

G.-Tóth, L. & Padisák, J. (1981): A Balaton tihanyi térségében végzett algológiai és bakteriológiai tanulmányok eredményeinek értékelése a zooplankton táplálkozása szempontjából. [Analysis of algological and bacteriological studies carried out at the Tihany region of Lake Balaton with special reference to zooplankton feeding ecology]. - A Balaton kutatás újabb eredményei II. VEAB Monográfia 16: 105-123, (in Hungarian).

A BALATON KUTATÁS ÚJABB EREDMÉNYEI II.
VEAB MONOGRÁFIA 16. SZ. 1981. VESZPRÉM

G.-TÓTH LÁSZLÓ - PADISÁK JUDIT

A BALATON TIHANYI TÉRSÉGÉBEN VÉGZETT ALGOLÓGIAI ÉS BAKTERIOLÓGIAI TANULMÁNYOK EREDMÉNYEINEK ÉRTÉKELÉSE A ZOOPLANKTON TÁPLÁLKOZÁSA SZEMPONTJÁBÓL

Summary

The number of algae smaller than $10\ \mu\text{m}$ being the most suitable food for zooplankton, has increased by one order of magnitude in the summer plankton at Tihany between 1975 and 1979. 60 to 80 per cent of the total algae counted were permanently smaller than $10\ \mu\text{m}$, however their ratio in the phytoplankton biomass was utmost 16 to 18 per cent. As a consequence: only a small proportion of phytoplankton biomass harmful from the point of water quality can get into the zooplankton. The food of zooplankton contains species of small size. The total bacterium number has increased since 1977. The species with coccus form were dominant among the morphological groups, they amounted to 80 respectively 95 per cent of the bacterioplankton. Within these species probably the floating colony forming population plays an important role. Their numbers multiplied in the water after storms caused by the stirring up of the organic sediment.

These can be important from the point of the food chain because certain species available fit in size for zooplankton. The generation time of bacterioplankton decreased, while its net production increased and reached in summer 1978 55 to 60 per cent of the net primary production.

The region studied was mesotrophic and occasionally eutrophic from bacteriological point of view. The importance of bacterioplankton increased in the decomposition of phytoplankton, causing possibly the increase of organisms feeding on bacteria (protozoans, rotatorians, cladocerans).

According to our experiments in situ 51 per cent of the biomass of algae smaller than $10\ \mu\text{m}$, 6 per cent of the larger algae and 10 per cent of bacterial biomass can be consumed by the zooplankton.

The high content of useless (mainly inorganic) floating particles in the lake water (size 1 to $7\ \mu\text{m}$) can reduce accordingly the digestible food intake and utilization in zooplankton, particularly in organisms of automatic filtering drastically.

Összefoglalás

A zooplankton legvalószínűbb táplálékát jelentő 10 μm -nél kisebb algák egyedszáma egy nagyságrenddel növekedett meg 1975–79 között a tihanyi térség nyári planktonjában. Az összalgaszám 60–80%-át tartósan a 10 μm -nél kisebb algák alkották, míg a fitoplankton biomaszájának maximálisan 16–18%-át tették ki. Ennek táplálkozásbiológiai vetülete, hogy a víz minőségét rontó alga biomaszájának csupán kis része juthat a zooplanktonba, feltételezve, hogy a zooplankton a kis testű fajokat fogyasztja.

Az öszbaktériumszám 1977 óta emelkedett. A morfológiai csoportok közül a coccusok voltak a legfontosabbak, a bakterioplankton 80–95%-át tették ki. Ezen belül a víz szervesanyagának lebontásában fontos szerepet kaphattak a kolóniákban lebegő coccusok, amelyek vihart és a szerves üledék felkeveredését követve szaporodtak el a vízoszlopban. Táplálkozási szempontból fontosak lehetnek ezek, mert egyes tagjaik a zooplankton számára felvehető méretűek. A bakterioplankton generációs ideje lecsökkent, nettó produkciója nőtt, 1978 nyarán elérte a nettó elsődleges termelés 55–60%-át. A térség bakteriológiai szempontból mezotróf, időnként eutróf volt. A bakterioplankton fontossága az elpusztuló alga-tömeg degradációjában növekedett, ami a baktériumfalo szervezetek (protozoák, rotatóriák, daphniák) elszaporodását is maga után vonhatja.

In situ predációs kísérleteinkben a 10 μm -nél kisebb algák által időegység alatt termelt biomasza 51%-a, a nagyobbaknál 6%-a, bakteriális biomasza 10%-a jutott a zooplanktonba. A balatonvíz nagy lebegtetett biogén mésztartalma (szemcsék mérete 1–7 μm) a zooplankton, különösen az automatikus szűrő szervezetek táplálékfelvételét és hasznosítását nagyon leronthatja.

Bevezetés

A Balaton mikroflórája ma már jól kutatottnak mondható. A fitoplankton strukturális és funkcionális viszonyainak megismerését, az eutrofizáció hatásait Herodek és Tamás sokirányú vizsgálatainak köszönhetjük (Herodek 1977), valamint Vörös legutóbb végzett modern cönológiai kutatásainak (Vörös 1980). Fontos ismeretanyagot szolgáltatottak a fitoplankton tömegéről és horizontális eloszlásáról az egész tavon végzett klorofillmérések is (Tóth F. in press). A bakterioplankton mennyiségi viszonyait az egész tavon kiterjedten vizsgálta Oláh (1973). Az egyes fiziológiai csoportokat, valamint a tó legfontosabb baktériumainak rendszertani hovatartozását Szabó és munkacsoportja vizsgálják (Szabó 1979). A bakterioplankton súlyos tápanyagterhelés okozta dinamikus változásairól ma már szintén vannak információink (Oláh, et al. 1978). A fitoplankton és a bakterioplankton funkcionális együttműködését pedig az egyes morfológiai csoportok és az algák generációs idejének és produkciójának együttes vizsgálataival igyekszünk felderíteni (G.—Tóth 1980a, 1980b).

A számos eredmény mellett az elmúlt években szükség volt néhány olyan vizsgálat elvégzésére is, amelyek célja a balatoni zooplankton leg-

valószínűbb táplálékbázisát jelentő 10 μm -nél kisebb algák és a különböző baktérium morfológiai csoportok mennyiségi viszonyainak felmérése és az eutrofizálódási folyamat következtében történő változásainak regisztrálása volt.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A fitoplankton és a bakterioplankton alakulását az 1975–78-as évek július, augusztus hónapjaiban egy-egy hónapon át nap mint nap vett minták alapján, 1979 nyarán négy mintavétellel kísértük figyelemmel a Tihany előtti nyílt vízben (1. ábra). A „ μ -algák” nehéz vizsgálhatósága miatt a fordított planktonmikroszkóp mellett (Utermöhl 1958) használtuk a membránfilteres technikát is (Rozumov 1932). A baktériumokat ugyancsak a direkt számlálásos membrán-filteres módszerrel számoltuk. Az egyes mikroflóra kategóriák generációs idejének és produkciójának meghatározására bevezettük a Balatonon a dializáló zsákos in situ módszert. 100 ml-es hagyományos pryrex üvegekben és 250 ml-esre alakított dializáló zsákokban inkubáltunk szüretlen és No. 25-ös planktonhálón szűrt balatonvizet a napali órákban 100–150 cm mélységekben, az eredeti mintavételi helyen. Az inkubációs idő alatt kapott sejtszám és biomasszaszaporulat ismeretében kalkuláltuk az algák és a baktériumok generációs idejét (Rodina 1972) és nettó produkcióját. A teljes napi ciklusra eső nettó produkció kalkulálásánál az elsődleges termelést napkelte-napnyugta közti órák száma mínusz két óra, a bakteriális termelést 24 óra időtartamra extrapoláltuk. A zooplanktontartalmú és a No. 25-ös planktonhálón szűrt balatonvíz inkubációi alapján a fitoplankton és a bakterioplankton predációs veszteségéről is szereztünk adatokat. Tájékoztató jelleggel 1979. szeptemberében 120 db *Daphnia cucullata* béltartalmát is megvizsgáltuk (P.–Zánkai és G.–Tóth 1981).

A vizsgálataink során kapott nagyszámú adat a későbbiek során hasznos lehet a populációdinamikai és produkciómodellek építésénél, az alábbi munkában azonban elsősorban a táplálékszervezetek mennyiségi viszonyait emeljük ki.

EREDMÉNYEK

A 10 μm -NÉL KISEBB ÉS NAGYOBB ALGÁK ARÁNYA A TIHANYI TÉRSÉG NYÁRI PLANKTONJÁBAN

Az elmúlt hat év során a 10 μm -nél kisebb algák száma Tihanynál egy nagy-

ságrenddel növekedett (2. ábra). A 2. ábrán Herodek és Oláh (1973) korábbi „ μ -alga” adatait is feltüntettük, hogy még érzékletesebbé tegyük az egyed-számnövekedést. E korábbi eredmények téli vizsgálatok során születtek, amikor a „ μ -algák” mennyisége általában maximális a Balatonban, így ez az összehasonlítás a növekedés mértékét még jobban hangsúlyozza.

A 196 vízmintában összesen 53 különböző 10 μ m-nél kisebb algataxont találtunk. A leggyakoribbak a Pyrrophyta, Chrysophyta és Chlorophyta törzsekből kerültek ki, pl. a Rhodomonas, Cyclotella, Chrysidalis, Chlorella, Scenedesmus fajok. Ezek 60–80%-át alkották a mindenkori 10 μ m-nél kisebb algaegyedszámnak. Gyakoriak voltak még a Kephyrion, Tetrastrum és Crucigenia fajok, valamint a nehezen meghatározható fejlődési alakok (zoospórák) is.

10 μ m-nél kisebb algák biomasszája szintén megnövekedett az évek során (3. ábra).

A teljes fitoplankton összetételét vizsgálva az összalgaszám 60–80%-át alkották a kisméretű fajok (4. ábra). Ez az arány a nyarak során szintén növekvő tendenciát mutatott. Kivétel az 1979-es esztendő nyara, mert ekkor néhány nagytestű kékalga faj (Aphanizomenon flos-aquae f.klebahni, Lyngbya limnetica, Gomphosphaeria lacustris, Coelosphaerium kuetzingianum) tömegprodukcója következtében a fitoplankton aránya nagyon eltorzult ezek javára.

A biomasszákat összehasonlítva a 10 μ m-nél nagyobb algák a lényege-
sek, a kistestű fajok biomasszája maximálisan 15–18%-a volt a teljes fito-
plankton biomasszájának (5. ábra). Ez érthető, ha tekintetbe vesszük, hogy
a legkisebb és a legnagyobb balatoni algák térfogata között 5 nagyságrendnyi
különbség van.

A BAKTERIÁLIS MORFOLÓGIAI CSOPORTOK ARÁNYA ÉS A BAKTERIOPLANKTON MENNYISÉGE A TIHANYI TÉRSÉG NYÁRI PLANKTONJÁBAN

A membránfilteren számolt nyíltvízi baktériumok száma az utóbbi három évben kezdett növekedni (6. ábra).

A bakterioplanktonban a coccus-coccoid sejtek domináltak, a spirillumok és a vibriók száma kevés volt (7. ábra). A holt szervesanyag lebontásában nagy szerepe lehetett egy kolóniákban lebegő coccus populációnak, amelynek aránya nagy volt és a szerves üledék viharok okozta felkeveredését követve szaporodott el a nyílt vízben. Az utóbbi nyarakon azonban a kolóniák aránya kezd visszaszorulni azáltal, hogy az egyedülálló sejtek

száma nagyon megemelkedett.

Az egyes morfológiai csoportok aránya a bakterioplankton biomaszájában jobban hasonlított az öszsbaktériumszám ilyen megoszlásához, mint a fitoplankton esetében, mert a különböző baktériumsejtek között nem voltak nagyságrendnyi különbségek (8. ábra). A diplococcusok, pálcikák és vibriók térfogata valamivel nagyobb a coccusokénál, így ezek biomasszája az egyedszámokhoz képest jelentősebb volt.

A FITOPLANKTON ÉS A BAKTERIOPLANKTON NETTÓ PRODUKCIÓJA, PREDÁCIÓS VESZTESÉGE ÉS MORTALITÁSA

A bakterioplankton generációs ideje az évek során csökkent és a bakteriális produkció növekedett (9. ábra). A mikrobiális aktivitás fokozódása egyenesen arányos a térség elsődleges termelésének növekedésével és annak mintegy 55–60%-át tette ki 1978 nyarán.

Kalkuláltuk a termelődő alga és baktériumtömeg eliminációjának mértékét is a produkció ismeretében várható biomaszértékek és a nyílt vízben nap, mint nap tapasztalt aktuális biomaszértékek összevetésével. Ennek alapján az algák és a baktériumok igen nagy mértékű eliminációját becsültük (10. ábra). Az ábrán a szaggatott vonalak jelzik a víz biomaszátartalma és a várható, elméleti biomaszértékek különbségeit, ami az eliminációnak felel meg.

A No. 25.-ös planktonhálón szűrt és a szüretlen természetes zooplanktontartalmú balatonvíz dializáló zsákos inkubáció alapján a megvilágított napszakban az időegység alatt termelődő alga biomasza 1%-a, a bakteriális biomasza 10%-a kerül folyamatosan elfogyasztásra.

A 10 μm -nél kisebb és nagyobb algák predációs veszteségét külön-külön vizsgálva a kis testű fajok által időegység alatt termelt biomasza 51%-a került elfogyasztásra, míg a 10 μm -nél nagyobb algák predációs vesztesége csupán 6%-os volt (11. ábra, 1. táblázat). A *Daphnia cucullata* béltartalom analízisei szintén az apró testű algák táplálék szerepét hangsúlyozták. A béltartalmakból a nagy mennyiségben elnyelt 1–7 μm -es szerves kristályos törmelék mellett főleg 10 μm -nél kisebb algasejteket mutattunk ki (P.–Zánkai és G.–Tóth 1981).

ÉRTÉKELÉS

A fitoplankton és a bakterioplankton mennyiségének növekedése az eutrofizálódási folyamat előrehaladásáról tanúskodik. A tihanyi térség elsődleges

termelésének fokozódása már korábban jelezte ezt (Herodek 1977). Az **össz-**baktériumszám növekedése következtében a térség ma már bakteriológiai szempontból is mezotrófnak, időnként eutrófnak minősül. A bakteriális generációs idő pl. 1979 nyarán. akkora volt, mint 1973-ban az akkor már eutróf Keszthelyi-öbölben (Oláh 1973).

A bakterioplankton fontossága az elpusztuló alगतömeg nyíltvízi degradációjában növekedett (1978-ban a nettó bakteriális produkció 55–60%-a volt a nettó elsődleges termelésnek), ezzel együtt növekedett a finomszűrő zooplankton tagok potenciális táplálékbázisa is. A restitutív folyamatok fokozódása mellett ez egy olyan változást okozhat, amely a baktériumfaló szervezetek (protozoák, rotatoriák, *Daphnia* fajok) várható elszaporodását jelenti. Táplálkozási szempontból különösen fontosak lehetnek a kolóniákban lebegő baktériumok, mert ezek egy része az egyes szűrőrakok számára könnyen felvehető méretű.

A 10 μm -nél kisebb algák számának nagyságrendnyi növekedése, s az összalgaszámhoz viszonyított tartósan nagy aránya ugyancsak a zooplankton potenciális táplálékbázisának nagyméretű növekedését jelenti.

A fitoplankton biomasszájának szempontjából viszont a 10 μm -nél nagyobb algák a döntőek. Ennek táplálkozási vetülete az, hogy a víz minőségét rontó alga biomasszájának mégis csak kis része juthat a zooplanktonba, amennyiben a fogyasztó szervezetek valóban a kis méretű algafajokat kedvelik.

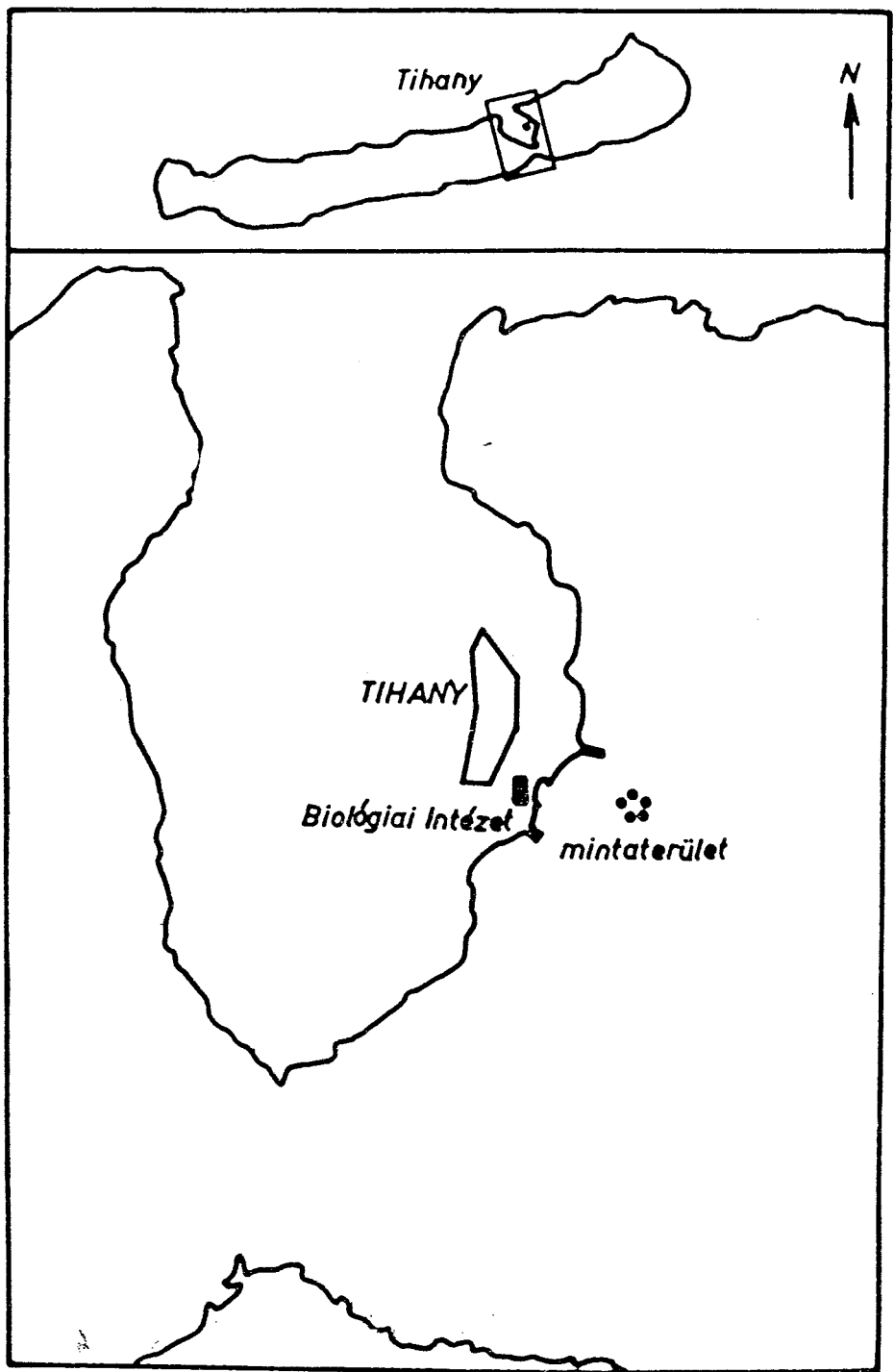
A Balaton planktonrendszerének korábbi számítógépes vizsgálatai (Ponyi 1977) és számos külföldi tapasztalat (Gliwicz 1969, 1977) ezt az elképzelést erősítik. In situ predációs kísérleteink szintén az apró testű algák fontos táplálék szerepét igazolták. Mindezek alapján úgy tűnik, néhány zooplankton szervezet valóban szívesebben fogyasztja a fitoplankton 10 μm -nél kisebb tagjait és kiegészítésként baktériumokat is. Az alga és baktériumfogyasztást és a már felvett táplálék hasznosítását azonban nagy mértékben ronthatja a balatonvíz magas koncentrációban lebegtetett triptonja (a szemcsék mérete: 1–7 μm), amely az automatikus szűrőknél a bétartalom 60–80%-át is kiteheti, illetve a béltraktus hasznosíthatatlan anyaggal való állandó feltöltődését okozza. A szemcsék valószínűleg a fitoplankton fotoszintézise során biogén mészkiválással keletkeznek, jelenlétük a Balaton egyik sajátos tulajdonsága (Entz–Sebestyén 1942; Entz 1980).

- Entz, B. (1980): A Balaton parti övében és vízfenék élővilágában az utóbbi évtizedekben bekövetkezett változások állattani vonatkozásai és ezzel kapcsolatos fizikai és kémiai vizsgálatok a Balatonon. – VEAB Előadóülés, 1980. június 18. (Veszprém)
- Entz, G. és Sebestyén, O. (1942): A Balaton élete. – Kir. Magyar Természettudományi Könyvkiadó Társulat, Budapest
- Gliwicz, Z. M. (1969): Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. – Ekol. pol. A, 17 (No 36), 663–708.
- Gliwicz, Z. M. (1977): Food size selection and seasonal succession of filter feeding zooplankton in an eutropic lake. – Ekol. pol. 25/1, 179–225.
- G.–Tóth, L. (1980a): Anwendung von Dialysiersäckchen bei der Bestimmung der Produktion des Bakteriound Phytoplanktons. – III. Internationales Hydromikrobiologisches Symposium, Bakteriound Phytoplanktons. – II. Internationales Hydromikrobiologisches Symposium, 3.–6. Juni 1980. Smolenice (CSSR).
- G.–Tóth, L. 1980b: The use of dialyzing sacks in estimation of production of bacterioplankton and phytoplankton. – Arch. Hydrobiol. 89.4.474–482.
- Gorlenko, V. M. és Dubinina, G. A. és Kuznetsov, SZ. I. (1977): Vizi mikroorganizmusok ökológiája. – „NAUKA”, MOSZKVA: 14–14. (oroszul)
- Herodek, S. (1977): A balatoni fitoplankton kutatás újabb eredményei. (Recent results of phytoplankton research in Lake Balaton). – Annal. Biol. Tihany 44: 181–198.
- Herodek, S. és Oláh, J. (1973): Primary production in the frozen Lake Balaton. – Annal Biol. Tihany 40: 197–206.
- Oláh, J. (1973): A bakterioplankton biomasszája és produkciója a Balatonban. – Hidrológiai Közlemény 8: 348–357.
- Oláh, J. és Tóth, L. és O. Tóth, E. (1978): Szokatlanul nagy tápanyag terhelés hatása a Balatonra. – Hidrológiai Közlemény 4: 154–166.
- Ponyi, J. (1977): A balatoni zooplankton kutatások újabb eredményei. (New results of the zooplankton studies in Lake Balaton). – Annal. Biol. Tihany 44: 199–214.
- P.–Zánkai, N. és G.–Tóth, L. (1981): Daphnia fajok táplálkozása a Balatonban (in press)
- Razumov, A. S. (1932): A method for direct bacteria count in waters and its comparison with Koch's method (oroszul). – Mikrobiológia 1: 131–146.
- Rodina, A. G. (1972): Methods in aquatic microbiology. – Univ. Park. Press, Baltimore, Butterworth et Co LTD, London, 1–476.
- Szabó, I. M. (1979): Az ELTE Mikrobiológiai Tanszékén 1977–78. években folytatott Balaton bakteriológiai vizsgálatok. – MTA VEAB Monográfiái 12.(1980): 57–61. Előadásként elhangzott 1979. április 18-án a VEAB Előadóülésén (Veszprém).
- Tóth, F. (in press): A Balaton eutrofizálódása. – Doktori Értekezés. (MTA Biológiai Kutató Intézet, Tihany)
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton – Methodik. – Mitt. Int. Ver. Limnol. 9: 1–39.
- Vörös, L. (1980): A balatoni fitoplankton tömegének és szerkezetének megváltozása az eutrofizáció hatására. – VEAB Értesítő I. 1980.: 133–162.

1. táblázat

A zooplankton által fogyasztott legfontosabb taxonok 1978-as
in situ predációs kísérletek alapján

Taxon		Méret
Cyanophyta	Coelosphaerium kuetszingianum	15–20 μm
Pyrrophyta	Rhodomonas sp.	6 μm
Chrysophyta	Cyclotella ocellata	5–8 μm
Chlorophyta	Chlamydomonas sp.	8–10 μm
	Chodatella balatonica	7–10 μm
	Crucigenia quadrata	8–12 μm
	Chlorella vulgaris	4–6 μm
	Chlorella sp.	4–6 μm
	Scenedesmus armatus	10–12 μm
	Cosmarium bioculatum	15–18 μm
	Zoospóra	1,5 μm

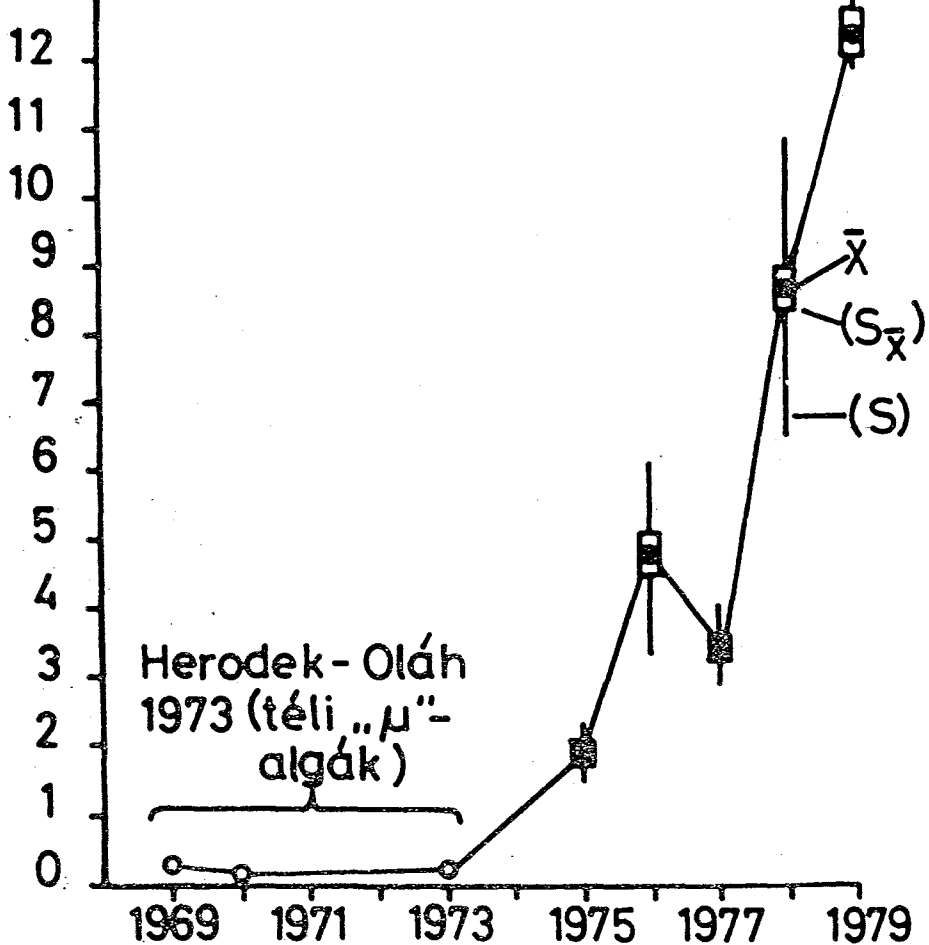


A produkcióvizsgálatok és a mindennapos
mintavételek helyszíne

1. ábra

egyedszám

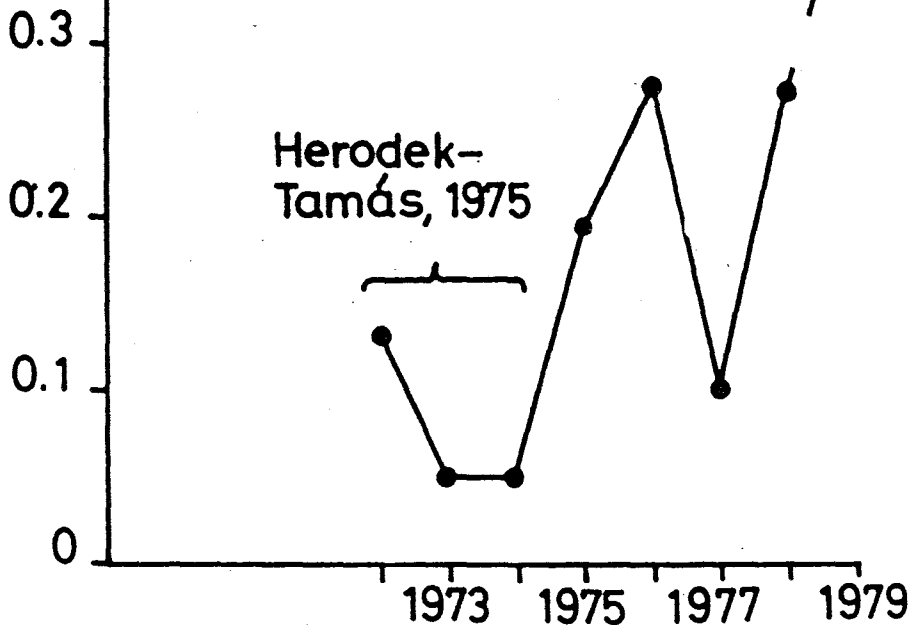
$13 \cdot 10^6 \cdot l^{-1}$



A 10 μm-nél kisebb algák egyedszáma az elmúlt évek július-augusztusaiban Tihanynál

2. ábra

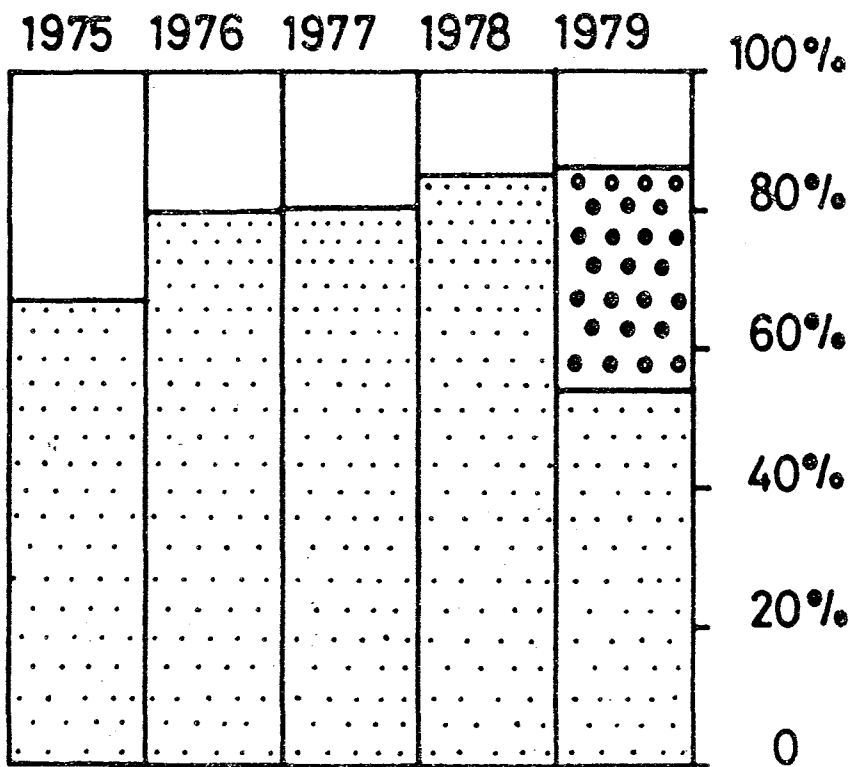
biomassza
0.4 mg · l⁻¹






A 10 μm -nél kisebb algák biomasszája az elmúlt évek július-augusztusaiban Tihanynál

3. ábra

A 10 μm -nél kisebb és nagyobb algák egyedszámának aránya az elmúlt évek július-augusztus hónapjaiban Tihanynál

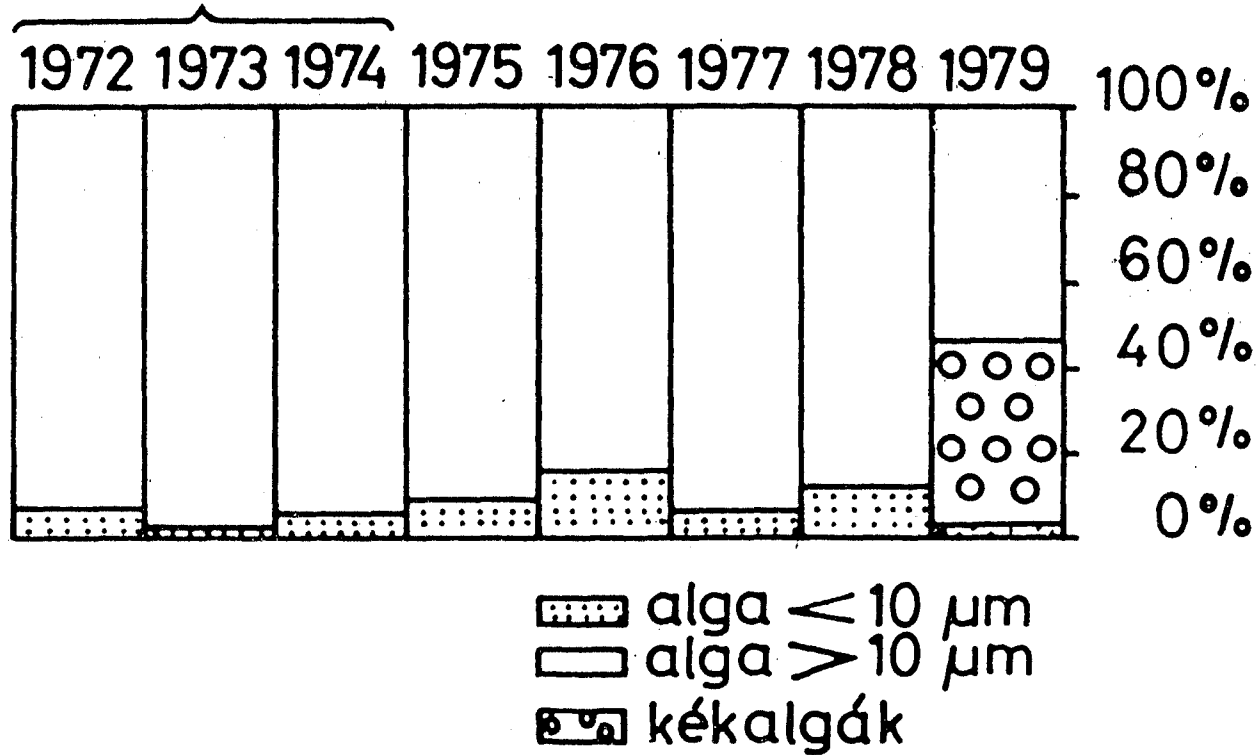


-  alga > 10 μm
-  alga < 10 μm
-  kékalgák

4. ábra

A 10 μm -nél kisebb és nagyobb algák biomasszájának aránya az elmúlt évek július-augusztus hónapjaiban Tihanynál

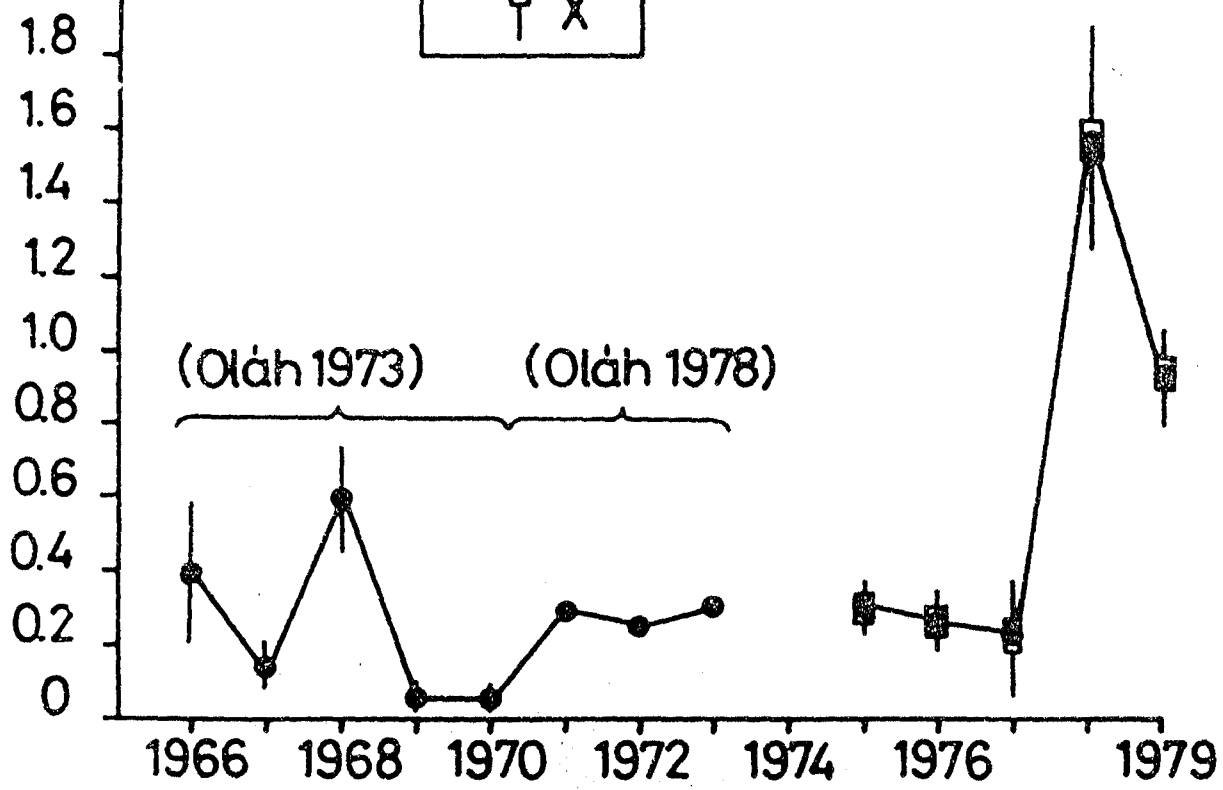
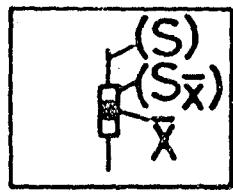
Herodek-Tamás 1975



5. ábra

Összbaktérium szám

$2.0 \cdot 10^6 \text{ i.ml}^{-1}$



oligotróf | mezotróf
 (Gorlenko et al.)
 1977

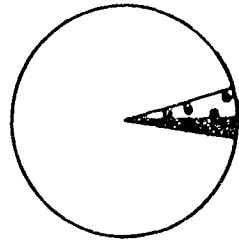
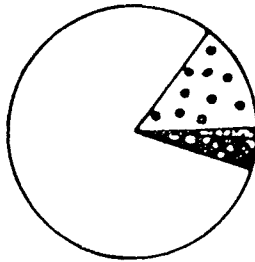
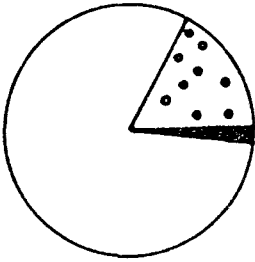
Az összbaktériumszám alakulása az elmúlt években július-augusztusban Tihanynál

6. ábra

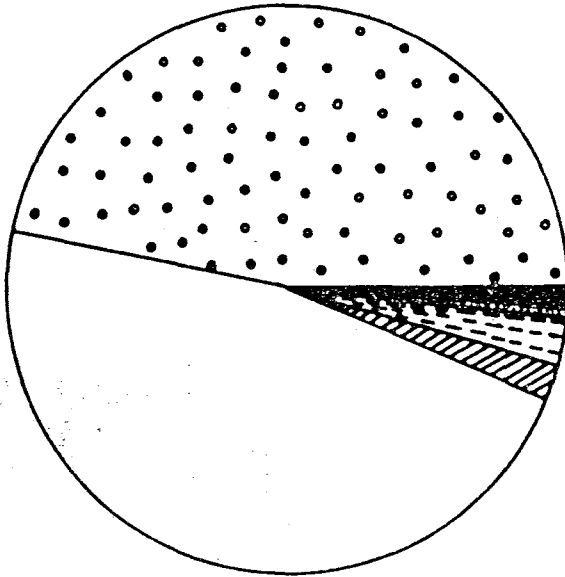
1975

1976

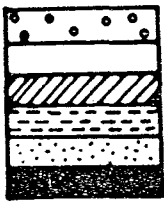
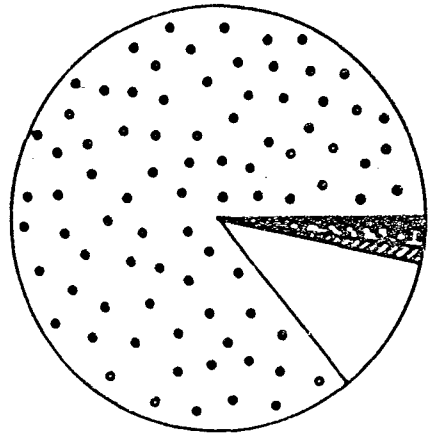
1977



1978



1979



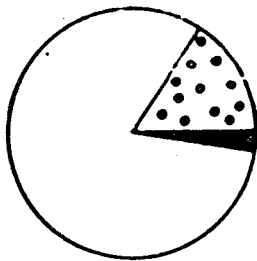
coccus
kolonias coccus
diplocooccus
palcjka
spirillum
vibrio

$\square = 2,5 \cdot 10^4 \text{ i. ml}^{-1}$

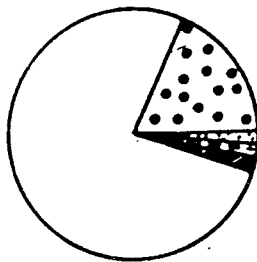
Az összbaktériumszám megoszlása a különböző morfológiai csoportok szerint a nyíltvizben 1975-1979 július-augusztus hónapjaiban Tihanynál.

7. ábra

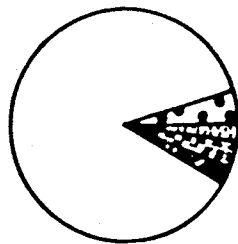
1975



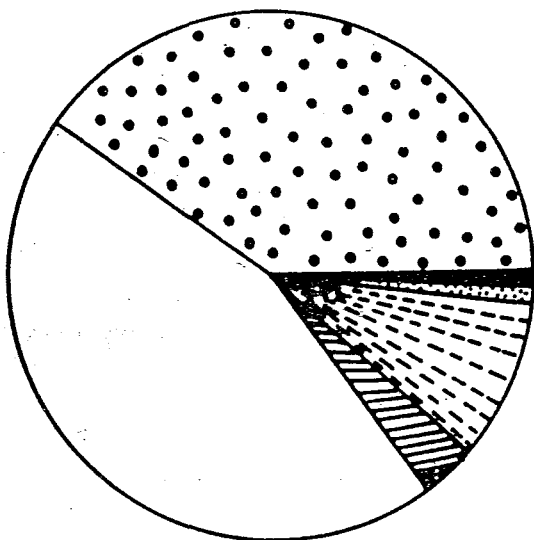
1976



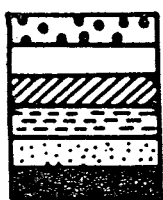
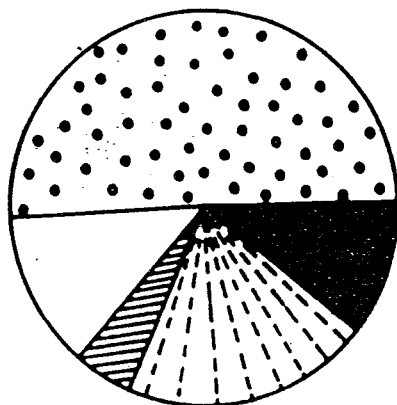
1977



1978



1979



coccus
kolóniás coccus
diplococcus
palcika
spirillum
vibrió

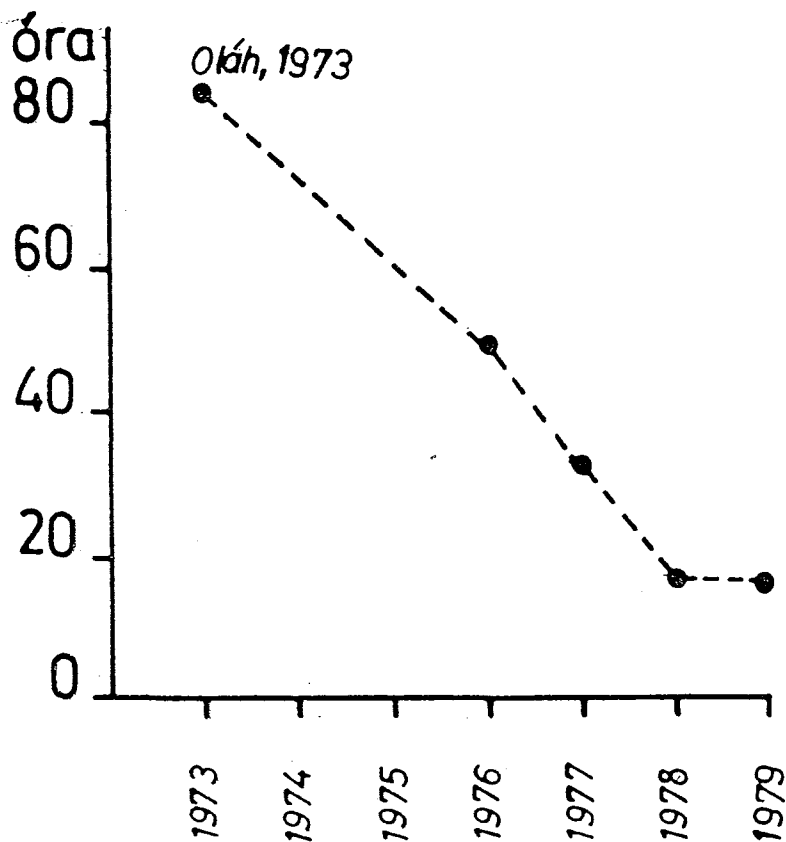
□ = 0,006 mg·l⁻¹

A bakterioplankton biomassájának megoszlása a különböző morfológiai csoportok szerint 1975-1979 július augusztus hónapjaiban Tihanynál

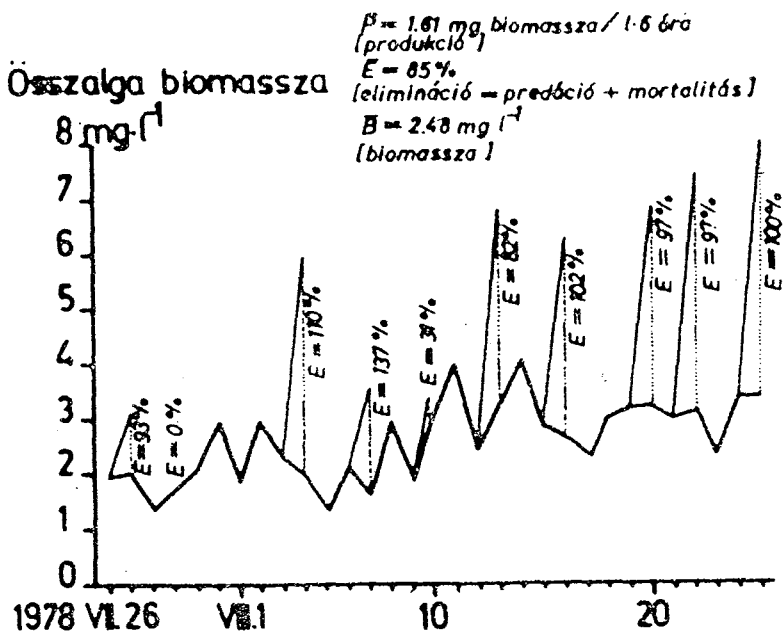
8. ábra

A BAKTERIÁLIS GENERÁCIÓS IDŐ AZ ELMULT ÉVEK NYARAIN TIHANYNÁL

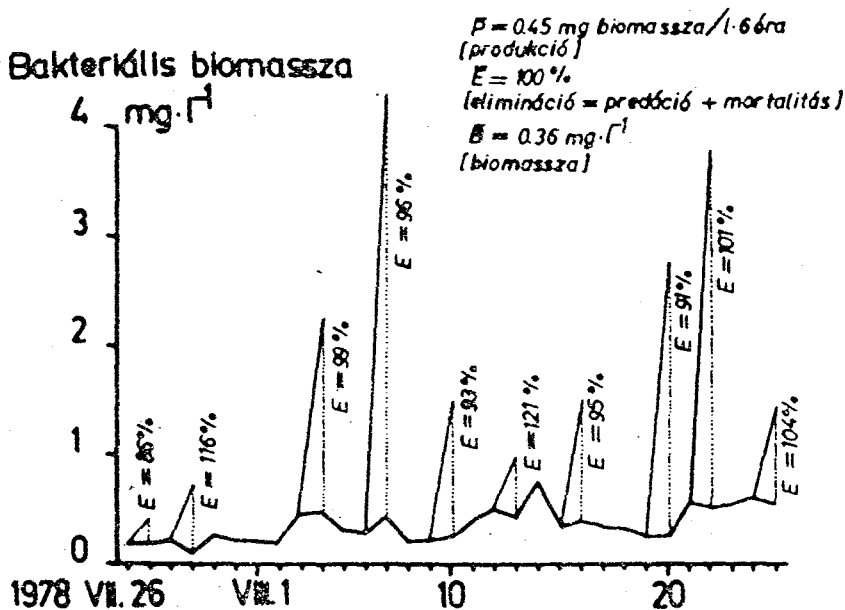
Bakteriális generációs idő



9. ábra



A fitoplankton biomasszája és produkciója alapján várható biomasszája 1978 nyarán Tihanynál



A teljes bakterioplankton biomasszája és produkciójuk alapján várható biomasszája 1978 nyarán Tihanynál

10. ábra