

Trofia i hydrochemia akwakultury

Technologie ekstensywne i intensywne

Czym jest żyzność ośrodka wodnego?

- ▶ Żyzność, to ilość substancji wpływających na rozwój różnych form życia w zbiorniku lub rzece, która decyduje o produktywności
- ▶ Produktywność to zdolność do tworzenia biomasy
- ▶ W akwakulturze, produktywność wyrażana jest przyrostem biomasy ryb
- ▶ Zarządzanie produktywnością:
 - ▶ Nawożenie (jeśli zwiększanie przyrostu biomasy jest celem), wapnowanie
 - ▶ Regulacja twardej roślinności (zapobieganie wypłycaaniu i wyjąławianiu)
 - ▶ Usuwanie osadów (utrzymywanie pojemności wodnej, zmniejszanie zapotrzebowania osadów na tlen)
- ▶ Znaczenie żyzności zmniejsza się w miarę intensyfikacji produkcji

Chów ekstensywny

- ▶ Wyłącznie naturalna baza pokarmowa, istotny dobór obsady:
 - ▶ zbyt duża – szybkie wyczerpanie bazy pokarmowej, później zupełny brak;
 - ▶ zbyt mała – niepełne wykorzystanie bazy pokarmowej;
- ▶ Duża zmienność, silna zależność od warunków pogodowych;
- ▶ Niewielka produkcja, zależna od produktywności naturalnej (np. wg Staffa)

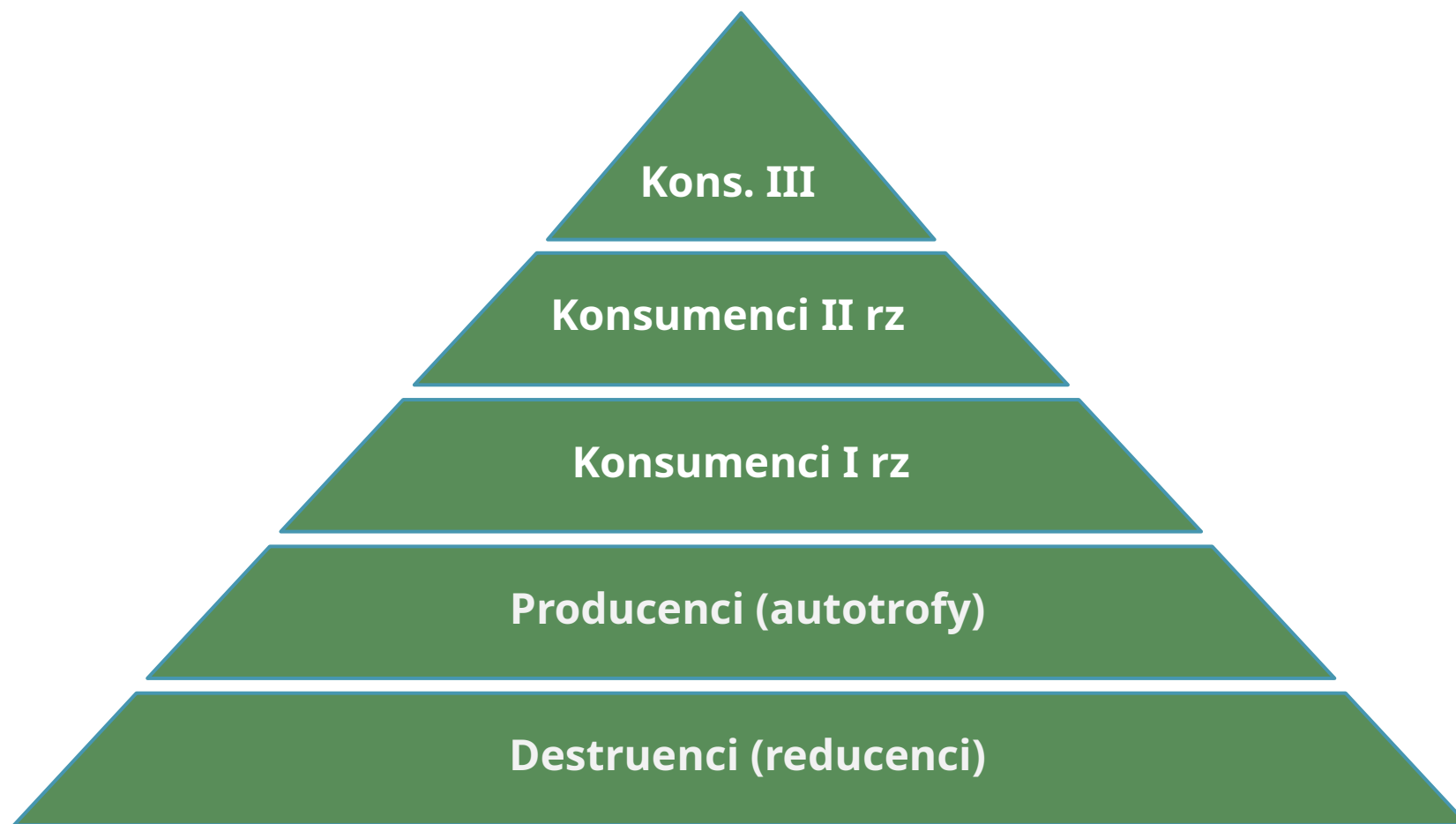
Chów półintensywny („tradycyjny” w przypadku karpia)

- ▶ Podstawą zaopatrzenia w pokarm – naturalna baza, suplementacja paszami energetycznymi (ziarno zbóż), obsady dopasowane do naturalnej bazy pokarmowej, zwiększone o preliminowany przyrost na paszy
- ▶ Duża zmienność, zależność od warunków pogodowych,
- ▶ Produkcja średnio w kraju ~500 kg/ha, dopuszczona 1500 kg/ha bez opłat środowiskowych,

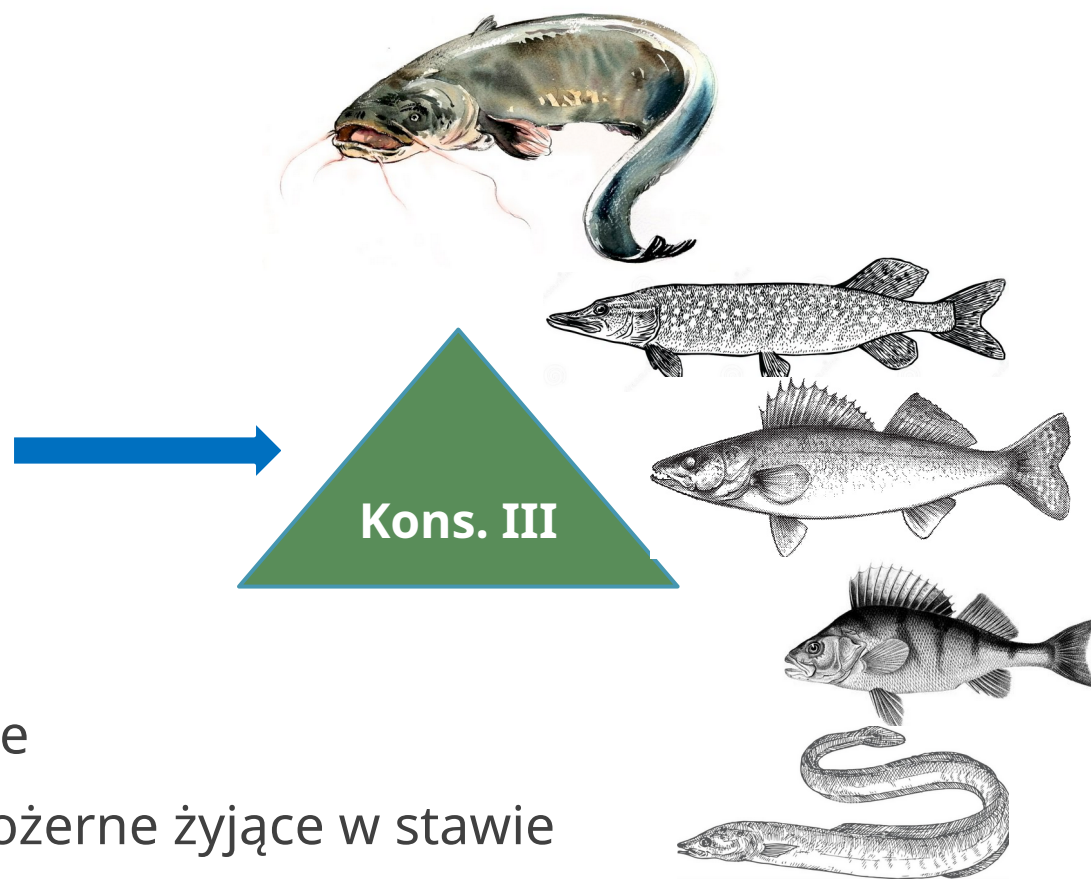
Chów intensywny

- ▶ Wyłącznie pasze pełnoporcjowe pokrywające zapotrzebowania pokarmowe, dążność do wysokich obsad w celu poprawy ekonomiki chowu;
- ▶ Mała zmienność, częściowa niezależność od warunków pogodowych, możliwość i potrzeba ingerencji (intensywny przepływ wody, aeracja lub natlenianie, recyrkulacja);
- ▶ Duża produkcja 4-6 t/ha w stawach, dużo większa w przypadku torów wodnych (nawet do 200T/ha), produktywność naturalna nie ma znaczenia, jeśli chów w stawie → działa jako magazyn wody;
- ▶ W technologii intensywnej zasadne jest odnoszenie wielkości produkcji do jednostki objętości (kg/m^3);

Układ troficzny stawu

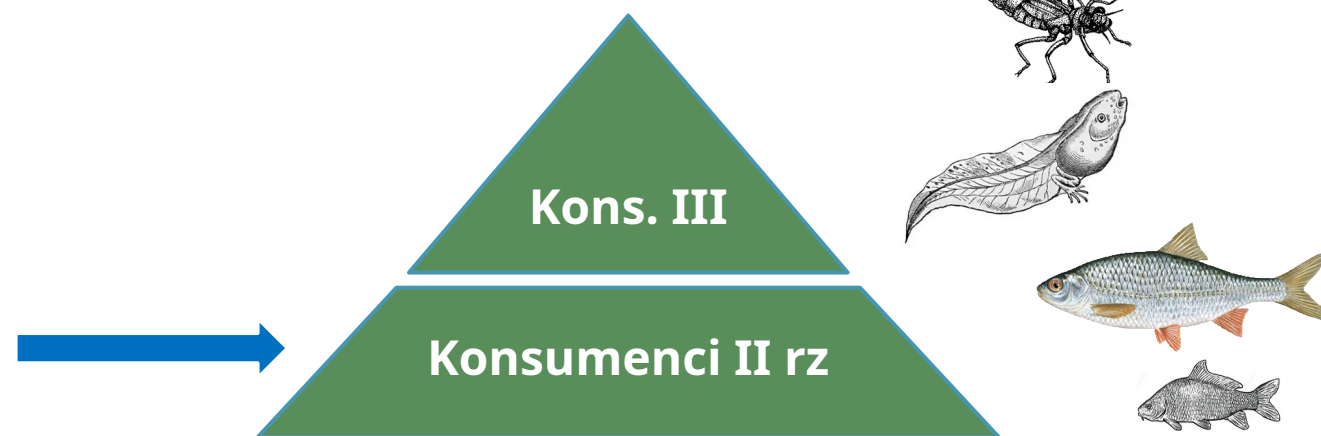


Elementy trofii



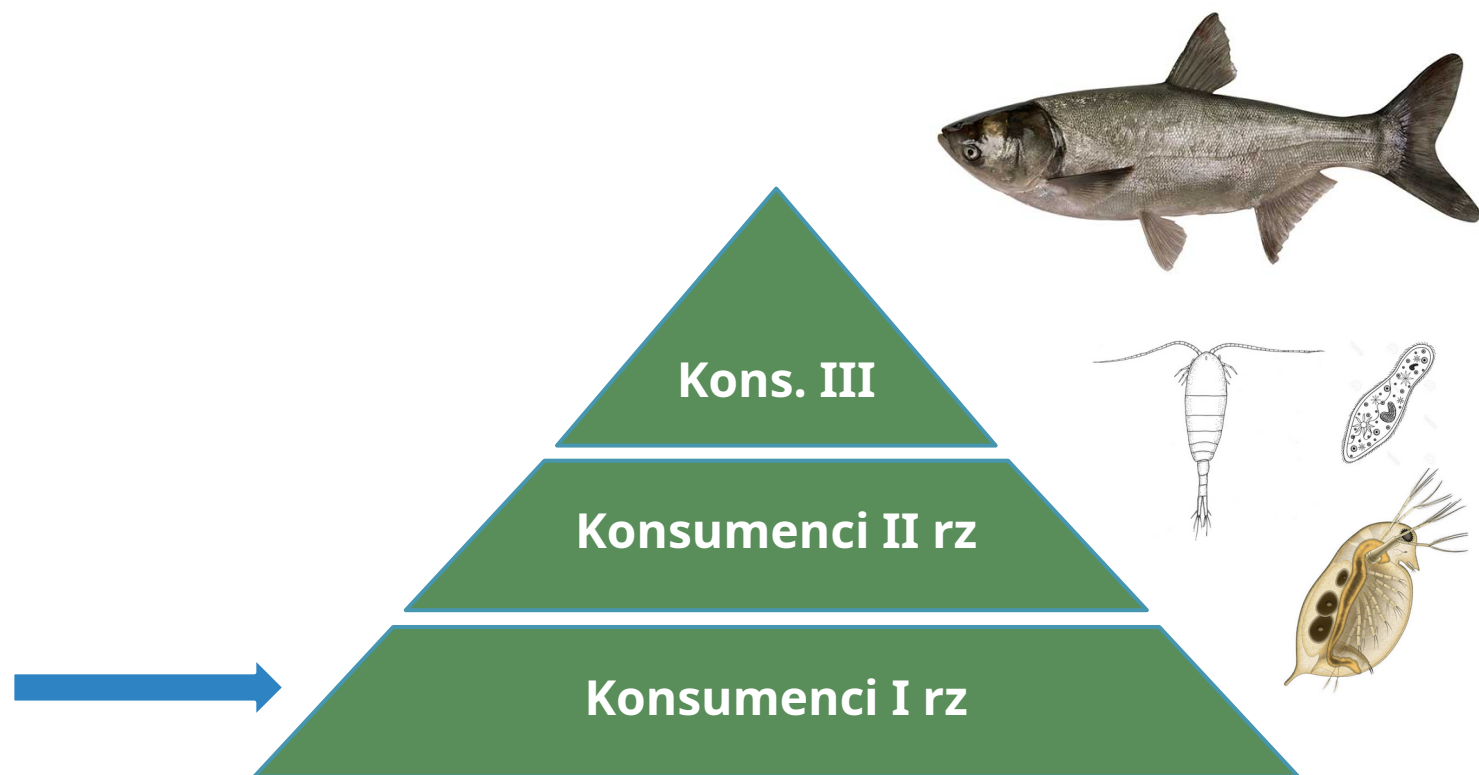
- ▶ Ryby drapieżne
- ▶ Zwierzęta rybożerne żyjące w stawie

Elementy trofii



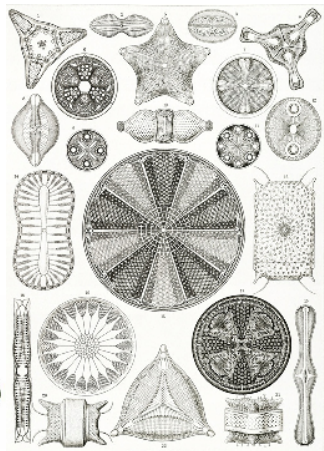
- ▶ Ryby zooplanktonożerne, larwy owadów, larwy płazów, liścionogi (zadychra, dziwogłówka), skrzelonogi (przekopnica), owady dorosłe

Elementy trofii

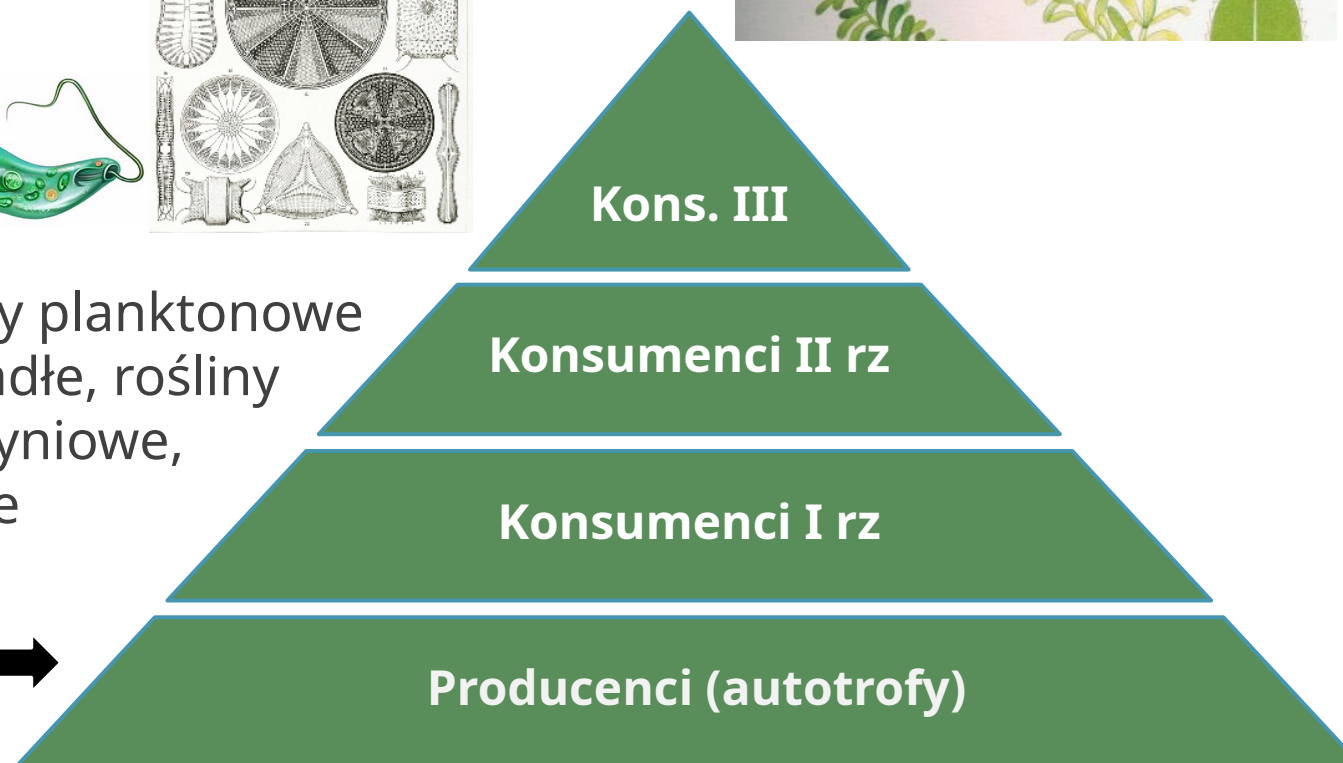


- ▶ Zooplankton (skorupiaki, pierwotniaki), ryby roślinożerne, mięczaki, larwy owadów, owady dorosłe

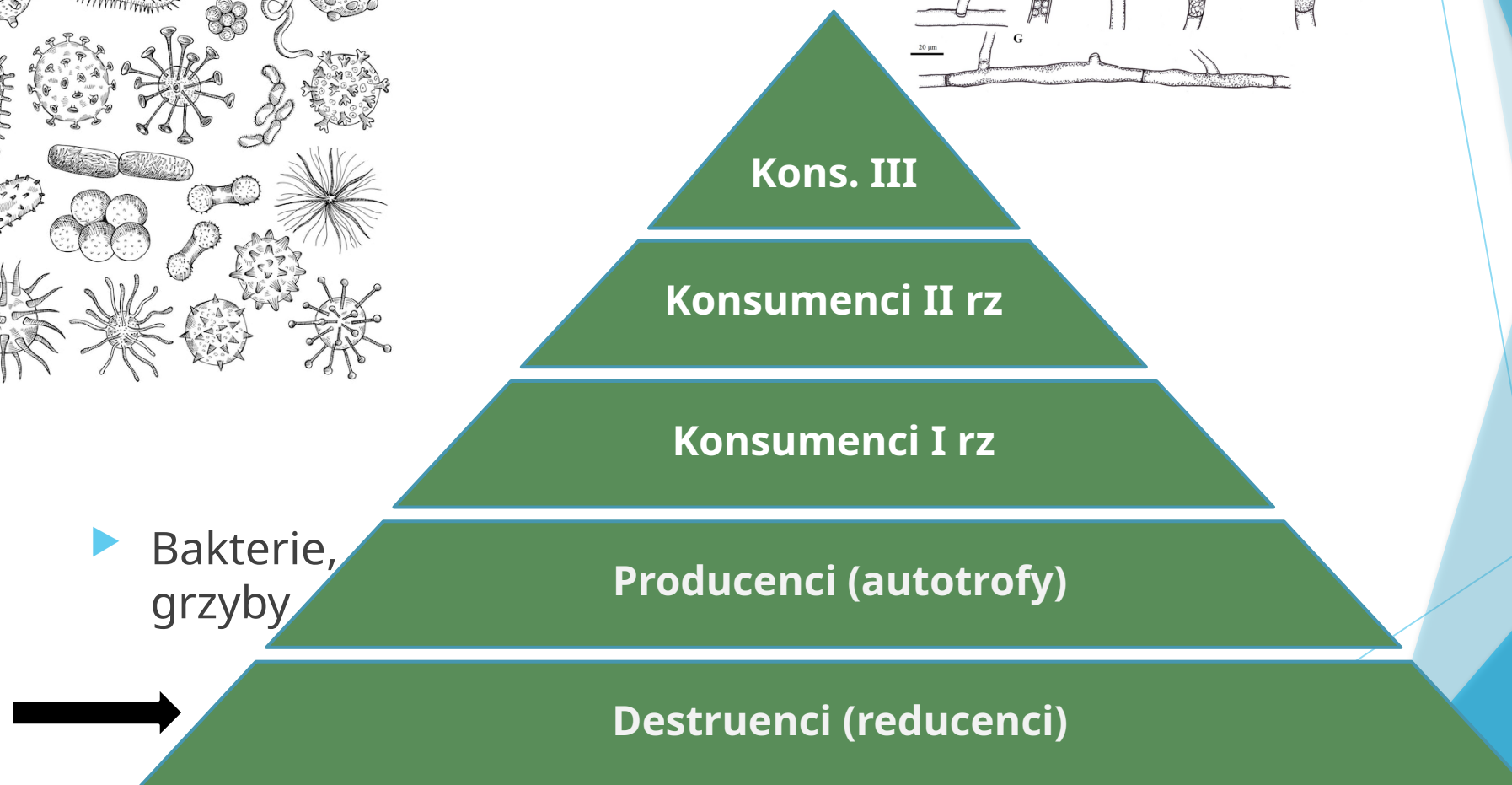
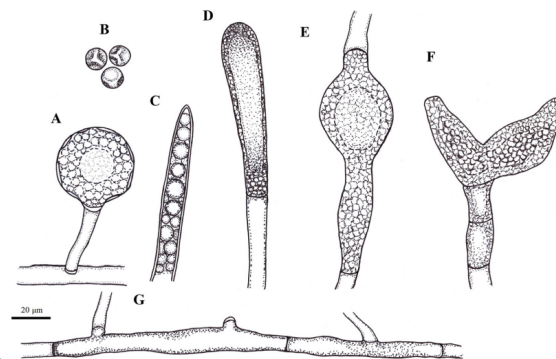
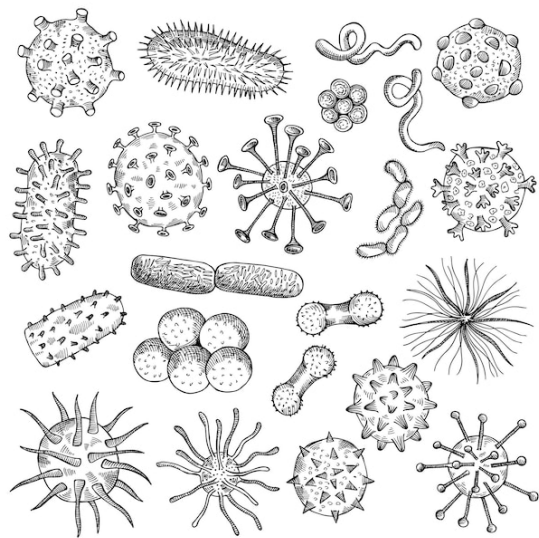
Elementy trofii



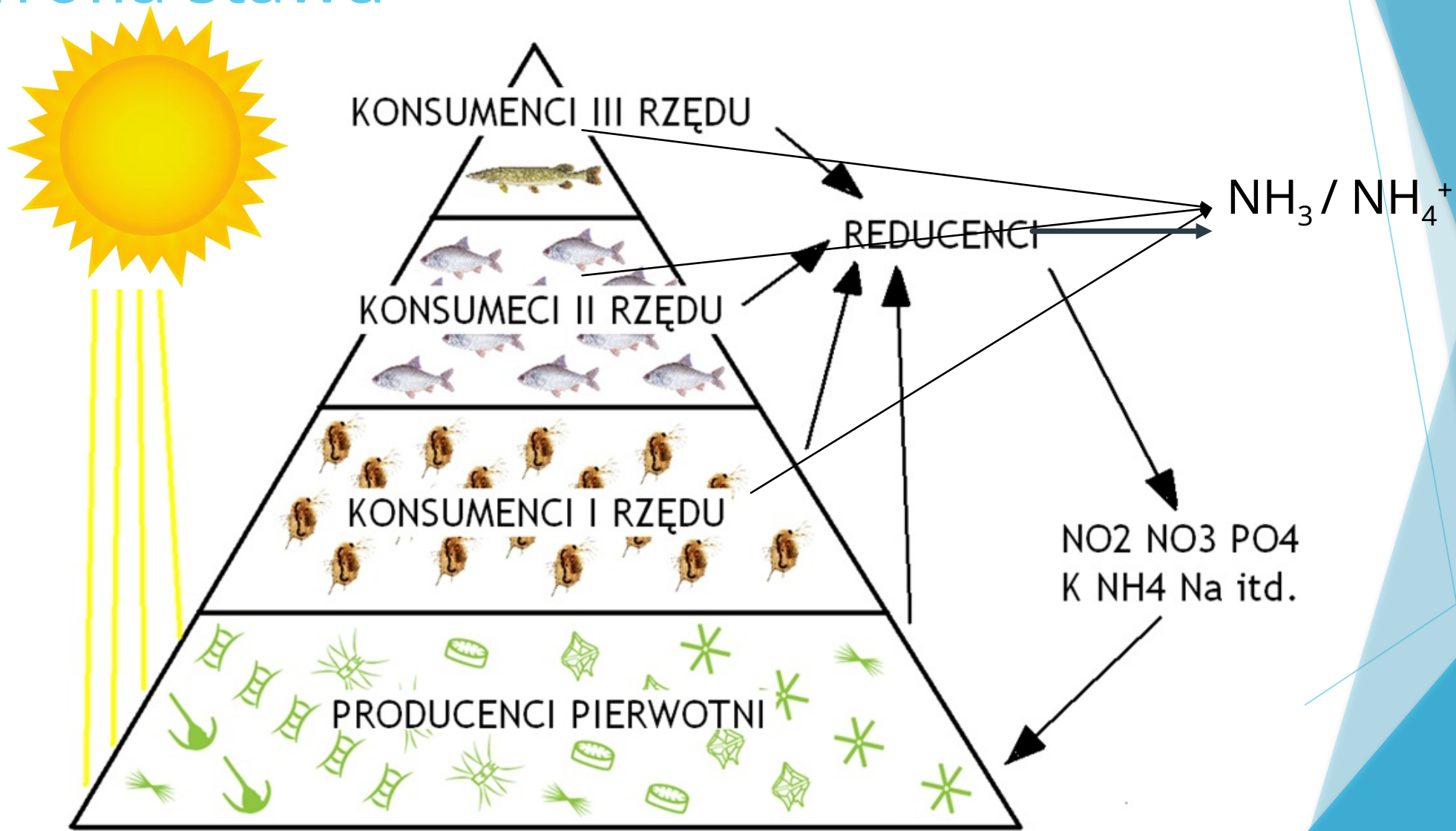
- ▶ Glony planktonowe i osiadłe, rośliny naczyniowe, sinice



Elementy trofii



Trofia stawu



Trofia stawu – zależności sieciowe

- ▶ Konkurencja pomiędzy elementami jednego poziomu (fitoplankton – makrofity, różne gatunki ryb planktonożernych, różne gatunki ryb drapieżnych etc.)
- ▶ Kształtowanie warunków hydrochemicznych przez wszystkie elementy trofii
- ▶ Podstawa – obieg energii i materii w ekosystemie
- ▶ Zasada entropii – rozproszenie 90% energii pomiędzy poziomami, 10% energii przepływa pomiędzy poziomami i kumuluje się
- ▶ Właściwe proporcje pomiędzy poziomami – stabilizacja ekosystemu
- ▶ Zaburzenia jednego poziomu – efekt domina, nierównowaga sieci
- ▶ Nierównowaga sieci – niemożność uzyskania zamierzonego efektu produkcyjnego.

Podstawy

- ▶ Podstawą żyzności zbiornika wodnego jest jego zasobność w makronutrienty (C, N, P, K, H, O, Ca, Mg, Na, S, Cl) i mikronutrienty (B, Cu, Co, Fe, Mn, Mo, Si, V, Zn)
- ▶ Pierwszym i najważniejszym ogniwem formowania łańcucha troficznego jest fitoplankton, będący pokarmem organizmów zooplanktonowych.
- ▶ Spośród wielu makro- i mikroelementów wymaganych do wzrostu przez fitoplankton, fosfor, azot i węgiel stanowią czynniki najsilniej limitujące pierwotną produktywność.
- ▶ Wszystkie trzy występują w różnych formach w wodzie stawowej.

Fosfor

- ▶ Rozpuszczony fosfor występuje w wodzie w postaci organicznej i nieorganicznej.
 - ▶ organiczne związki P są na ogół pochodzenia biogenego (enzymy, kwasy nukleinowe, ATP)
 - ▶ jony ortofosforanowe (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}) to pochodne z wietrzenia minerałów zawierających fosforany
 - ▶ dominują jony nieorganiczne
- ▶ Jony ortofosforanowe są produktami dysocjacji kwasu ortofosforowego:



Fosfor

- ▶ Forma jonowa zmienia się w zależności od pH;
- ▶ H_2PO_4^- i HPO_4^{2-} to formy obecne w zakresie pH stawu rybnego;
- ▶ Rozpuszczony ortofosforan jest głównym źródłem fosforu dla fitoplanktonu.



Azot

- ▶ Azot również występuje w wodzie w rozpuszczonych formach nieorganicznych i organicznych. Enzymy, wolne aminokwasy i peptydy należą do form azotu organicznego i są produktami aktywności biologicznej.
- ▶ Jony amoniakalno-amonowe, azotynowe i azotanowe są powszechnymi formami azotu nieorganicznego.
- ▶ Rozpuszczony amoniak jest w równowadze z amoniakiem i wzajemne na proporcje każdego z nich wpływa głównie pH i temperatura.

Węgiel

- ▶ Zastosowanie nawozu nie zawsze wywołuje pożądaną odpowiedź fitoplanktonu.
- ▶ Jedną z możliwych przyczyn może być kwaśny muł stawowy i niska zasadowość całkowita.
- ▶ W nawożonych stawach z bardzo niską (2-10 mg/l jako CaCO_3) ogólną zasadowością wydajność pierwotna brutto i liczebność fitoplanktonu była istotnie niższa niż w stawach z umiarkowaną (33 mg/l jako CaCO_3) całkowitą zasadowością
- ▶ Stężenie dostępnego dwutlenku węgla o świcie jest znamienne wyższe w stawach o umiarkowanej zasadowości całkowitej w porównaniu ze stawami o niskiej zasadowości.
- ▶ Łączna zasadowość jest miarą zasad rozpuszczonych w wodach naturalnych, wśród których wodorowęglan, węglan i wodorotlenek są uważane za dominujące.
 - ▶ $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{+2} + 2\text{HCO}_3$
 - ▶ $\text{CaCO}_3 * \text{MgCO}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + 4\text{HCO}_3$
- ▶ Oprócz rozpuszczonego dwutlenku węgla, wodorowęglany i węglany stanowią największy rezerwuar rozpuszczonego węgla nieorganicznego w stawach rybnych.

Przede wszystkim świadomość stanu

- ▶ Jaka jest zasadowość ogólna wody w stawie?
- ▶ Jaka jest temperatura wody w stawie (w południe, wieczorem)?
- ▶ Jaka jest koncentracja tlenu w wodzie stawu (mierzona przy dnie lub w toni, przed wschodem słońca, w południe lub wieczorem)?
- ▶ Jakie wartości przybierają N, P i K w stawie i dopływie?
- ▶ Jaki jest aktualny skład (i ew. biomasa zooplanktonu oraz bentosu)?
- ▶ Jaka jest obsada (skład gatunkowy, biomasa, stadium rozwojowe etc.)?
- ▶ Jaka jest przejrzystość wody?



Czynniki limitujące trofię

- ▶ Światło – pozytywne dla fotoautotrofów, negatywne np. dla niektórych *Nitrobacter*.
- ▶ Temperatura – przebieg procesów biochemicznych, mieszanie wody
- ▶ Ruch wody – mieszanie, równowaga gazowa
- ▶ Odczyn – pH 6,5 – 8,5 optymalne dla większości organizmów.
- ▶ Gazy – gł. O_2 i CO_2
- ▶ Związki organiczne – węglowodany, kw. organiczne, tłuszcze, białka - źródło energii i materii dla heterotroficznych bakterii
- ▶ Związki nieorganiczne – gł. Związki N i P, odpowiedzialne za kształtowanie warunków powstawania pokarmu naturalnego ryb, ale też i za tzw. „zakwity”.

Czystość wody czy jej przejrzystość?

- Czynniki wpływające na przejrzystość wody
 - Liczebność i biomasa glonów planktonowych
 - Liczebność i biomasa org. Zooplanktonowych
 - Zawiesina (w tym resuspensja osadów dennych przez karpie)
 - Obecność związków i substancji organicznych i nieorganicznych w formach nierozpuszczonych (koloidy, cząsteczki zawieszone)

Czy czystość = przejrzystość?

Winowajcy eutrofizacji

- ▶ Głównie związki N i P
- ▶ Fosfor – głównie zanieczyszczenie ze strony rolnictwa i przemysłu
- ▶ Azot – asymilowany i pozyskiwany z atmosfery, element konieczny syntezy białek, produkty przemian azotowych w organizmach żywych – źródło zanieczyszczenia, równocześnie „obszar działania” mikroorganizmów

Zmiany w środowisku wodnym

- ▶ Azot amonowy – promocja glonów jednokomórkowych i wioślarek
- ▶ Azot azotanowy – promocja glonów nitkowatych i sinic, konkurencja, niedostatek wioślarek, ubogi zooplankton.
- ▶ Ograniczenie spływów punktowych z gospodarstw rolnych.
- ▶ Doskonalenie technologii oczyszczania ścieków – azot amonowy ustępuje, azot azotanowy dominuje
- ▶ Możliwy skutek: niedostatek amonowej formy azotu w 2 i 3 sezonie (brak nawożenia amonowego), możliwe niekorzystne zmiany w strukturze populacji hydrobiontów, możliwy niedobór organizmów pokarmowych, możliwe niedożywienie ryb, możliwa obniżona odporność, możliwa większa wrażliwość na patogeny.
- ▶ Amoniak jest równocześnie toksykantem środowiskowym (precyzja dawkowania)

Przemiany azotowe - nitryfikacja

- ▶ Element cyklu przemian
- ▶ Amoniak ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) – produkt przemian azotowych organizmów amoniotelicznych (większość org. wodnych), także jako produkt procesów gnilnych; toksyczność NH_3 , pH - zależność
- ▶ Nitryfikacja – biochemiczna przemiana toksycznego amoniaku w znacznie mniej toksyczne azotany (NO_3^-)
- ▶ Azotany – wykorzystywane bezpośrednio przez rośliny bądź poddawane mikrobiologicznej denitryfikacji

Nitryfikacja

- ▶ Proces dwuetapowy, biochemiczna przemiana mediowana przez bakteryjne procesy enzymatyczne
- ▶ Etap I – *Nitrosomonas* - $\text{NH}_4^+ + 1,5 \text{ O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} + 352 \text{ kJ}$
- ▶ Etap II – *Nitrobacter* - $\text{NO}_2^- + 0,5 \text{ O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 73 \text{ kJ}$
- ▶ „Startery mikrobiologiczne” w akwarystyce, czasem również z udziałem bakterii z rodzaju *Nitrospira* (podobieństwo do EM ?)

Przemiany azotowe - denitryfikacja

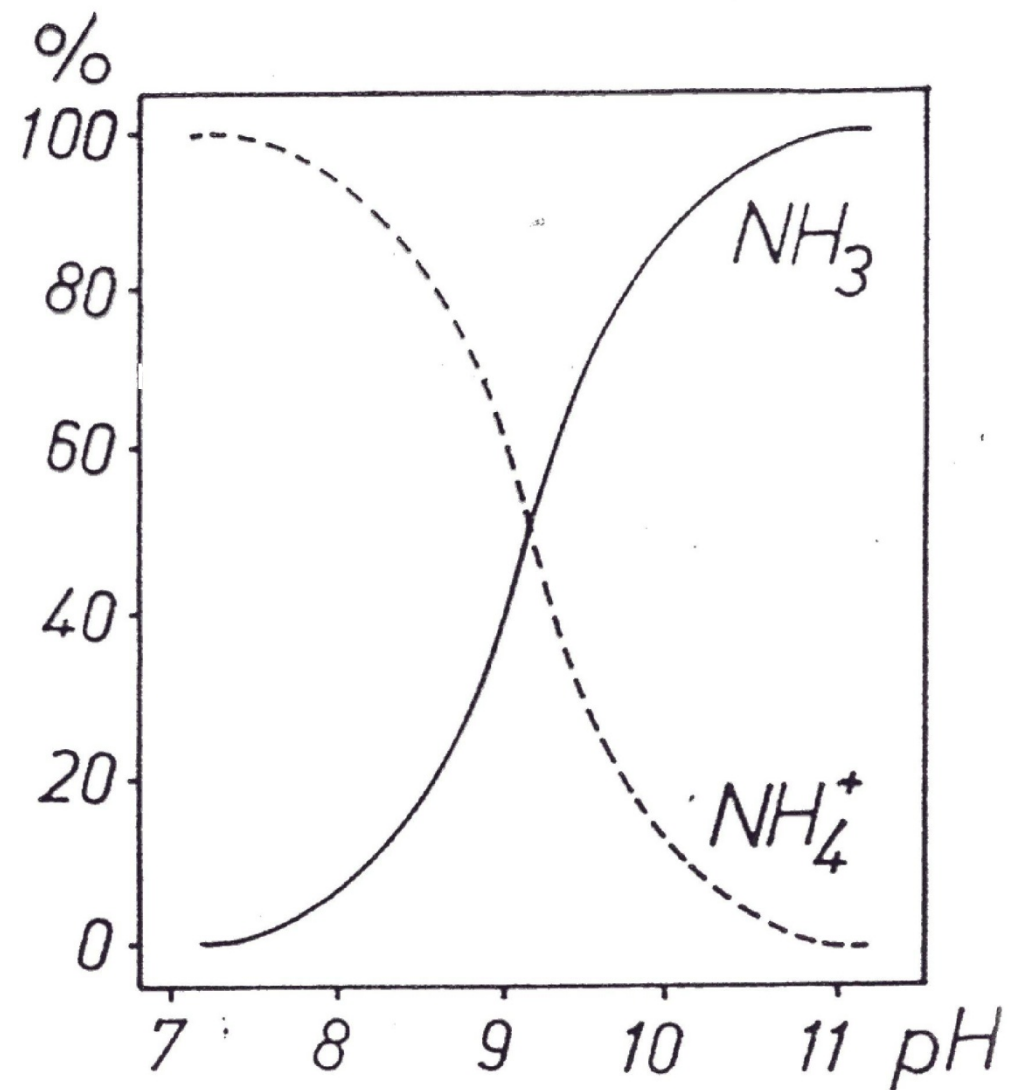
- ▶ Denitryfikacja – inaczej „oddychanie azotanowe”
- ▶ Bakteryjny proces pozyskiwania tlenu z azotanów
- ▶ $\text{NO}_3^- + 0,5 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 0,5 \text{N}_2 + 2,5 \text{O} + \text{OH}^-$
- ▶ *Bacillus, Micrococcus, Paracoccus, Pseudomonas, Thiobacillus...*
- ▶ Nitryfikacja i denitryfikacja to procesy o podstawowym znaczeniu dla funkcjonowania środowiska

Amoniak w środowisku wodnym

- ▶ Dopływ z zewnątrz
- ▶ Własna produkcja (zwierzęta amonioteliczne)
- ▶ Toksyczność $0,025 \text{ mg dm}^{-3}$
- ▶ Łatwa dysocjacja
- ▶ Równoczesne występowanie jako NH_3 oraz N-NH_4
- ▶ Zależność toksyczności od odczynu wody

Równowaga dysocjacyjna amoniaku

- skala logarytmiczna (!)
- toksyczność



Kontrola odczynu środowiska wodnego

- ▶ Konieczność monitorowania odczynu
- ▶ Intensywna fotosynteza – alkalizacja środowiska
- ▶ Gnojowica – stabilizator odczynu, lecz równocześnie źródło amoniaku.
- ▶ Twardość wody zależna od charakteru podłoża
- ▶ Związki wapnia i magnezu stosowane w celach nawozowych i dezynfekcyjnych – także wpływają na pojemność buforową wody.
- ▶ W wodach miękkich, zmiana odczynu możliwa w krótkich przedziałach czasowych
- ▶ Dla ryb, optymalne pH <6,5 – 9>
- ▶ Uwaga – pH a amoniak!

Glony i sinice

- ▶ Glony:
 - ▶ organizmy samożywne (fotosynteza)
 - ▶ jedno- i wielokomórkowe
 - ▶ planktonowe i osiadłe
 - ▶ nitkowate, plechowe etc...
- ▶ Sinice (*Cyanobacteria*):
 - ▶ organizmy samożywne
 - ▶ planktonowe i osiadłe
 - ▶ często niepożądany składnik biocenoz wodnych
 - ▶ mogą uwalniać toksyny

Glony i sinice

- Glony:
 - produkcja tlenu autochtonicznego w wodzie
 - mogą stanowić pokarm organizmów zooplanktonowych
- Sinice (*Cyanobacteria*):
 - Produkcja tlenu autochtonicznego w wodzie
 - Znikoma wartość pokarmowa dla zooplanktonu (mało substancji przyswajalnych, nici sinic blokują aparat filtracyjny wioślarek (*Cladocera*))

Zakwity wody

- ▶ Zmniejsza się przejrzystość wody
- ▶ Glony nitkowate lub sinice gromadzą się przy powierzchni wody
- ▶ Ograniczenie strefy fotycznej
- ▶ Wyczerpanie zasobów
- ▶ Masowe obumieranie i rozkład
- ▶ Pojawiają się „pustynie tlenowe”



Zmiany jakości środowiska wodnego – woj. śląskie, rz. Mała Wisła

| Rok | Nog | NH ₄ ⁺ | Pog | N/P |
|------|-------|------------------------------|---------|-------------|
| 2005 | 2,760 | 0,27 | 0,19 | 14,5 |
| 2010 | 1,994 | 0,007 | 0,06667 | 29,9 |

Proporcja N : P powyżej 5 i poniżej 20 = warunki optymalne, zapobiegające zakwitom

Proporcja N : P powyżej 20 = pewność wystąpienia zakwitu zielenic

Glony planktonowe (pokarm zooplanktonu) preferują jony amonowe

Glony nitkowate (zooplankton głoduje) preferują azotany

Wniosek 1: Zmiany w technologii oczyszczania ścieków oraz ograniczenie spływu z rolnictwa sprzyja jakości wody w ujęciu RDR, niekoniecznie korzystne dla akwakultury stawowej

Wniosek 2: uważna ocena jakości wody dopływającej i ewentualne nawożenie

Przeciwdziałanie zakwitom

- ▶ Świadomość stanu
 - ▶ Wiedza odnośnie przyczyn i możliwych skutków
 - ▶ Okresowa analiza istotnych parametrów i interpretacja wyników
- ▶ Reakcja na odchylenia
 - ▶ Opracowanie planu działań
 - ▶ Dostosowania techniczne
 - ▶ Wdrożenie działań korygujących (zmiana schematu żywieniowego, nawożenie)

Zaburzenia trofii stawu

- ▶ Przyczyna: zmiany hydrochemiczne zachodzące w wodzie; postępująca nadmierna eutrofizacja
- ▶ Skutek:
 - ▶ Możliwe zakwity glonów i sinic;
 - ▶ Zaburzenia rozkładu materii organicznej;
 - ▶ Zaburzenia natlenienia wody;
 - ▶ Zwiększenie ilości CO_2 ;
 - ▶ Zwiększenie stężenia NO_2^- ;
 - ▶ Zwiększona ilość NH_3 / NH_4^+ ;
 - ▶ Zmiany pH;
- ▶ Efekt: niedotlenienie, methemoglobinemia, zatrucie egzogennym amoniakiem, zaburzenia fizjologii ryb, unikanie pokarmu, osłabienie kondycji, wzrost podatności na infekcje, śmierć („ponadnormatywne śnięcie”).

Zaburzenia trofii

- ▶ Najbardziej widoczne i groźne w stawach ziemnych (technologia ekstensywna i półintensywna),
- ▶ W technologii intensywnej (ryby łososiowate), ograniczony zakres w obiekcie, silnie odczuwalne zmiany hydrochemiczne zachodzące w doprowadzanej wodzie;
- ▶ W technologii intensywnej (RAS), zaburzenia hydrochemiczne negatywnie oddziałują na ryby oraz na mikroorganizmy biologicznego oczyszczania recyrkulowanej wody ➡ zagrożenie dla istnienia całego systemu.

Czym w rzeczywistości jest akwakultura stawowa?

- ▶ Miejscem produkcji wysokowartościowego białka na potrzeby konsumpcji przez człowieka
- ▶ Równoczesnym prowadzeniem chowu dwóch grup organizmów wodnych:
 - ▶ ryb wielu gatunków
 - ▶ zespołów organizmów warunkujących właściwe warunki środowiskowe dla produkowanych ryb (bakterie, glony, sinice, zooplankton, owady i ich larwy, roślinność naczyniowa)
- ▶ Odpowiedzialnym gospodarowaniem zasobami środowiskowymi

