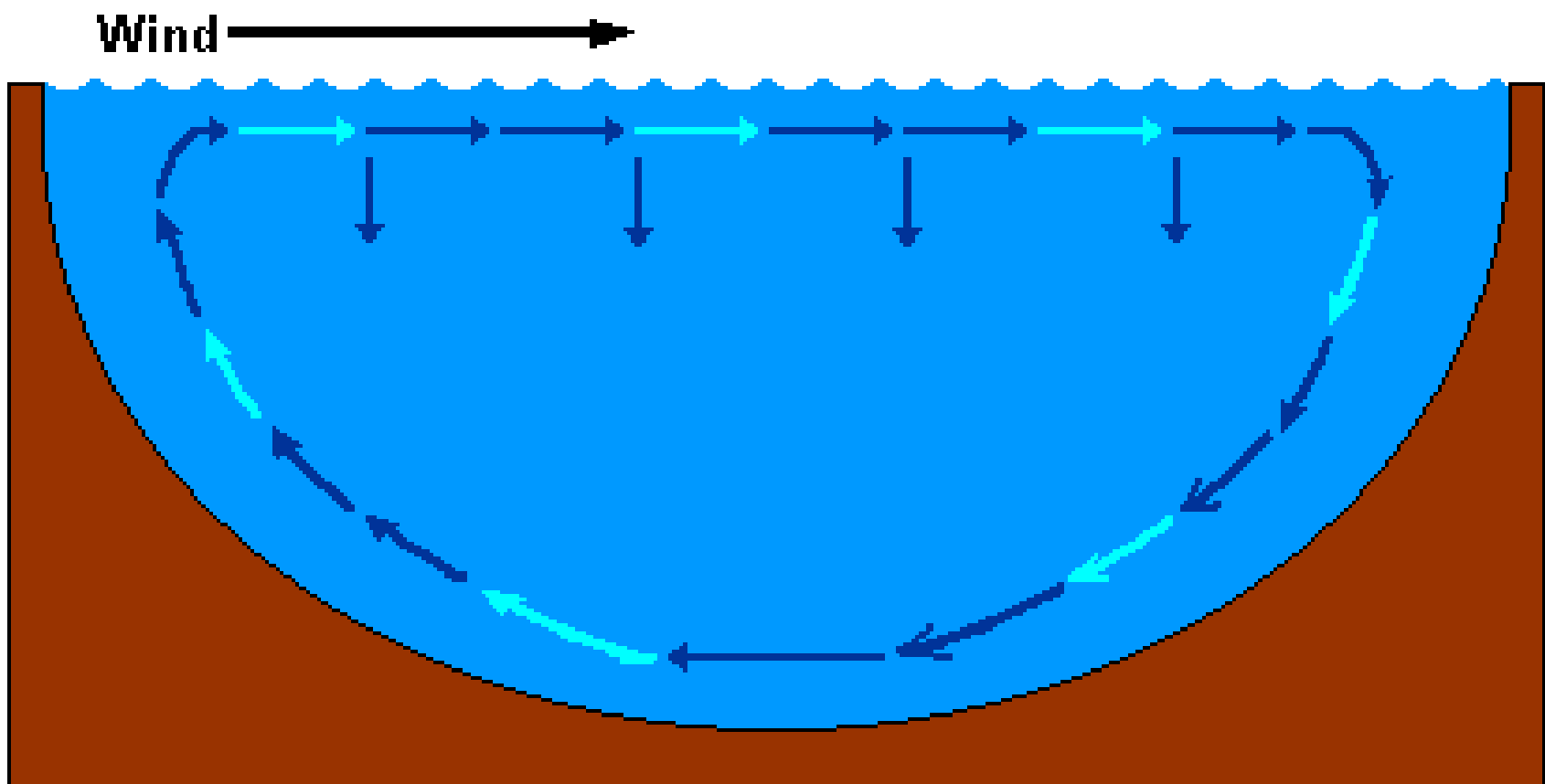


Figure 5 Complete mixing of water can occur when all water within the lake is generally the same temperature. In addition, the atmosphere cools the water at the lake's surface. This dense water sinks to the bottom and further contributes to lake mixing.

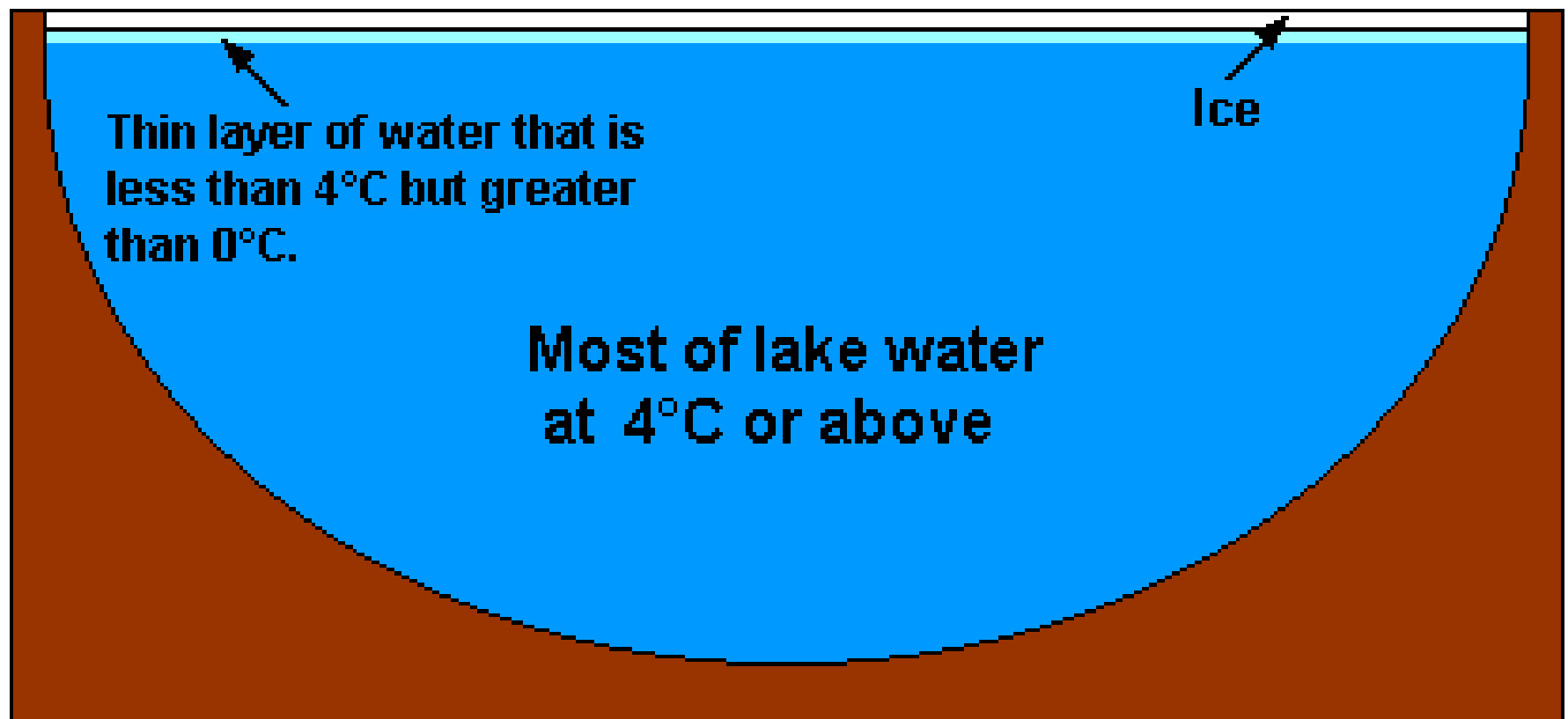
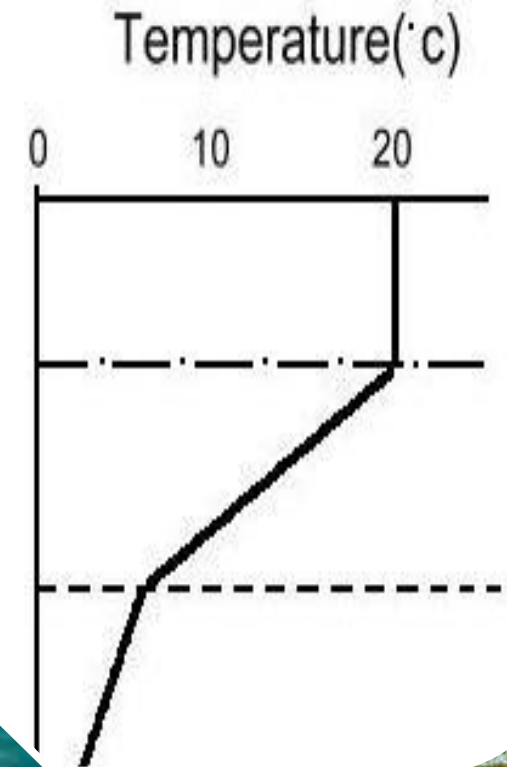


Figure 6 During the winter, ice prevents lake water mixing. Stratification can occur during this time of winter stagnation.



**Phosphors
and
Nitrogen**

