

COMPASSION  
in world farming  
ciwf.pl



# Nowe spojrzenie na akwakulturę w UE

**DLA LUDZI, ZWIERZĄT I PLANETY**

—  
Raport Compassion in World  
Farming International, 2023 r.



©iStock/1001slide

# Spis treści

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Streszczenie                                                        | 03 |
| Słownik pojęć                                                       | 05 |
| Wstęp                                                               | 07 |
| Wkład unijnej akwakultury w produkcję żywności                      | 08 |
| Jaka jest wydajność produkcji żywności w akwakulturze?              | 10 |
| Żywienie ryb hodowlanych w Europie                                  | 12 |
| Półów przełowionych gatunków na potrzeby akwakultury                | 14 |
| Dobrostan zwierząt powinien leżeć u podstaw zrównoważonej produkcji | 16 |
| Wpływ akwakultury na środowisko                                     | 18 |
| Alternatywna wizja                                                  | 20 |
| Nasze zalecenia w zakresie unijnej polityki dla akwakultury         | 23 |
| Wnioski                                                             | 27 |
| Literatura                                                          | 28 |

**COMPASSION IN WORLD FARMING INTERNATIONAL (CIWFI)** jest wiodącą międzynarodową organizacją charytatywną zajmującą się dobrostanem zwierząt gospodarskich. Naszą misją jest zakończenie przemysłowej produkcji zwierzęcej i transformacja systemu żywnościowego w stronę regeneracyjnego, który szanuje dobrostan zwierząt i działa zgodnie z naturą.

**COMPASSION IN WORLD FARMING POLSKA** jest częścią Compassion in World Farming International. Od października 2013 r. działamy na rzecz poprawy dobrostanu zwierząt hodowlanych. Poprzez nasze kampanie i śledztwa chcemy zwrócić uwagę na warunki, w jakich hoduje się zwierzęta i doprowadzić do zakończenia hodowli przemysłowej, będącej największą przyczyną cierpienia zwierząt na świecie.

**AUTORZY:** Dr Elena Lara, Research Manager – Fish, Dr Natasha Boyland, Fish Policy & Research Manager i Dr Krzysztof Wojtas, Head of Fish Policy w Compassion in World Farming International.

Specjalne podziękowania dla Lorenzo Fruscelliego za cenne komentarze do projektu raportu przekazane w ramach wolontariatu w CIWFI.

OPUBLIKOWANO W STYCZNIU 2023 R.



# Streszczenie

## NADMIERNA EKSPLOATACJA ZASOBÓW RYB DZIKICH.

Ryby i inne organizmy wodne odgrywają znaczącą rolę w żywieniu rosnącej populacji ludzkiej na całym świecie. Jednak prawie 90% zbadanych światowych stad ryb jest przełowionych lub poławianych na poziomie maksymalnego odłowu. Akwakultura promowana jest jako rozwiązanie mające sprostać zapotrzebowaniu na ryby i inne organizmy wodne w przyszłości. Już ponad połowa ryb spożywanych bezpośrednio przez ludzi pochodzi z akwakultury (1), jednak ich produkcja często odbywa się kosztem ludzi, planety i zwierząt.

## CHÓW ZWIERZĄT MIĘSOŻERNYCH TO MARNOTRASTWO.

Światowa i europejska akwakultura w coraz większej części ma charakter intensywny i prowadzona jest z zastosowaniem dokarmiania (gatunki hodowlane otrzymują paszę w trakcie hodowli) wysokogatunkowymi paszami (1). W dużej mierze jest to produkcja gatunków mięsożernych spożywających pasze zawierające ryby dziko żyjące pochodzące z połowów (jak również składniki z roślin uprawnych), co bezpośrednio zwiększa presję połowową na dzikie populacje. Jest to również nieefektywne wykorzystanie zasobów powodujące straty netto żywności. Szacuje się, że 72-86% wysokiej jakości białka i 75-94% kalorii wykorzystywanych w paszach przeznaczonych dla zwierząt wodnych jest traconych w procesie chowu (2), co jest skrajnym marnotrawstwem, biorąc pod uwagę, że szacunkowo 90% dzikich ryb przerabianych na pasze mogłoby być zamiast tego spożywane bezpośrednio przez ludzi (3). Połowy ukierunkowane na ryby paszowe dla akwakultury wpływają zatem na bezpieczeństwo żywnościowe, ponieważ produkcja zwierząt konkuruje ze spożyciem przez ludzi (4).

**ZAGROŻENIE OCHRONY GATUNKOWEJ.** W niektórych przypadkach dzikie ryby są poławiane aby zostać poddane tuczowi w gospodarstwach rybackich, mimo że niektóre z tych gatunków są zagrożone. Może to powodować nie tylko problemy związane z różnorodnością biologiczną i ochroną gatunkową, ale także z dobrostanem, ponieważ ryby są pozyskiwane ze środowiska naturalnego poprzez stresujące procesy odłowu i zamykanie w gospodarstwach na długi okres (5,6).

## DOBROSTAN ZWIERZĄT NIE JEST DOBRZE CHRONIONY.

W wielu systemach akwakultury nie uwzględnia się odpowiednio kwestii dobrostanu, a szczegółowe przepisy chroniące zwierzęta wodne podczas chowu są szczątkowe, mimo że ustawodawstwo europejskie uznaje ryby za zwierzęta zdolne do odczuwania (7). Jest to poważne niedociągnięcie biorąc pod uwagę, że w UE co

roku prowadzi się chów aż 1,2 mld ryb pozbawionych odpowiedniej ochrony (8). Aby zmaksymalizować zyski, chów powszechnie prowadzi się intensywnie, w dużych zagęszczeniach, a ryby często zabijane są w sposób niehumanitarny bez uprzedniego ogłuszenia.

**SZKODY ŚRODOWISKOWE.** Obecnie stosowane systemy akwakultury mogą również szkodzić środowisku poprzez zmianę/niszczenie naturalnych siedlisk, zanieczyszczenie środowiska związkami organicznymi i substancjami chemicznymi, utratę bioróżnorodności, występowanie ognisk chorób i niewłaściwe stosowanie antybiotyków (9–12).

## ROZWIĄZANIA Z POSZANOWANIEM LUDZI, PLANETY I ZWIERZĄT.

Z kolei w systemach ekstensywnych, w których produkuje się organizmy niskotroficzne (tj. te znajdujące się niżej w łańcuchu pokarmowym), takie jak małże, wodorosty i ryby stawowe, można wytwarzać żywność o wysokich walorach odżywczych przy zerowym lub niskim wkładzie paszy. Akwakultura bez karmienia (np. ryby hodowane w stawach żywiące się naturalnymi zasobami pokarmowymi) ma ogromny potencjał rozwoju (2) i może odegrać ważną rolę w zrównoważonym systemie żywnościowym UE. W takich systemach należy przyjąć podejście holistyczne ukierunkowane na ochronę środowiska, bioróżnorodności i bezpieczeństwa żywnościowego na przyszłość, przy jednoczesnej produkcji zdrowej żywności dla ludzi.

## POLITYCY MOGĄ DOPROWADZIĆ DO ZMIAN.

Nasze 15 zaleceń politycznych koncentruje się na tym, w jaki sposób polityka europejska może poprowadzić unijny sektor akwakultury w kierunku zrównoważonej produkcji niskotroficznych gatunków wodnych w systemach ekstensywnych, które nie będą szkodzić środowisku (a nawet mogą przynosić korzyści ekosystemom), przyczynią się do łagodzenia zmian klimatu i do wzmożenia bezpieczeństwa żywnościowego. Odejście od intensywnej produkcji zwierząt wodnych z wykorzystaniem pasz, która powoduje straty netto żywności jest niezbędne, aby akwakultura działała w dłuższej perspektywie na rzecz ludzi, planety i zwierząt.

# Słownik pojęć

**GLONY:** zróżnicowana grupa organizmów fotosyntetyzujących, których wielkość waha się od pojedynczych komórek do dużych rozłożystych wodorostów.

**AKWAPONIKA:** system produkcji żywności łączący akwakulturę z hydroponiką (uprawą roślin w wodzie), w którym bogata w składniki odżywcze woda z akwakultury jest wykorzystywana jako nawóz dla uprawianych roślin.

**MAŁŻE:** każdy morski lub słodkowodny mięczak, który ma bocznie spłaszczone ciało, dwukłapową muszlę i skrzelą do oddychania. Do grupy tej należą małże jadalne, sercówki, ostrygi i omulki.

**SEKWESTRACJA DWUTLENKU WĘGLA:** proces wychwytywania i składowania dwutlenku węgla z atmosfery.

**EUTROFIZACJA:** nadmiar składników odżywczych w jeziorze lub innym zbiorniku wodnym powodujący jego zarastanie, często szkodliwy dla gatunków bytujących w danym ekosystemie.

**EKSTENSYWNA AKWAKULTURA:** systemy, w których stosuje się niską gęstość obsady i nie stosuje się dokarmiania paszą, ale można stosować nawożenie w celu stymulowania wzrostu i produkcji naturalnego pożywienia w wodzie.

**WSPÓŁCZYNNIK WYKORZYSTANIA PASZY (ANG. FEED CONVERSION RATIO — FCR):** ilość paszy potrzebna do wytworzenia 1 kg produktu, z uwzględnieniem wszystkich strat paszy. Jest to powszechnie stosowany wskaźnik efektywności produkcji i wykorzystania paszy.

**MAĆZKA RYBNA I OLEJ RYBNY (ANG. FISH MEAL AND FISH OIL — FMFO):** produkty handlowe wytwarzane z całych dzikich ryb, przyłowów i produktów ubocznych z ryb. Maczka rybna ma postać brązowego proszku lub śruty otrzymywanej przez suszenie ryb lub ich skrawków, często po uprzedniej obróbce termicznej, a następnie ich mielenie. Olej rybny otrzymywany jest przez wytłaczanie.

**RYBY PASZOWE:** termin stosowany w odniesieniu do różnych małych ryb pelagicznych (otwartego morza) ze względu na ich niższą pozycję w łańcuchu pokarmowym ekosystemów morskich. Wiele z nich żywi się bezpośrednio fitoplanktonem lub zooplanktonem i jest ważnym źródłem pożywienia dla zwierząt na wyższych poziomach troficznych w tych ekosystemach.

**ZINTEGROWANA AKWAKULTURA WIELOTROFICZNA (ANG. INTEGRATED MULTITROPHIC AQUACULTURE — IMTA):** prowadzenie chowu gatunków z różnych poziomów troficznych i o uzupełniających się funkcjach ekosystemowych w niewielkiej

odległości od siebie i w sposób umożliwiający odzyskanie niejedzonej paszy, odpadów, składników odżywczych i produktów ubocznych jednego gatunku i przekształcenie ich w nawóz, paszę i energię dla innych upraw, a także wykorzystanie synergii interakcji między gatunkami z równoległym zachodzącym procesem biomitygacji.

**AKWAKULTURA INTENSYWNA:** systemy, którymi zarządza się poprzez stosowanie środków produkcji (głównie pasz, nawozów i pestycydów) oraz manipulowanie środowiskiem, głównie poprzez gospodarkę wodną (np. stosowanie pomp i aeratorów). Istnieją również systemy półintensywne różniące się stopniem zaawansowania pod względem gęstości obsady, poziomu dokarmiania i manipulacji środowiskiem.

**PROFILAKTYKA:** lek lub sposób postępowania stosowany w celu zapobiegania chorobom.

**RECYRKULACYJNE SYSTEMY AKWAKULTURY (ANG. RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS — RAS):** systemy produkcyjne uwzględniające technologię recyklingu i ponownego wykorzystania wody po mechanicznej i biologicznej filtracji oraz usunięciu zawiesin i metabolitów. Metoda ta jest wykorzystywana do produkcji różnych gatunków ryb w wysokim zagęszczeniu.

**ZARYBIANIE:** ogólne określenie interwencji człowieka mających na celu zwiększenie populacji ryb poprzez wypuszczenie na dany obszar ryb złowionych w środowisku naturalnym lub wyhodowanych w wylęgarni.

**ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ:** produkcja gatunków wodnych w sposób zaspokajający potrzeby teraźniejsze, bez uszczerbku dla zdolności przyszłych pokoleń do zaspokojenia potrzeb w przyszłości. Dzięki temu chroniona jest ziemia, wody, zasoby naturalne i bioróżnorodność, a jednocześnie system ten nie niszczy środowiska, uwzględnia odpowiednie rozwiązania technologiczne, jest opłacalny ekonomicznie, akceptowalny społecznie i zapewnia zdrowie i dobrostan zwierząt.

**ODPADY Z PRZETWÓRSTWA RYB:** głowy, ości i inne części ryb, które pozostają po przetworzeniu ryb i nie są zwykle wprowadzane na rynek do spożycia przez ludzi.

**POZIOM TROFICZNY:** pozycja danego organizmu w łańcuchu pokarmowym. Na pierwszym poziomie troficznym znajdują się producenci pierwotni i ma on najwyższe stężenie energii, która jest przekazywana organizmom na wyższych poziomach troficznych.

# Wstęp

Jednym z wielkich wyzwań, przed którymi stoi ludzkość jest wyżywienie w sposób zdrowy i zrównoważony rosnącej populacji światowej, której liczba ma zbliżyć się do 9,7 mld do 2050 r. (13) (9). Przewiduje się, że zdolność rolnictwa do zaspokojenia zapotrzebowania na żywność w przyszłości będzie ograniczona dostępnością gruntów i wody słodkiej (14). Znaczącym wyzwaniem jest również ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, promowanie bioróżnorodności oraz doprowadzenie środowiska naturalnego do odpowiedniego stanu przy jednoczesnym zaspokojeniu wspomnianego rosnącego zapotrzebowania na żywność (9). Cele zrównoważonego rozwoju przyjęte przez Organizację Narodów Zjednoczonych są wezwaniem wszystkich krajów do podjęcia globalnych działań na rzecz ochrony planety, likwidacji ubóstwa i nierówności oraz poprawy życia wszystkich ludzi bez względu na miejsce zamieszkania (15). Uznają one doniosłość ochrony środowiska, zwłaszcza oceanu będącego podstawowym zasobem światowym i kluczowym elementem zrównoważonej przyszłości (15). Rozwiązaniem są systemy produkcji żywności nie wywierające presji na możliwości planety, zapewniając jednocześnie zdrową dietę (16). Musimy stosować tę zasadę zarówno na lądzie, jak i na morzu.

Według Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO), prawie 90% zbadanych światowych stad ryb jest przełowionych lub poławianych na poziomie maksymalnego odłowu (1), co prowadzi do zmniejszenia populacji ryb, wymierania gatunków i załamywania się ekosystemów morskich (16), a zatem możliwości połowu większej ilości ryb są ograniczone. W związku z tym oczekuje się, że w przyszłości źródłem wzrostu ilości żywności z morza będzie akwakultura. Akwakultura, czyli hodowla zwierząt wodnych (np. ryb, skorupiaków, mięczaków), glonów (np. wodorostów) i roślin była w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat najszybciej rozwijającym się sektorem produkcji żywności pochodzenia zwierzęcego (17), rosnącym co roku o około 5,3 % (średnia dla okresu 2001-2018) (1). Spodziewana produkcja akwakultury ma wzrosnąć z 60 mln ton w 2010 r. do 100 mln ton w 2030 r. i do 140 mln ton w 2050 r. (9). Ponad połowa ryb spożywanych bezpośrednio przez ludzi pochodzi obecnie z akwakultury (1), która według szacunków FAO (1) do 2024 r. ma być źródłem większej ilości ryb, niż wszystkie łowiska (w tym do celów niespożywczych).

W niniejszym raporcie wskazujemy, że choć akwakultura może stanowić potencjalne rozwiązanie dla ograniczeń w produkcji dziko żyjących ryb i innych organizmów wodnych, często wiąże się z poważnymi konsekwencjami o charakterze środowiskowym i społecznym. Na przykład może powodować utratę bioróżnorodności, szkody ekologiczne, zanieczyszczenie, nadużywanie antybiotyków, niezrównoważone wykorzystywanie zasobów, łamanie praw człowieka (18-21), problemy z dobrotanem zwierząt (22-24) i przełowienie w celu pozyskania surowców do produkcji pasz (25). Coraz większej popularności intensywnych systemów produkcyjnych opartych na paszach i wymagających wysokich nakładów środków produkcji towarzyszy wzrost liczby problemów etycznych, środowiskowych i społecznych, które są ściśle związane z dobrotanem zwierząt. Na przykład, wysoka gęstość obsady i nieefektywne żywienie mogą skutkować złym dobrotanem zwierząt, a także powodować powstawanie toksycznych ścieków z gospodarstw rybnych (26), natomiast ogniska chorób w gospodarstwach rybnych są związane ze złym stanem zdrowia, odżywianiem i warunkami chowu (6). Wyższe standardy dobrostanu w systemach produkcyjnych powinny z kolei prowadzić do ograniczenia ilości zanieczyszczeń, poprawy stanu zdrowia ryb, zmniejszenia zapotrzebowania na antybiotyki i poprawy globalnego bezpieczeństwa żywnościowego (27,28).

Poszczególne praktyki produkcyjne różnią się skutkami ekonomicznymi, społecznymi i środowiskowymi (19). Systemy intensywne charakteryzujące się dużymi ilościami stosowanej paszy i kosztownymi dla środowiska produktami stanowią poważne zagrożenie ze strony tej branży. Sektor akwakultury ma szansę pomóc w realizacji celów zrównoważonego rozwoju i powinien być przyjazny dla gospodarki, społeczeństwa i środowiska. Przedstawiamy 15 zaleceń politycznych mających na celu skierowanie unijnego sektora akwakultury na bardziej zrównoważoną i odpowiedzialną ścieżkę. Prawdziwie zrównoważone rozwiązania charakteryzują się długoterminową perspektywą, przyczynią się do rozwoju społeczności, zdrowia i dobrego samopoczucia oraz będą promować dobrze prosperujący i różnicowany biologicznie ekosystem.

## Wkład unijnej akwakultury w produkcję żywności

W 2017 r. globalna produkcja zwierząt wodnych wyniosła 179 mln ton, z czego 97 mln pochodzi z połowów, a ponad 82 mln ton wyprodukowano w ramach akwakultury (1). Prawie całość z 32,4 mln ton glonów wodnych pochodzi z hodowli (1). Akwakultura jest zróżnicowana – utrzymuje się w niej około 425 różnych gatunków, ale za trzy czwarte globalnego wolumenu produkcji odpowiada zaledwie 22 z nich (18). W sektorze dominuje Azja, która produkuje 92% ryb i innych organizmów wodnych z chowu (1), podczas gdy europejska akwakultura wniosła 4% globalnego wolumenu w 2017 r. (29).

Akwakultura odpowiadała za 22% całkowitej produkcji ryb i innych organizmów wodnych w UE w 2019 r., z wartością 1,36 mln ton (30). Większość z tego (98,2% w 2014 r. (31)) stanowią ryby i mięczaki, co odpowiada znacznej liczbie zwierząt. Na przykład, szacuje się, że w 2017 r. w UE poddano ubojowi w celach spożywczych od 560 mln do 1,3 mld ryb hodowlanych (8); w tym 240-320 mln dorad (95 mln ton), 160-200 mln labraksów europejskich (79 mln ton), 87-460 mln pstrągów tęczowych (172 mln ton) i 30-150 mln karpie pospolitych (74 mln ton) (8). W branży bezkręgowców produkuje się głównie omułki, ostrygi i małże jadalne (32). Produkcja glonów i skorupiaków jest stosunkowo niewielka (8,31).

W 2019 r. widoczną konsumpcję per capita oszacowano w UE na 23,97 kg żywej wagi, głównie dotyczyła ona produktów pozyskanych ze środowiska naturalnego. Portugalia wyróżnia się jako główny konsument w UE, a na kolejnych miejscach plasują się Hiszpania i Francja (30). W 2019 r. sześć najczęściej spożywanych w UE produktów morskich to tuńczyk (w większości dziki), łosoś (w większości hodowlany), dorsz (w większości dziki), mintaj (dziki), krewetki (w połowie hodowlane) i omułki (w większości hodowlane) (30).

Przewidywano, że wolumen produkcji w UE zwiększy się o 56% w roku 2030 w porównaniu do 2014 r., pomimo jedynie ograniczonego wzrostu rocznego w ciągu ostatnich kilku dekad. Obecnie jednak UE jest importerem netto ryb i innych organizmów wodnych, importując 6,15 mln ton i eksportując 2,21 mln ton w 2020 r. (30). Łosoś atlantycki jest najważniejszym gatunkiem importowanym odpowiadającym za 16% wwozu, głównie z Norwegii i Wielkiej Brytanii (30).

Sektor akwakultury obejmuje różne gatunki i systemy produkcyjne. Niektóre mogą w dużym stopniu przyczynić się do zrównoważenia

produkcji żywności w Europie, natomiast inne mają szkodliwy wpływ na środowisko i de facto marnotrawią zasoby naturalne. Zrównoważona intensyfikacja stała się mantrą w rozwoju akwakultury (34). Według FAO, zrównoważona intensyfikacja akwakultury musi: (a) zwiększać rozwój społeczno-ekonomiczny; b) zapewniać bezpieczną żywność o dużych walorach odżywczych; c) zwiększać produkcję ryb w stosunku do wykorzystywanej powierzchni gruntów, ilości wody, paszy i energii; oraz d) minimalizować wpływ na środowisko, choroby i ucieczki ryb (34).

Jednakże hodowla ryb w UE często powoduje straty netto żywności; wiele z najczęściej hodowanych ryb to gatunki mięsożerne produkowane w systemach intensywnych z dokarmianiem paszą (35). Karmione są produkowanymi przemysłowo paszami zawierającymi wysokiej jakości składniki roślinne, takie jak soja, ale także rybami w postaci mączki rybnej i oleju rybnego (FMFO), pochodzące w dużej mierze z odłowu dziko żyjących zwierząt. Akwakultura z dokarmianiem (produkcja zwierząt otrzymujących pasze podczas chowu) rozpowszechniała się w Europie stopniowo, a obecnie stanowi trzy czwarte sektora (1). Odzwierciedla to tendencje światowe; 69,5% akwakultury prowadzi się z dokarmianiem, a tylko 30,5% wolumenu pochodzi z systemów bez dokarmiania (z produkcji bez pasz, gdzie zwierzęta pobierają składniki odżywcze ze środowiska) (1). Nastąpił wzrost wykorzystania pasz i intensyfikacji systemów słodkowodnych. Obecnie szacuje się, że 92% tilapii, 57% karpia i 81% sumów jest dokarmianych paszami oprócz przyjmowania pokarmu naturalnie występującego w otoczeniu (18). Szacuje się jednak, że 90% dzikich ryb wykorzystywanych w paszach mogłoby być spożywane bezpośrednio przez ludzi (3). Karmienie zwierząt hodowlanych zasobami jadalnymi dla ludzi jest marnotrawstwem, ponieważ na każdym etapie łańcucha pokarmowego dochodzi do utraty energii.

Ponieważ prawie 90 % światowych populacji ryb jest wyeksploatowanych lub przetworzonych akwakultura mogłaby zmniejszyć presję na faunę morską (1). Jednak systemy wykorzystujące FMFO bezpośrednio opierają się na eksploatacji dzikich populacji ryb przyczyniając się tym samym do wzrostu tej presji (36). Zwiększa się również zależność od surowców uprawianych na lądzie (18). Z drugiej strony, potencjał wodorostów i małży w zakresie wspierania światowego bezpieczeństwa żywnościowego nie jest w pełni wykorzystany (18).



# Jaka jest wydajność produkcji żywności w akwakulturze?

Uwzględniając ograniczone zasoby, którymi trzeba wyżywić 8 miliardów ludzi, wydajna produkcja żywności, odpowiedzialna konsumpcja i minimalizacja marnotrawstwa żywności mają kluczowe znaczenie. Produkcja ryb hodowlanych jest często przedstawiana jako bardziej wydajna niż zwierząt lądowych (2). Rzeczywiście, ryby generalnie zużywają stosunkowo mniej energii podczas poruszania się ze względu na zimnokrwistość i łatwość utrzymywania się w wodzie, ale to wciąż może być mylące porównanie z kilku powodów (2).

Współczynnik wykorzystania paszy (FCR) jest powszechnie stosowanym wskaźnikiem efektywności produkcji i wykorzystania paszy, ale nie daje pełnego obrazu sytuacji (2). FCR to ilość paszy wymagana do wyprodukowania 1 kg produktu hodowlanego z uwzględnieniem wszystkich innych strat pasz, np. jeżeli do wyprodukowania 1 kg ryby hodowlanej zużyje się 1,8 kg paszy, FCR wyniesie 1,8 (37). Dlatego im niższy FCR, tym większa wydajność (37). Przy zastosowaniu tego wskaźnika ryby często zdają się znacznie bardziej wydajne, niż zwierzęta lądowe takie jak świnie i bydło (2).

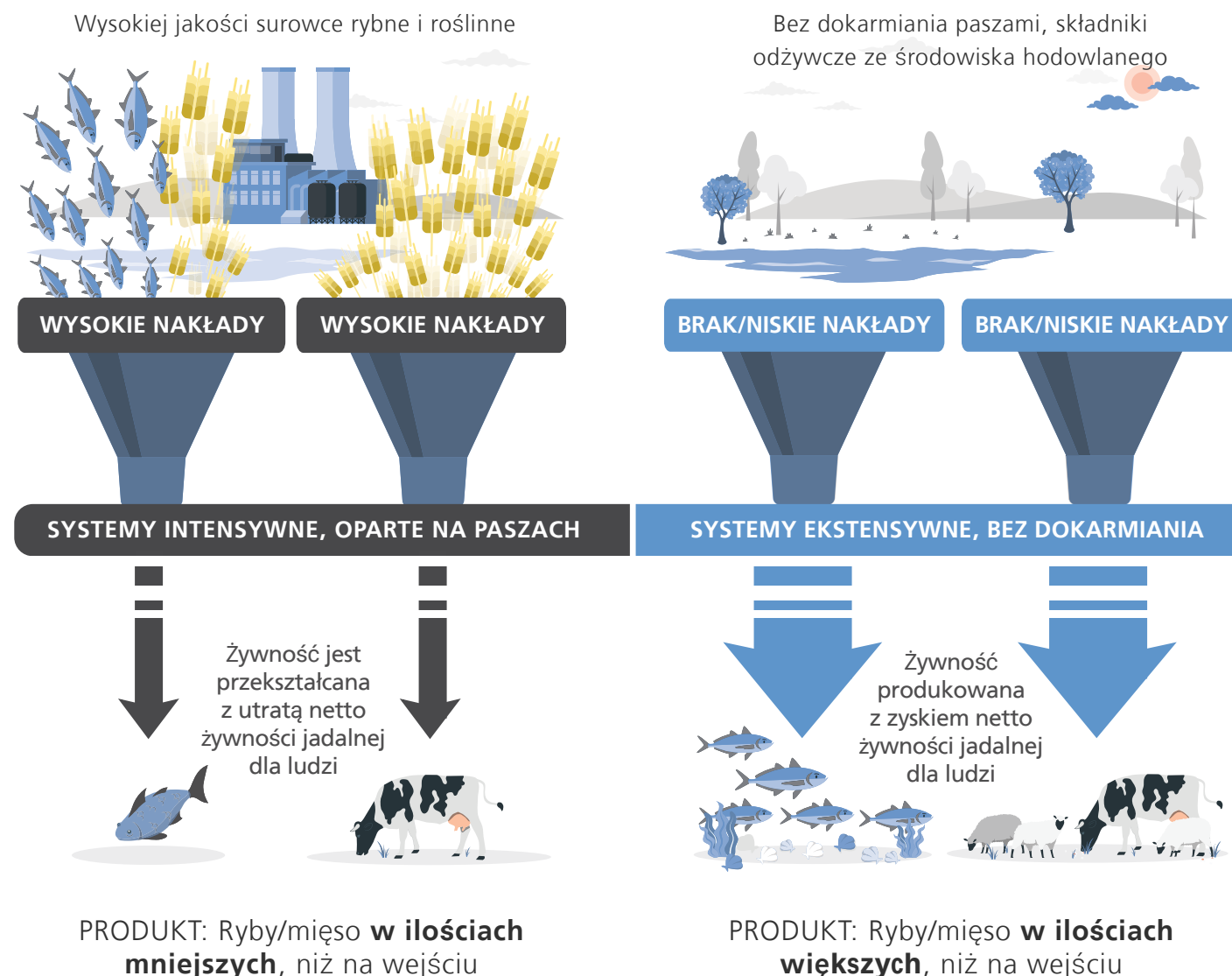
FCR mówi jednak tylko o masie wsadu paszowego nie uwzględniając składników odżywczych pasz, niejadalnych części zwierząt, czy wartości odżywczej produktu gotowego (2). W procesie produkcji wielu pasz przeznaczonych do akwakultury ryby (złowione w środowisku naturalnym lub ich skrawki) są przetwarzane (poprzez gotowanie, tłoczenie, ekstrakcję i suszenie) na mączkę rybną i olej rybny (FMFO), co daje mniejszy objętościowo, bardziej skoncentrowany odżywczo produkt końcowy. Ilości różnią się w zależności od gatunku, ale średnio 1000 kg dzikich ryb jest przetwarzane na około 225 kg mączki rybnej i 50 kg oleju rybnego (38). Dla łososia atlantyckiego uznawanego za jedną z najbardziej "wydajnych" ryb podaje się wskaźnik FCR na poziomie 1,2-1,5 (2), ale biorąc pod uwagę ilość odłowionych dzikich ryb wskaźnik dla rybnego komponentu diety przekracza 4 (obliczeń dokonano na podstawie dostępnych publicznie danych na temat: masy łososi (39), masy ryb paszowych (40), składu pasz (41), skrawków i FCR łososia (42)).

W pracy Fry et al. (2018) obliczono, że tylko 28% białka i 25% kalorii w paszy dla ryb przekształcane jest na jadalnego dla człowieka łososia (2). Podobnie, na pstrąga tęczowego przetwarzane jest tylko 22% białka i 16% kalorii z paszy, a na jadalną dla ludzi krewetkę tygrysią przetwarzane tylko 14% białka i 6% kalorii (2). Oznacza to, że normą jest utrata 72-86% wysokiej jakości białka

i 75-94% kalorii stosowanych w paszach dla hodowlanych zwierząt wodnych (2). Obliczenia dla zwierząt lądowych (bydło, świnie, kurczaki) wykazały, że tracone jest 63-87% białka i 73-93% kalorii, a autorzy doszli do wniosku, że gatunki wodne, wzięte razem, mają niewielką lub żadną przewagę pod względem wydajności w stosunku do zwierząt lądowych (2).

Co więcej, jeśli weźmiemy pod uwagę, że bydło wypasane (a nie karmione zbożami w zagrodach opasowych), może przerobić trawę (niejadalną dla człowieka) na mięso jadalne dla człowieka (pomimo stosunkowo wysokiego FCR), podczas gdy mięsożerne ryby hodowlane przerabiają ryby (często jadalne dla człowieka) i surowce roślinne (często jadalne dla człowieka) na mniejsze ilości ryb jadalnych dla człowieka, porównanie jest mniej przekonujące. Zostawiając porównanie akwakultury z produkcją lądową, należy skupić się raczej na porównaniu systemów z dokarmianiem i bez dokarmiania oraz na zdolności do wytwarzania zysku netto w postaci produktów, które mogą być spożywane przez ludzi. Nawet jeśli producenci pasz do akwakultury zmniejszają udział FMFO w produktach dla ryb, to zwiększają ilość surowców roślinnych, aby to zrekompensować. Wykorzystanie w paszach dla zwierząt roślin uprawnych (np. soi), które w innym przypadku mogłyby być wykorzystane bezpośrednio do żywienia ludzi, również oznacza niewydajne wykorzystanie zasobów i generuje dalsze skutki produkcyjne, np. karczowanie lasów pod uprawy. Systemy, które zużywają więcej żywności nadającej się do spożycia przez ludzi, niż produkują są po prostu nietrwałe.

Z kolei w systemach ekstensywnych, w których produkuje się organizmy na niższym poziomie troficznym, takie jak małże, wodorosty i ryby stawowe, wytwarza się białko zwierzęce przy zerowym lub niskim wkładzie pasz. Tempo produkcji może być niższe, ale efektem tych systemów jest przyrost netto żywności jadalnej dla ludzi, ponieważ zamiast przekształcać jeden rodzaj białka zwierzęcego w inny przekształcają one niejadalne surowce w mięso jadalne dla ludzi. Wodorosty samodzielnie wytwarzają białko, węglowodany i lipidy z energii słonecznej, dwutlenku węgla, wody i określonych minerałów (43); małże, takie jak omułki, odżywiają się poprzez filtrowanie fitoplanktonu z wody (44), a ryby roślinożerne i wszystkożerne żywią się roślinami występującymi w ich otoczeniu (25). Akwakultura bez dokarmiania może zatem być źródłem żywności o wysokiej wartości odżywczej bez wkładu paszy i ma ogromny potencjał rozwoju (2).



Szacuje się, że  
**72%**  
białka jest tracone podczas produkcji łososia na paszy



Szacuje się, że  
**78%**  
białka jest tracone podczas produkcji pstrąga tęczowego na paszy



Szacuje się, że  
**86%**  
białka jest tracone podczas produkcji krewetki tygryskiej na paszy



# Żywnienie ryb hodowlanych w Europie

Przewiduje się, że produkcja wysokowartościowych gatunków takich jak krewetki, łosoś i pstrąg, będzie nadal rosła (1), a w ich chowie stosuje się dietę zawierającą mączkę rybną i olej rybny (FMFO). De facto około 70% mączki rybnej i 75% oleju rybnego produkowanego na świecie jest wykorzystywane jako pasza w akwakulturze (18). Głównymi gatunkami poławianymi do produkcji FMFO są ryby paszowe, takie jak sardela, sardynka, śledź i makrela (4), chociaż FMFO wytwarza się również z produktów ubocznych lub skrawków z przetwarzania dzikich i hodowlanych ryb (1).

Połowry ryb paszowych mają wpływ na bezpieczeństwo żywnościowe i ekosystemy morskie (4). Pasze są kluczowe w przenoszeniu energii od producentów pierwotnych do gatunków na wyższych poziomach troficznych takich jak duże ryby, ssaki i ptaki morskie (4). W wielu krajach ryby paszowe są ważnym źródłem białka i dochodów, dlatego wykorzystanie ich do produkcji zwierzęcej stanowi konkurencję wobec spożycia przez ludzi i zagraża bezpieczeństwu żywnościowemu społeczności nadmorskich. De facto, szacuje się, że 90% dzikich ryb przeznaczanych na pasze mogłoby być spożywane bezpośrednio przez ludzi (3).

Największymi światowymi producentami FMFO są niektóre kraje Ameryki Południowej i Azji (45). W Europie produkuje się rocznie około 475-540 tys. ton mączki rybnej i 130- 200 tys. ton oleju rybnego (45). Największym producentem FMFO jest Dania, za nią plasuje się Hiszpania (45). Duża część FMFO zużywanego w UE pochodzi z importu z krajów nieunijnych; w 2019 r. trzema największymi dostawcami były Maroko, Peru i Norwegia (45). Duża część FMFO pozyskiwana jest z krajów Afryki Północnej i Zachodniej oraz Ameryki Łacińskiej, gdzie zakłady produkcyjne wywierają znaczną presję na ekosystemy, środowisko i bezpieczeństwo żywnościowe.

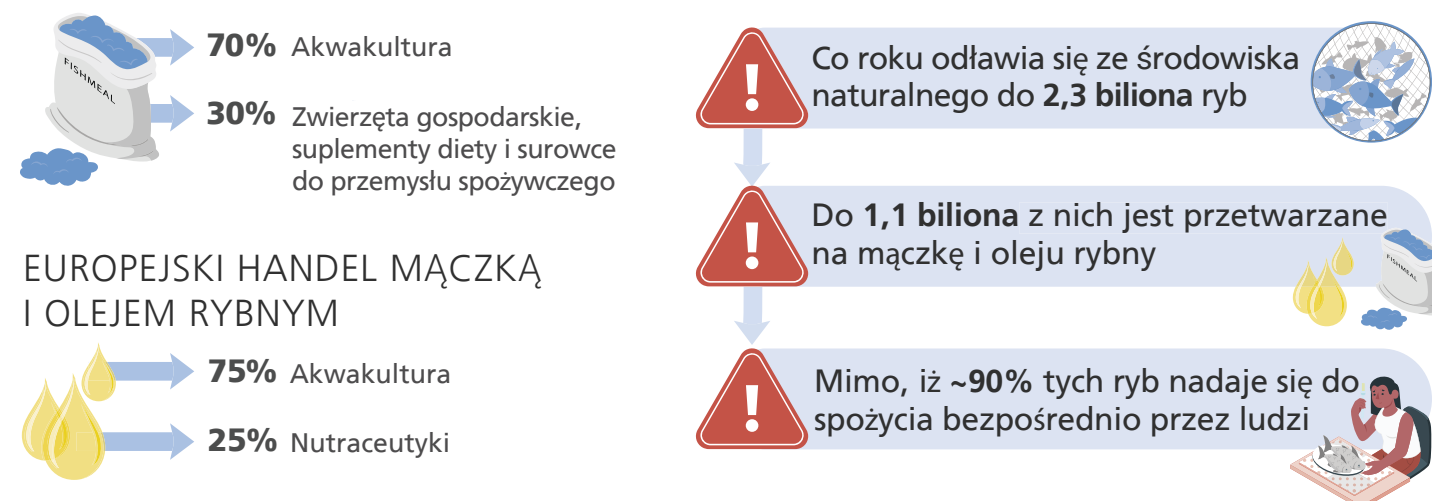
Z danych handlowych nie wynika, czy importowane FMFO pochodzą ze zrównoważonych łowisk, ponadto nie ma obecnie instrumentów prawnych regulujących pozyskiwanie i pochodzenie FMFO, co oznacza, że nie istnieją mechanizmy regulacyjne wymuszające równowagę łańcuchów dostaw i poprawę praktyk produkcyjnych. Ponadto panuje bardzo mała przejrzystość w zakresie zakładów i łowisk, z których pochodzą FMFO. Ten brak informacji jest podtrzymywany przez zawiłą sieć podmiotów działających w skomplikowanych łańcuchach dostaw

(46). Badania pokazują, że pomimo zobowiązań do prowadzenia działalności w sposób zrównoważony i transparentny, producenci mączki rybnej i najwięksi producenci pasz dla zwierząt wodnych ujawniają niewiele informacji na temat pochodzenia, ilości czy zrównoważonego charakteru połowów dzikich ryb wykorzystywanych w paszach (46).

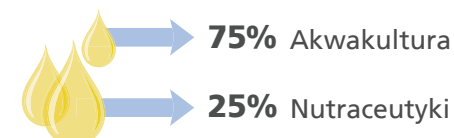
W akwakulturze UE zużywa się obecnie około 450 000 ton mączki rybnej i 250 000 ton oleju rybnego rocznie. W branży toczą się rozmowy na temat alternatyw dla FMFO takich jak różne źródła roślinne, niektóre nowe białka zwierzęce (np. mączki z owadów) oraz produkty mikrobiologiczne (np. mikroglony i białka jednokomórkowe). Te alternatywy mogą służyć jako krótkoterminowe rozwiązania dla chowu gatunków mięsożernych, ale potrzebne są lepsze rozwiązania długoterminowe, aby rozwiązać systemowe problemy modelu intensywnej produkcji. Kluczowe jest również to, aby nowe preparaty paszowe nie konkurowały ze składnikami, które mogłyby być wykorzystywane bezpośrednio do spożycia przez ludzi i nie szkodziły środowisku.

Ostatnio rozważa się również wykorzystanie do produkcji FMFO ryb mezopelagicznych (żyjących na głębokości od 200 do 1000 m) oraz kryla (małych skorupiaków). Jednak połowy takie wiązałyby się z dużym ryzykiem środowiskowym, ponieważ organizmy te odgrywają zasadniczą rolę w morskich systemach pokarmowych i w globalnym obiegu węgla (47,48). Dlatego też rosnące zainteresowanie komercyjne tymi obszarami jest wysoce niepokojące.

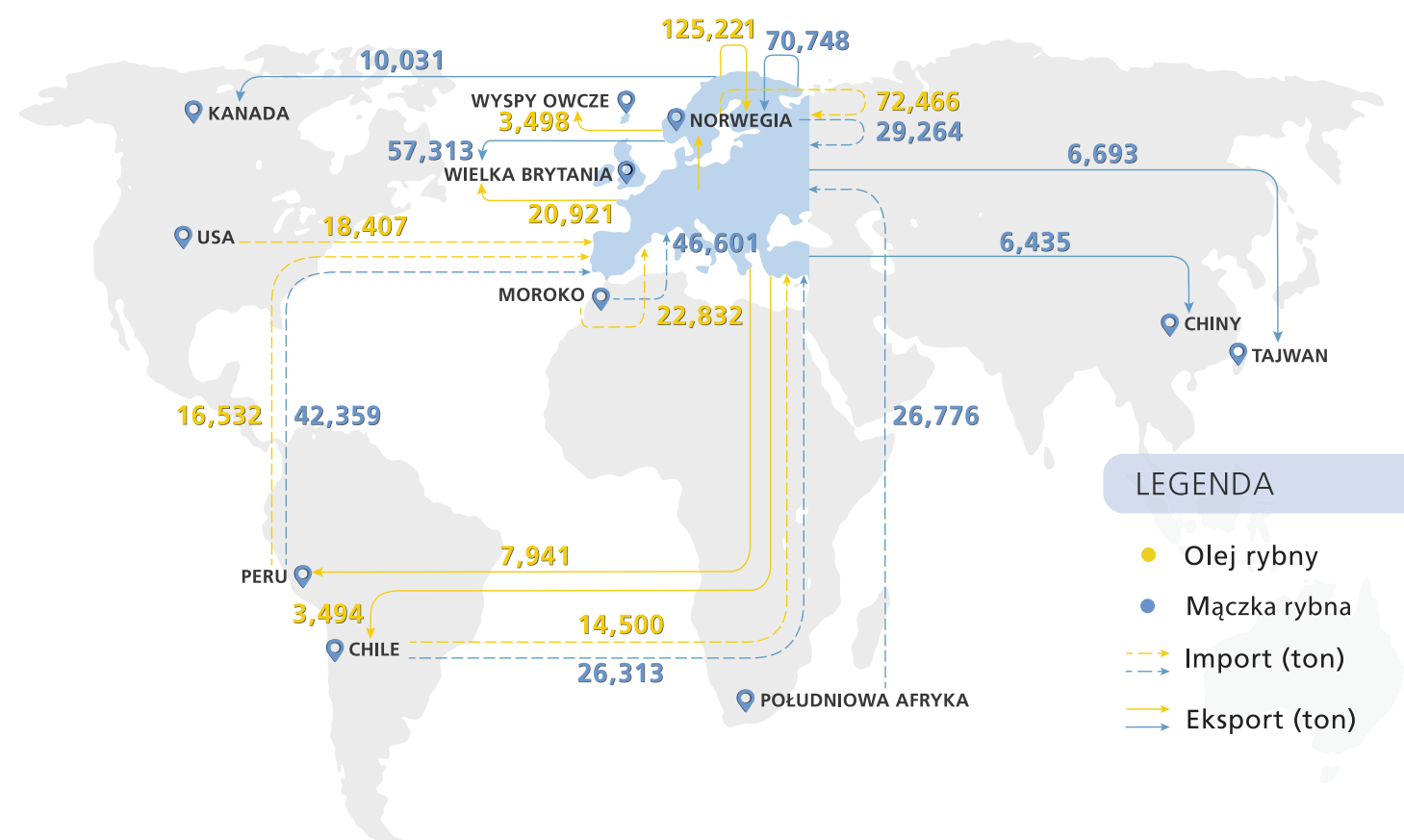
## WYKORZYSTANIE MĄCZKI RYBNEJ NA ŚWIECIE



## EUROPEJSKI HANDEL MĄCZKĄ I OLEJEM RYBNYM



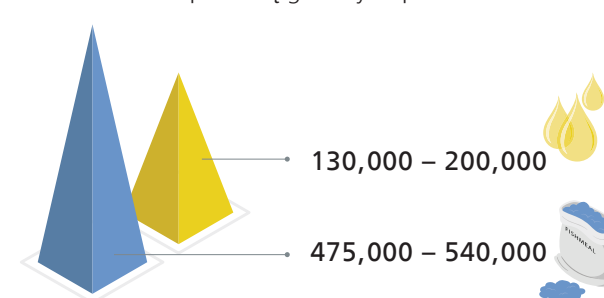
## EUROPEJSKI HANDEL MĄCZKĄ I OLEJEM RYBNYM



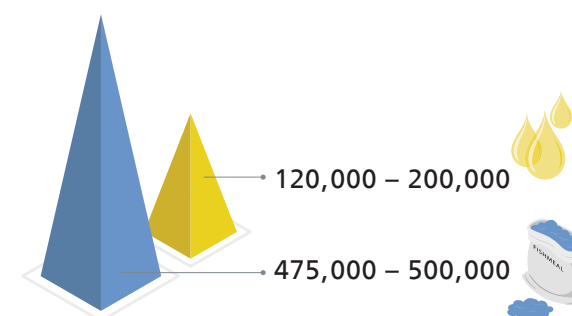
Źródło: [www.eumofa.eu/documents/20178/432372/Fishmeal+and+fish+oil.pdf](http://www.eumofa.eu/documents/20178/432372/Fishmeal+and+fish+oil.pdf)

### PRODUKCJA EU (w tonach)

Dania i Hiszpania są głównymi producentami



### ZUŻYCIE EU (w tonach)



# Połów przełowionych gatunków na potrzeby akwakultury

Poza poławami na mączkę i olej rybny (FMFO) w niektórych przypadkach dzikie ryby są wykorzystywane do zasilania akwakultury; w przypadku gdy cykl rozrodczy nie został domknięty w niewoli (lub rozmnażanie nie jest opłacalne), hodowle są zarybiane złowionymi dzikimi osobnikami w celu dalszego tuczenia. Stanowi to dodatkową presję na dzikie populacje i ma wpływ na dobrostan zwierząt, ponieważ ryby są pozyskiwane ze środowiska naturalnego w sposób wywołujący stres i przetrzymywane przez długi okres w warunkach gospodarstw produkcyjnych (6). Konsekwencje tego mogą być poważniejsze dla gatunków już przełowionych, zagrożonych lub nieprzystosowanych do hodowli, co opisano na poniższych przykładach.

**CHÓW TUŃCZYKA BŁĘKITNEGO:** Globalny spadek liczebności populacji dzikiego tuńczyka błękitnego, spowodowany dużą presją połowową, sprawił, że chów tuńczyka stał się atrakcyjną alternatywą dla połówów. Polega on na odławianiu dziko żyjących młodych osobników w celu ich tuczenia w klatkach morskich (34). Bardziej dojrzałe (>30 kg) tuńczyki są utrzymywane przez krótszy czas (na ogół od 4 do 9 miesięcy), natomiast młodsze (<25 kg) są tuczone przez ponad rok, np. w Chorwacji złowione dziko tuńczyki o wadze 5-25 kg są trzymane w klatkach przez ponad 20 miesięcy (35). W 2017 r. w Europie wyprodukowano 7 393 ton tuńczyka błękitnego, w Japonii 15 900 ton, w Meksyku 5 722 ton, a w Australii 8 100 ton (36).

Tuńczyk błękitny jest kluczowym drapieżnikiem w morskiej sieci pokarmowej, wymagającym dużego nakładu białka pochodzenia morskiego (34). W gospodarstwach są one żywione rybami paszowymi, sardynkami, makrelami lub śledziami oraz określonymi głowonogami (34). Współczynnik wykorzystania paszy (FCR), czyli liczba kilogramów ryb potrzebnych do uzyskania 1 kg tuńczyka, jest bardzo wysoki i mieści się w przedziale 10-20:1 (37). W skali globalnej w 2017 roku wyhodowano 37 115 ton tuńczyka błękitnego. Tymczasem globalne zapotrzebowanie na ryby paszowe do żywienia tuńczyka błękitnego w gospodarstwach szacowano w 2014 r. na poziomie od 168 do 362 tys. ton (34).

Do żywienia tuńczyka hodowlanego wykorzystuje się duże ilości ryb, które mogłyby zostać wykorzystane do spożycia przez ludzi, a zatem stanowi to marnotrawstwo zasobów. Wykorzystywanie poławianych dzikich ryb na potrzeby akwakultury jest praktyką nie tylko niezrównoważoną, ale również stwarzającą problemy w zakresie bezpieczeństwa żywnościowego. Należy również pamiętać, że chów tuńczyka oznacza umieszczanie w klatkach jednego z dużych drapieżników morskich mogącego osiągać długość do 3 metrów, wagę do 65 kg i prędkość 80 km/h. Ponadto są to zwierzęta wędrowne przebywające tysiące kilometrów i zanurzające się na ponad 1000 metrów. Dane te pokazują,

jak kuriozalnym pomysłem jest umieszczanie tych zwierząt w klatkach, gdzie nie mogą migrować dalej niż ściany klatki.

**CHÓW WĘGORZA EUROPEJSKIEGO:** Węgorz europejski jest spożywany przez ludzi od stuleci, ale działalność człowieka na przestrzeni ostatniego wieku była dla tego gatunku katastrofalna. Na w pierwszej połowie XX w. doszło do przełowienia węgorzy, a rozwój akwakultury w latach 80. XX w. spowodował dalszą presję: młode „leptocefale” są nadal odławiane w celu zaopatrywania gospodarstw, które w większości prowadzą intensywnych chów w systemach recyrkulacyjnych (RAS) (52). Węgorz europejski został umieszczony w czerwonym wykazie jako "krytycznie zagrożony" przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (IUCN) (53). Liczba leptocefali docierających do europejskich wybrzeży wynosi obecnie 1% liczby z początku lat 80. XX wieku (54-57).

Cykl życia węgorzy europejskich jest złożony: rozpoczyna się w Morzu Sargassowym, skąd migrują one na duże odległości do śródlądowych zbiorników wodnych, gdzie dojrzewają i rosną przez kilka lat, po czym wracają do Morza Sargassowego na tarło. Węgorze mogą dorastać nawet do 1,5 metra długości i ważyć aż 2 kg, a ich średnia długość życia wynosi 20 lat (58). Dojrzewanie płciowe trwa długo (samce: 7-13 lat, samice 10-19 lat), a po tarle osobniki dorosłe giną, co uniemożliwia odławianie tylko tych, które miały okazję do kopulacji (59). Dlatego też gatunek ten jest szczególnie narażony na przełowienie i nie nadaje się do zrównoważonego chowu. Rozmnażanie w niewoli nie jest obecnie możliwe. Inne działania człowieka mające negatywny wpływ na węgorze to budowa wielu przeszkód (np. elektrowni wodnych, jazów, zapór) utrudniających migrację w górę i w dół rzeki (60).

W 2007 r. UE przyjęła rozporządzenie w sprawie węgorza europejskiego (61), zgodnie z którym wszystkie państwa członkowskie, w których występują naturalne siedliska węgorza, muszą mieć krajowe plany gospodarowania tym gatunkiem. Jak dotąd żaden z krajów nadbałtyckich nie zbliżył się do osiągnięcia celów założonych w swoich planach (62). Programy zarybieniowe polegają na przenoszeniu schwytanych leptocefali z ujść rzek do obszarów w głębi lądu. Jednak korzyści netto wynikające z zarybiania nie są znane i są bezpośrednio sprzeczne z zaleceniem ICES (Międzynarodowej Rady Badań Morza): zerowy połów w 2022 r. i zaprzestanie zarybiania, ponieważ zwiększa to śmiertelność węgorzy bez udowodnionych korzyści netto dla ich rozmnażania (63).

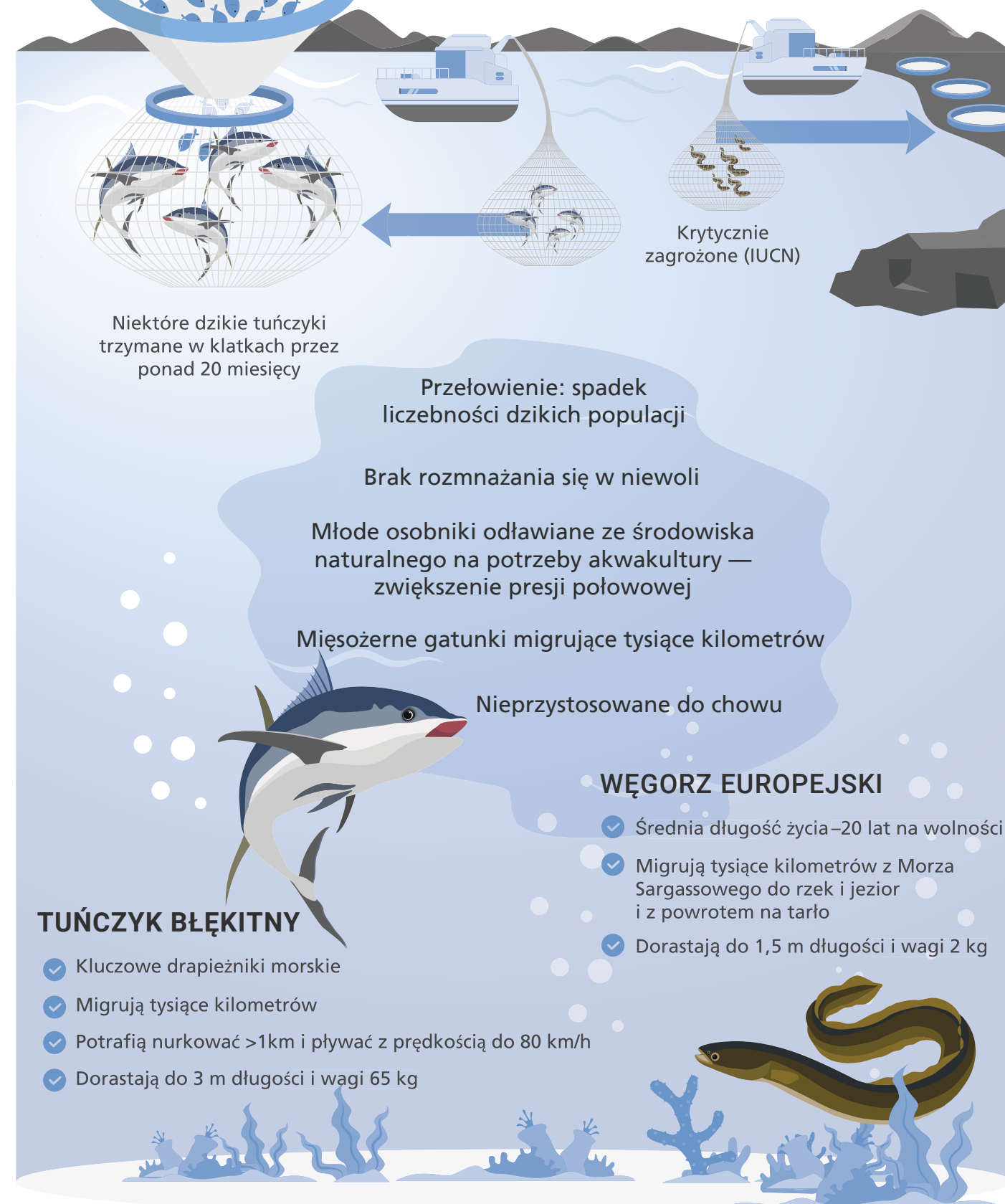
Wywóz leptocefali poza UE został zakazany w 2010 r., ale popyt ze strony rynku azjatyckiego (po spadku populacji węgorza japońskiego o 90% w ciągu 30 lat (59)) spowodował, że według Europolu (64) jest to jeden z najbardziej lukratywnych rodzajów nielegalnego handlu gatunkami chronionymi na świecie. Nielegalne zyski oszacowano w ostatnich latach na kwotę nawet 3 mld euro (64).

Karmienie wysokiej jakości rybami i paszą, współczynnik wykorzystania paszy jest bardzo słaby, na poziomie 10-20:1

Nielegalny handel poza UE wartý €3 mld euro



Do europejskich wybrzeży dociera obecnie 1% leptocefali (larw węgorza) w porównaniu z latami 80. XX w.



# Dobrostan zwierząt powinien leżeć u podstaw zrównoważonej produkcji

W prawodawstwie europejskim ryby uznawane są za zwierzęta zdolne do odczuwania (7). Mocne dowody naukowe wskazują, że ryba może odczuwać ból, cierpienie (65-67) i inne emocje (68). Ryby są również inteligentne i mogą nauczyć się wielu rzeczy, np. rozwiązywania zadań (69), zapamiętywania tras podróży (65) i unikania sytuacji, które wcześniej sprawiały ból (70-72). Niektóre ryby posiadają umiejętności numeryczne (73), używają narzędzi (74), współpracują (75-78) i wykazują oznaki „samoświadomości” (79,80). Ryby w UE objęte są jednak tylko ogólnymi przepisami w zakresie dobrostanu zwierząt gospodarskich (81-83) i są obecnie narażone na znaczne cierpienie podczas chowu i uboju.

Każdego roku w UE hoduje się od 0,5 do 1,2 miliarda ryb (8). Aby zmaksymalizować zysk, chów jest najczęściej intensywny, przy gęstej obsadzie. Może to obniżać jakość wody (84), ułatwiać rozprzestrzenianie się chorób i zwiększać stres negatywnie wpływający na odporność ryb na choroby (85,86). Intensywna akwakultura doprowadziła do wzrostu stosowania antybiotyków (20,87), co może skutkować pojawieniem się bakterii opornych na te leki (88). Gospodarstwa prowadzące chów intensywny są często środowiskiem jałowym w porównaniu do złożonych i zróżnicowanych siedlisk, w których ryby bytują na wolności (89). Może to hamować różne naturalne zachowania, skutkować mniejszą wytrzymałością ryb i powodować nudę (89). Zamknięte w klatkach pstrągi nie są w stanie unikać naturalnych zagrożeń, takich jak zakwity glonów, meduzy i drapieżniki, które mogą je ranić lub zabić (22,90-92). Czasami ryby uciekają z gospodarstw, co może mieć negatywne konsekwencje dla dzikich populacji (np. w postaci konkurencji o pokarm, rozprzestrzeniania się chorób) (93).

W obecnej praktyce akwakultury występuje wiele zdarzeń wywołujących stres; należą do nich klasyfikacja, przemieszczanie, szczepienie, pozyskiwanie nasienia czy transport (84). Wiążą się one z koniecznością odławiania siecią lub wypompowania ryb z klatek, co często wystawia je na działanie powietrza. Praktyki te mogą powodować otarcia, ubytki łusek, urazy oczu i uszkodzenia płetw, a także są bardzo stresujące (94). Złe warunki podczas transportu takie jak stłoczenie i zła jakość wody mogą powodować wzrost stężenia metabolitów prowadząc do cierpienia i zwiększonej śmiertelności (95,96). Ryby w chowie są często głodzone przed przemieszczaniem, transportem lub ubojem (97). W przypadku zbyt długiego głodzenia dochodzi do obniżenia dobrostanu, większego poziomu agresji i urazów (98). Przewlekły stres może zagrażać zdrowiu zwierząt i systemowi odpornościowemu (99).

Wiele ryb nie jest w stanie żyć na fermach i ginie przed ubojem. Wskaźniki śmiertelności ryb w chowie mogą być uderzająco

wysokie, i są szacowane na ~15%-80% w przypadku niektórych spośród najczęściej utrzymywanych w fermach gatunków (100). Jest to symptomem wielkiego cierpienia, ale również ogromnego marnotrawstwa zasobów (w postaci zarówno ginących ryb, jak i spożytej przez nie paszy), które w przeciwnym razie mogłyby wyżywić miliony ludzi. Mimo że ryby utrzymywane w gospodarstwach są objęte unijnym rozporządzeniem w sprawie uboju (82) wymagającym, aby podczas uśmiercania i powiązanych z nim działań oszczędzano im możliwego do uniknięcia bólu, niepokoju lub cierpienia, wiele metod uboju stosowanych w UE nie obejmuje uprzedniego ogłuszenia, a zatem są one niehumanitarne: duszenie w powietrzu lub lodzie, wystawianie na działanie dwutlenku węgla w wodzie, patroszenie i wykrwawianie (101). Powodują one znaczny ból, strach i cierpienie, a śmierć może być wyjątkowo długotrwała (102).

W przypadku stosowania mączki i oleju rybnego (FMFO) w produkcji zwierząt wodnych, akwakultura powoduje również cierpienie ogromnej liczby dzikich ryb i przyczynia się do przełowienia. Typowe praktyki stosowane podczas połowu, wyładunku i uśmiercania stosowane na dzikich łowiskach są niehumanitarne i nie uwzględniają dobrostanu zwierząt, a obecnie nie istnieją żadne przepisy chroniące dzikie zwierzęta podczas odłowu (103,104). Szacuje się, że każdego roku na całym świecie zabija się od 0,5 do 1 biliona sztuk ryb w celu przetworzenia ich na mączkę i olej rybny (FMFO), głównie na paszę dla akwakultury (40). Kolejne 0,3 do 1,3 biliona (zgodnie z szacunkami) jest odławiane w celu spożycia przez ludzi (105). Łowiska dzikich ryb niszczą środowisko i stanowią główną przyczynę utraty bioróżnorodności w morzach (106,107). Jest to kolejny powód, dla którego należy rozwijać zrównoważoną akwakulturę bez karmienia, zamiast polegać na dostawach paszy z rybołówstwa.

Poprawa dobrostanu zwierząt gospodarskich często wiąże się z korzyściami w postaci poprawy zrównoważoności produkcji (27,28). Należą do nich niższa śmiertelność (a zatem mniejsze marnotrawstwo zasobów), mniejsze zanieczyszczenie, poprawa zdrowotności produktów, mniejsze zużycie antybiotyków i większe bezpieczeństwo żywnościowe (108). Dobrostan zwierząt był tradycyjnie pomijany w narracji dotyczącej akwakultury, jednak jest on coraz częściej uznawany za istotny element zrównoważonego systemu żywnościowego (23). Strategia „od pola do stołu” Komisji Europejskiej podkreśla te korzyści stwierdzając, że istnieje „pilna potrzeba (...) poprawy dobrostanu zwierząt” na wyraźne żądanie obywateli UE (109). Ponadto, nowe strategiczne wytyczne na rzecz bardziej zrównoważonej i konkurencyjnej akwakultury w UE (110) zawierają dział poświęcony dobrostanowi ryb.

## DOBROSTAN RYB W PRAWIE UE



Bardzo mała ochrona prawna dobrostanu.

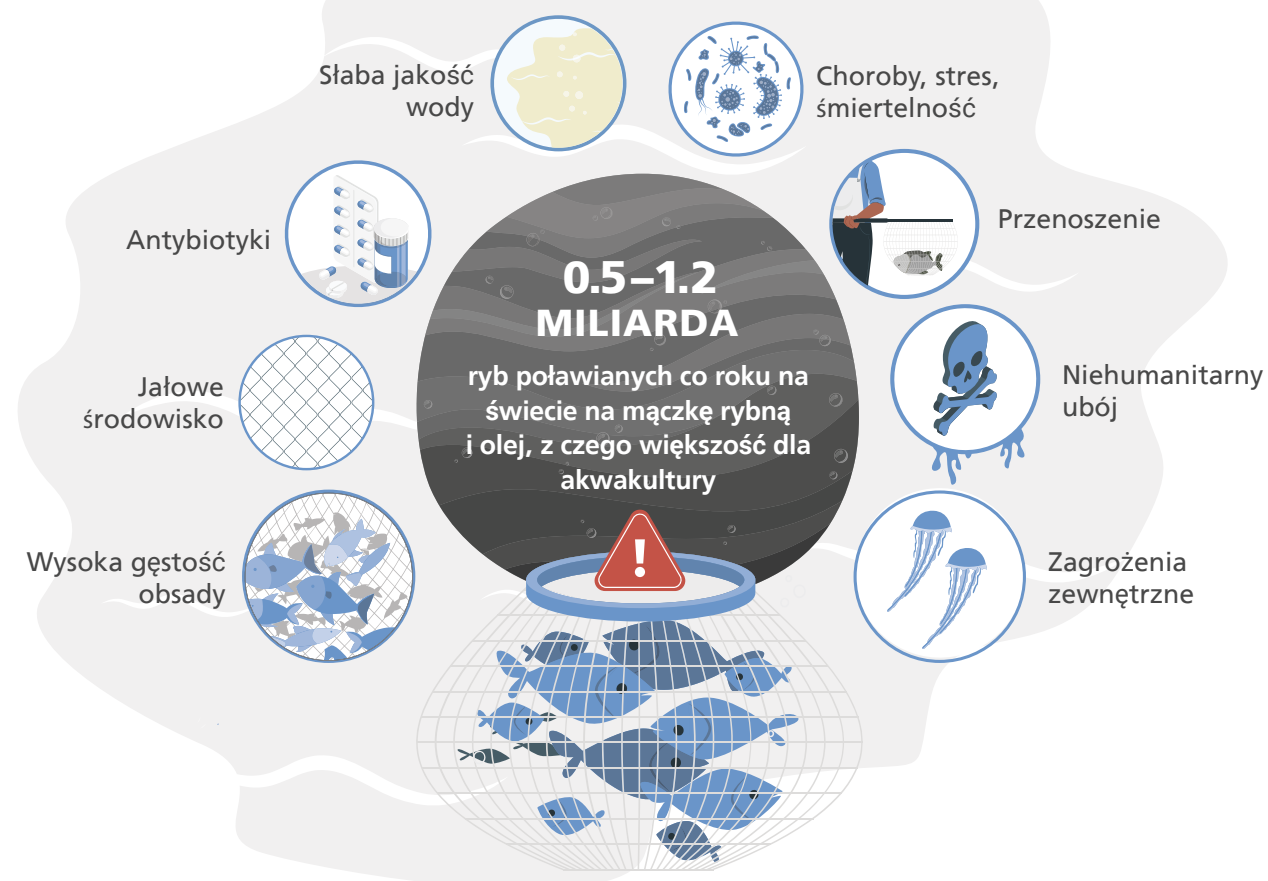
Uznane za zwierzęta czujące.

## RYBY CZUJĄ I SĄ INTELIGENTNE



- ✓ Odczuwają emocje
- ✓ Mogą cierpieć
- ✓ Czują ból

## RYZIKO DLA DOBROSTANU W AKWAKULTURZE



## KORZYŚCI Z WŁAŚCIWEGO DOBROSTANU ZWIERZĄT

- ✓ Niższa śmiertelność
- ✓ Mniej zanieczyszczeń
- ✓ Zdrowsze produkty
- ✓ Mniej antybiotyków
- ✓ Zwiększone bezpieczeństwo żywnościowe

Dobrostan jest kluczem do zrównoważonego systemu żywnościowego



## RYZIKO DLA DOBROSTANU W RYBOŁÓWSTWIE



# Wpływ akwakultury na środowisko

**Cele zrównoważonego rozwoju ONZ określone w Agendzie 2030 określają ochronę i zrównoważone korzystanie z zasobów morskich jako globalny priorytet, obok bezpieczeństwa żywnościowego, odpowiedzialnej konsumpcji i produkcji oraz położenia kresu niedożywieniu (15). Akwakultura może przyczynić się do zdrowego i zrównoważonego żywienia. Nie powinna ona jednak zagrażać kluczowym procesom systemu ziemskiego (1) ani przyczyniać się do przekraczania kluczowych ograniczeń Ziemi (73), takich jak cykle azotu i fosforu, utrata bioróżnorodności czy zmiana klimatu.**

Prawie 90% stad zwierząt wodnych poddanych ocenie Organizacji ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) jest przełowione lub eksploatowane na maksymalnym poziomie, co doprowadziło do zmniejszania się populacji ryb, wymierania gatunków i załamywania się ekosystemów morskich (16). Akwakultura może stanowić alternatywne źródło ryb i innych organizmów wodnych, jednak nadal opiera się na eksploatacji zasobów naturalnych i może szkodzić środowisku (16). Najczęściej występujące negatywne oddziaływania środowiskowe związane z akwakulturą obejmują obniżenie jakości wody i eutrofizację, zmianę lub zniszczenie naturalnych siedlisk, zanieczyszczenia chemiczne i antybiotykowe, wpływ na bioróżnorodność i dzikie zwierzęta, emisję gazów cieplarnianych oraz zawlekanie i przenoszenie chorób zwierząt wodnych (19).

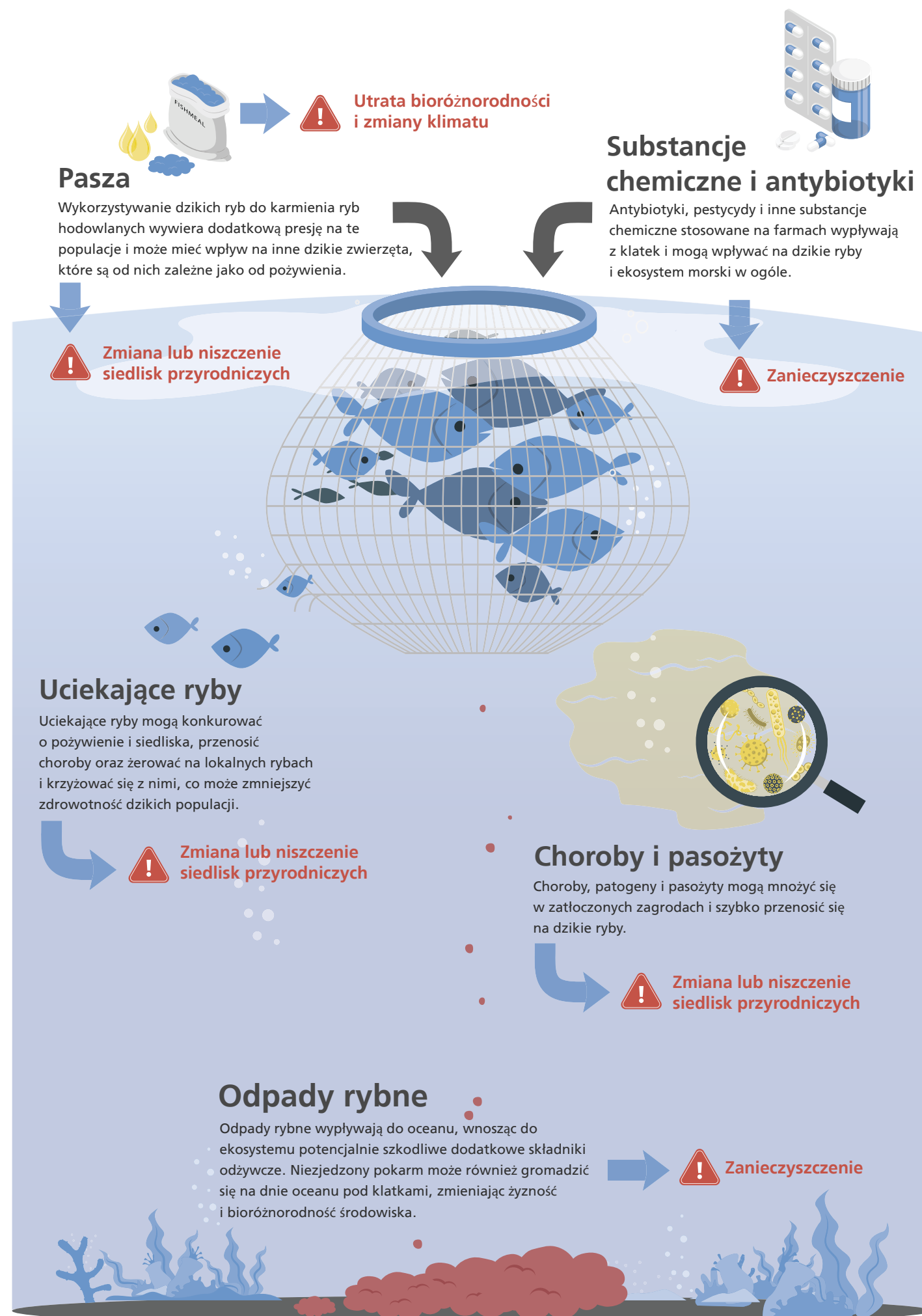
Jedną z najbardziej niepokojących kwestii jest fakt, że intensywna akwakultura przyczyniła się do rozwoju kilku chorób bakteryjnych, co doprowadziło do wzrostu ilości stosowanych antybiotyków (87,111). Antybiotyki są szeroko stosowane w akwakulturze w celach leczniczych i profilaktycznych na całym świecie (20). W UE istnieją przepisy (112,113) regulujące stosowanie antybiotyków w akwakulturze, a od 2006 r. obowiązuje ogólny zakaz stosowania antybiotyków jako stymulatorów wzrostu (114). Antybiotyki są jednak nadal szeroko stosowane w Europie (11).

Otwarty charakter systemów produkcji akwakultury doprowadził do nagromadzenia pozostałości antybiotyków w wodach, gdzie prowadzi się chów oraz w wodach przyległych, w dzikich rybach, planktonie i osadach (20). Nadużywanie antybiotyków spowodowało również pojawienie się bakterii antybiotykkoopornych, które mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia publicznego (115). Konsekwencje oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe obejmują niepożądane reakcje na leki i rozwój oporności

na antybiotyki w przypadku patogenów bakteryjnych o znaczeniu klinicznym (88), co powoduje negatywne konsekwencje dla źródeł utrzymania i bezpieczeństwa żywnościowego (115). Dlatego istnieje pilna potrzeba ograniczenia stosowania antybiotyków w gospodarstwach akwakulturowych ze względu na związane z tym zagrożenia dla środowiska, bezpieczeństwa żywnościowego i zdrowia. Pierwsze kroki podejmuje Komisja Europejska uwzględniając w strategii „od pola do stołu” cel ograniczenia stosowania antybiotyków o 50% do 2030 r. w odniesieniu do zwierząt gospodarskich i akwakultury (109).

Ważne jest, aby doprowadzić w tym sektorze do przejścia na bardziej przyjazny dla środowiska chów zwierząt wodnych. Opracowano alternatywne systemy produkcji w akwakulturze takie jak zintegrowana akwakultura wielotroficzna (IMTA), recyrkulacyjne systemy akwakultury (RAS) czy akwaponika, które rozwiązują niektóre problemy związane z oddziaływaniem na środowisko (19). Na przykład, RAS to zamknięte systemy znajdujące się na lądzie i dlatego istnieje większa kontrola nad tym, co jest uwalniane do środowiska (19). Systemy te mają jednak również istotne minusy, np. zużywają duże ilości energii, co oznacza, że mają one duży ślad węglowy (19). Ponadto, bez względu na rodzaj systemu, hodowla gatunków mięsożernych nadal korzysta z populacji dzikich zwierząt, a więc nie rozwiązuje problemów związanych z przeławianiem i marnotrawstwem zasobów, a dobrostan zwierząt może ulec dalszemu pogorszeniu. Na przykład, w przypadku RAS system jest jałowy, a gęstość obsady zwykle bardzo wysoka, aby umożliwić generowanie zysku przez takie droższe w utrzymaniu rozwiązania (116).

Wreszcie globalne zasoby ryb i innych organizmów wodnych zagrożone są zanieczyszczeniem plastikiem (117,118 ton). Szacuje się, że do oceanów trafia rocznie ponad 10 milionów ton plastiku (119). Porzucone, zagubione lub w inny sposób wyrzucone narzędzia połowowe (ALDFG), zwane również „sieciami widmami”, uważane są za główne źródło odpadów plastikowych w sektorach rybołówstwa i akwakultury (120). Mikroplastik jest szczególnym zagrożeniem ze względu na jego zdolność do szybkiego rozprzestrzeniania się w środowisku i możliwość przedostawania się do łańcucha pokarmowego i koncentrowania się na wyższych poziomach troficznych (119). Dlatego zanieczyszczenie tworzywami sztucznymi może mieć kluczowe znaczenie dla morskiej fauny i flory oraz zdrowia ludzi (19).



# Alternatywna wizja

Istnieją alternatywy dla intensywnej produkcji mięsożernych gatunków stojących wyżej w łańcuchu troficznym. Uprawa gatunków roślin i zwierząt z niskich szczebli troficznych może nawet być korzystne ekologicznie i przyczyniać się do łagodzenia zmian klimatu, a także zapewniać zdrową i wartościową żywność oraz odpowiadać na zagrożenia bezpieczeństwa żywnościowego (121).

**RYBY NISKOTROFICZNE:** W chowie ryb należy odejść od stosowania w paszach mączki i oleju rybnego (FMFO) oraz jadalnych dla człowieka lub szkodliwych dla środowiska surowców roślinnych, co przyniesie dodatkowe korzyści w postaci produkcji gatunków niskotroficznych. Obecnie stosowane systemy chowu gatunków mięsożernych są nieefektywne i sprzeczne z celami zrównoważonego rozwoju akwakultury (122-125). Pierwszym krokiem powinno być przejście z mięsożernych gatunków ryb na naturalnie roślinnożerne/wszystkożerne. Gatunki naturalnie roślinnożerne i wszystkożerne nie powinny być karmione FMFO, jak to się powszechnie robi w celu przyspieszenia ich wzrostu (25). Ich chów powinien odbywać się w systemach ekstensywnych, gdzie pasza nie jest wymagana lub, jeśli jest podawana jako pasza uzupełniająca, nie powinna zawierać surowców roślinnych jadalnych dla ludzi, które zastępować należy odpadami, produktami ubocznymi lub zasobami alternatywnymi (pod warunkiem, że można je wytworzyć bez szkody dla środowiska). Ponadto przy poszukiwaniu odpowiednich kandydatów do chowu w akwakulturze należy zbadać ich przydatność oraz potencjał osiągnięcia wysokiego poziomu dobrostanu.

**MAŁŻE:** Hodowla małży w systemach ekstensywnych nie wymaga stosowania pasz, nawozów sztucznych, herbicydów, środków chemicznych, leków czy antybiotyków (126). Ponadto małże jadalne, ostrygi, omułki i przegrzebki, często mają wyższą zawartość białka w stosunku do kalorii w porównaniu z wieloma rodzajami mięsa i roślinami, a także wysoki poziom kwasów tłuszczowych omega-3, żelaza, cynku, witaminy B12 i witaminy A (126). Chów małży również w mniejszym stopniu oddziałuje na środowisko, niż większość innych produktów spożywczych, nie wymagając przy tym prawie w ogóle gruntów ani słodkiej wody, a tylko wody morskiej. Ten rodzaj produkcji charakteryzuje się również niższą emisją dwutlenku węgla, niż wiele upraw zbożowych, a także przyczynia się do przywracania naturalnego stanu i ochrony ekosystemów przybrzeżnych (126). Konieczna jest właściwa ocena wpływu chowu małży na środowisko

w okolicy gospodarstwa oraz zastosowanie najlepszych praktyk produkcyjnych (18,126). W latach 80. małże stanowiły prawie połowę światowej akwakultury, ale pomimo korzyści, ze względu na eksplozję chowu ryb, w ostatnich latach małże stanowią jedynie około 30% produkcji (127). Jest to trend zmierzający w złym kierunku z punktu widzenia możliwości zapewnienia przez akwakulturę zwierzęcą bezpiecznej żywnościowo, zrównoważonej i humanitarnej przyszłości.

**PRODUKCJA WODOROSTÓW W AKWAKULTURZE:** Glony obejmują wodorosty (tj. makroglony morskie) i mikroglony będące fotosyntetyzującymi organizmami wodnymi. Glony niosą różne korzyści dla środowiska i pełnią różne funkcje ekosystemowe takie jak łagodzenie eutrofizacji, wychwytywanie lub sekwestracja dwutlenku węgla, obniżenie zakwaszenia oceanów, zapewnienie siedlisk i ochrona linii brzegowej (128). W akwakulturze wodorosty są wykorzystywane w coraz szerszym zakresie – jako produkty spożywcze, pasze dla zwierząt, kosmetyki i jako źródło substancji chemicznych dla różnych gałęzi przemysłu (129). Jako żywność, wodorosty są bogate w niektóre prozdrowotne związki i substancje takie jak błonnik, kwasy tłuszczowe omega-3, aminokwasy egzogenne i witaminy A, B, C i E (130). Poza tym, produkcja wodorostów w akwakulturze daje szereg możliwości w zakresie łagodzenia i adaptacji do zmian klimatu oraz pełnią wiele ważnych funkcji ekosystemowych (129). De facto wodorosty są odpowiedzialne za znaczną część CO<sub>2</sub> wychwyconego w morskich siedliskach roślinnych (131). Wodorosty mogą być również wykorzystywane do produkcji surowców i biopaliw, a także chronić wybrzeża, usuwać substancje odżywcze oraz stanowić siedlisko dla młodych osobników innych gatunków wspierając tym samym bioróżnorodność (132,133). Należy optymalizować i promować praktyki hodowli wodorostów, biorąc pod uwagę pełnione przez nie funkcje ekosystemowe. W Europie panują de facto doskonałe warunki do rozwinięcia silnego sektora produkcji wodorostów morskich w akwakulturze, ponieważ jej rejony przybrzeżne zostały ocenione jako „mające duży potencjał” ze względu na takie czynniki jak korzyści środowiskowe i społeczno-ekonomiczne (129). Strategia od pola do stołu zdaje się to potwierdzać, stwierdzając, że branża produkcji glonów powinna stać się ważnym elementem zrównoważonego systemu żywnościowego i globalnego bezpieczeństwa żywnościowego (109).



# Nasze zalecenia w zakresie unijnej polityki dla akwakultury

**Transformacja w kierunku zrównoważonej produkcji niskotroficznych gatunków wodnych w systemach ekstensywnych, które nie będą szkodzić środowisku, a potencjalnie przynosić korzyści ekosystemom, przyczynią się do łagodzenia zmian klimatu i do wzmożenia bezpieczeństwa żywnościowego.**

1. Bezpośrednie wsparcie gospodarcze dla akwakultury w UE przeznaczone dla producentów wprowadzających innowacje, prowadzących zrównoważony chów/uprawę lub przechodzących na chów/uprawę omułków i wodorostów, przy neutralnym lub pozytywnym oddziaływaniu na środowisko.

2. Przeorientowanie produkcji rybnej na odpowiedzialny chów roślinożernych/wszystkożernych gatunków ryb w systemach ekstensywnych zaspokajających potrzeby ryb w zakresie dobrostanu, które nie wymagają lub wymagają niskiego wsadu paszy i są przyjazne dla środowiska.

3. W przypadku stosowania pasz uzupełniających położyć nacisk na opieranie ich na produktach ubocznych i odpadach z innych branż, a nie na zasobach jadalnych dla człowieka.

4. Wspieranie badań nad wszelkimi nowymi gatunkami proponowanymi do akwakultury przed rozpoczęciem komercyjnego chowu. Wymóg, aby branża w pierwszej kolejności ustalała, że potrzeby zwierząt w zakresie dobrostanu mogą być zaspokojone w niewoli (np. potrzeby behawioralne, możliwość humanitarnego uboju itp.), i że nie wiążą się z tym żadne negatywne koszty środowiskowe. Niektóre gatunki mogą nie nadawać się do chowu i jako takie nie powinny być jego przedmiotem, np. chów ośmiornic powinien być zakazany (134).

## ODEJŚCIE OD INTENSYWNEJ, OPARTEJ NA PASZACH PRODUKCJI ZWIERZĄT WODNYCH

5. Wycofanie intensywnej produkcji opartej na paszach (zwłaszcza z wykorzystaniem pasz zawierających dzikie ryby) stosowanej obecnie w branży oraz zapobieganie powstawaniu nowych typów produkcji tego rodzaju.

6. Wymóg, aby w przypadku chowu gatunków mięsożernych stosować wyłącznie systemy półintensywne, a najlepiej ekstensywne. Mączka i olej rybny stosowane w żywieniu powinny pochodzić wyłącznie z odpadów z przetwórstwa ryb, a inne

surowce paszowe powinny pochodzić z produktów ubocznych i odpadów z innych branż, a nie z zasobów jadalnych dla człowieka. Zachęcanie do znacznego ograniczenia produkcji gatunków mięsożernych w celu spełnienia tego wymogu.

7. Zakaz używania na paszę celowo złowionych (tj. w ramach połowów przemysłowych) dzikich ryb (w tym ryb mezopelagicznych), krylu i innych gatunków.

8. Zakaz wykorzystywania dzikich zwierząt do zarybiania gospodarstw rybackich, szczególnie dotyczy to gatunków zagrożonych i przełowionych, np. węgorza europejskiego. Ponadto należy sprzeciwiać się próbom zamknięcia cyklu rozrodczego w niewoli, jeżeli gatunki nie nadają się do chowu, jak tuńczyk błękitnopletywy.

## LEPSZA AKWAKULTURA DLA LUDZI, ZWIERZĄT I PLANETY

9. Lepsza integracja polityki w zakresie zdrowia ludzi, zrównoważonego rozwoju, środowiska i dobrostanu zwierząt na poziomie krajowym i unijnym. Na przykład, wytyczne żywieniowe zalecające spożycie ryb i innych organizmów wodnych powinny rekomendować gatunki niskotroficzne ze zrównoważonego chowu oraz zmniejszenie spożycia gatunków mięsożernych, a także informować o korzyściach z tego wynikających, aby w perspektywie przyczynić się do zmiany preferencji konsumentów.

10. Przepisy branżowe powinny zapobiegać wyrządzaniu przez akwakulturę szkód w ekosystemach, utracie bioróżnorodności lub przyczynianiu się do zmiany klimatu, a także wymagać, aby produkcja akwakultury odbywała się w ramach kluczowych Granic Planetyarnych.

11. Włączenie akwakultury do zakresu dyrektywy w sprawie emisji przemysłowych (IED) w celu umożliwienia monitorowania i kontroli śladu emisyjnego tego sektora.

12. Wymóg stosowania w akwakulturze środków chemicznych i farmaceutycznych (takich jak antybiotyki) w sposób odpowiedzialny, przejrzysty i na minimalnym poziomie oraz ułatwienie procesów zapisywania i publicznego udostępniania krajowych i ogólnounijnych danych dotyczących poziomów ich stosowania.



13. Finansowanie i wspieranie innowacji w zakresie poprawy dobrostanu wraz z wydajnością systemów produkcji, nowatorskich alternatywnych pasz mogących zastąpić zasoby jadalne dla człowieka (np. białka i oleje pochodzące z mikroorganizmów) lub produkcję żywności w sposób eliminujący problemy związane z dobrostanem (np. ryby pochodzące z hodowli komórkowych).

14. Uznanie ważnej roli dobrostanu zwierząt w zrównoważonej produkcji żywności; wprowadzenie specyficznych dla danego gatunku wymogów legislacyjnych dotyczących chowu, transportu i uboju w celu ochrony zwierząt wodnych produkowanych w UE oraz równoległe wymogi obowiązujące dla importowanych ryb i innych organizmów wodnych – w celu podniesienia standardów w krajach spoza UE i zapewnienia równych zasad na rynku.

15. Finansowanie i wspieranie badań nad humanitarnym chowem, transportem i ubojem ryb hodowlanych. Utworzenie unijnego centrum referencyjnego w zakresie dobrostanu ryb hodowlanych ułatwiającego współpracę między ekspertami z państw członkowskich UE w celu opracowania lepszych praktyk, prowadzenia szkoleń, upowszechniania wyników badań naukowych i ułatwiania egzekwowania przepisów.

# Wnioski

**W unijnym sektorze akwakultury potrzebne jest odpowiedzialne i całościowe podejście, a także zdecydowane działania polityczne, które poprowadzą go w kierunku zrównoważonej produkcji. Produkcja mięsożernych gatunków ryb rozwija się ze względu na opłacalność, ale jest to niepokojące, biorąc pod uwagę szerszą perspektywę bezpieczeństwa żywnościowego Europy: potrzebę produkowania zrównoważonej żywności z efektywnym wykorzystaniem zasobów, ochrony ekosystemów przybrzeżnych, ograniczenia stosowania antybiotyków, zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych (GHG) i ochrony dobrostanu zwierząt. Jak wykazano w niniejszym raporcie, potrzebny jest rozwój sektora ekstensywnego, restytucyjne praktyki rolnicze oraz innowacje prowadzące do większego zrównoważenia gospodarki wodnej.**

W ramach Europejskiego Zielonego Ładu (2019) (135) Komisja Europejska przedstawiła zbiór inicjatyw politycznych mających na celu zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 55% do 2030 r. w porównaniu z 1990 r. Ponieważ systemy żywnościowe odpowiadają za jedną trzecią emisji gazów cieplarnianych, strategia "od pola do stołu" (109) stanowi integralną część europejskiego Zielonego Ładu określając działania mające na celu doprowadzenie do sytuacji, w której systemy te będą sprawiedliwe, zdrowe i przyjazne dla środowiska. De facto strategiczne wytyczne dla zrównoważonego rozwoju akwakultury w UE (110) zawierają kilka pozytywnych postulatów, w tym promocję akwakultury o niskim wpływie na środowisko i zapobiegającej zmianom klimatycznym, ukierunkowanie na ograniczenie stosowania mączki rybnej i oleju rybnego (FMFO) oraz stwierdzają, że akwakultura w UE powinna dywersyfikować się uwzględniając nowe gatunki, w szczególności niewymagające dokarmiania i niskotroficzne. W niniejszym raporcie podkreśliśmy znaczenie kierunku wyznaczonego przez te polityki UE i przedstawiliśmy 15 kluczowych zaleceń, które mogą przekształcić branżę z korzyścią dla ludzi, planety i zwierząt.

Akwakultura w UE powinna docelowo zapewnić zróżnicowane pod względem gatunków i składników odżywczych źródła żywności dostępne i zdatne dla ludzi we wszystkich regionach i gospodarkach (136). Sektor akwakultury musi pilnie wycofać się z wykorzystywania ryb paszowych do produkcji pasz. Kluczowe jest to, aby nowe preparaty paszowe nie konkurowały ze składnikami, które mogłyby być wykorzystywane bezpośrednio do spożycia przez ludzi i nie były szkodliwe dla środowiska

na etapie produkcji. Co najważniejsze, dalsza ekspansja akwakultury powinna skupić się na chowie gatunków niskotroficznych. Technologia i innowacje powinny przyczyniać się do rozwoju bardziej zrównoważonej akwakultury, w tym do zmniejszenia jej oddziaływania na środowisko. Publiczna polityka żywnościowa powinna również sprzyjać hodowli gatunków niskotroficznych i zmieniać preferencje konsumentów w tym kierunku promując korzyści wynikające ze zrównoważonego chowu tych gatunków, oprócz przystępności cenowej i smaku.

Należy zharmonizować politykę w zakresie zdrowia ludzkiego i środowiska, m.in. po to, aby zalecenia dietetyczne dotyczące zwiększenia spożycia ryb i innych organizmów wodnych nie prowadziły do dalszej nadmiernej eksploatacji łowisk i intensyfikacji akwakultury (16). Potrzebna jest większa świadomość konsumentów na temat kwestii związanych z przełowieniem, dobrostanem zwierząt wodnych i zdrowiem oceanów, jak również zrozumienie zrównoważonych i zdrowszych alternatyw w zakresie ryb i innych organizmów wodnych.

Podsumowując, aby stawić czoła wyzwaniom przyszłości akwakultura musi chronić środowisko, odbywać się z zachowaniem dobrostanu zwierząt i odpowiedzialności społecznej. Decydenci i interesariusze powinni zobowiązać się do poprawy systemów produkcji akwakultury w taki sposób, aby nie zagrażała ona przełowionym ekosystemom morskim, nie zanieczyszczała, nie prowadziła do skażeń substancjami chemicznymi lub antybiotykami, nie zakłócała siedlisk morskich i uwzględniała dobrostan produkowanych zwierząt. Potencjalne rozwiązania i lepsze alternatywy istnieją. Chów gatunków o niskotroficznych może zapewnić funkcje ekologiczne i ma kluczowe znaczenie dla zrównoważonej przyszłości.

# Literatura

1. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. State World Fish Aquac 2020. 2020 Jun 8;
2. Fry JP, Mailloux NA, Love DC, Milli MC, Cao L. Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? Environ Res Lett. 2018;13(7):079502.
3. Cashion T, Le Manach F, Zeller D, Pauly D. Most fish destined for fishmeal production are food-grade fish. Fish Fish. 2017;18(5):837–44.
4. Alder J, Campbell B, Karpouzi V, Kaschner K, Pauly D. Forage Fish: From Ecosystems to Markets Further ANNUAL REVIEWS. 2008 [cited 2019 Feb 15]; Available from: <http://www.fishbase.org>.
5. Metian M, Pouil S, Boustany A, Troell M. Farming of bluefin tuna-reconsidering global estimates and sustainability concerns. Rev Fish Sci Aquac. 2014;22(3):184–92.
6. Chandararathna U, Iversen MH, Korsnes K, Sørensen M, Vatsos IN. Animal Welfare Issues in Capture-Based Aquaculture. Anim 2021, Vol 11, Page 956 [Internet]. 2021 Mar 30 [cited 2022 Dec 23];11(4):956. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/4/956/htm>
7. European Union. Consolidated version of The Treaty on the Functioning of the European Union. Off J Eur Union. 2012;47–390.
8. Mood A, Brooke P. Numbers of farmed fish slaughtered each year [Internet]. Fishcount. 2019 [cited 2022 Mar 16]. Available from: <http://fishcount.org.uk/fish-count-estimates-2/numbers-of-farmed-fish-slaughtered-each-year>
9. Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. Lancet. 2019 Feb 2;393(10170):447–92.
10. Tuševljak N, Dutil L, Rajić A, Uhland FC, Mcclure C, St-Hilaire S, et al. Antimicrobial use and resistance in aquaculture: findings of a globally administered survey of aquaculture-allied professionals. Zoonoses Public Health [Internet]. 2013 Sep [cited 2022 Jun 17];60(6):426–36. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23072270/>

11. Cabello FC. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environmen. Environ Microbiol [Internet]. 2006 Jul 1 [cited 2019 Apr 24];8(7):1137–44. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1462-2920.2006.01054.x>
12. Burridge L, Weis JS, Cabello F, Pizarro J, Bostick K. Chemical use in salmon aquaculture: A review of current practices and possible environmental effects. Aquaculture. 2010 Aug 15;306(1–4):7–23.
13. World Population Prospects — Population Division — United Nations [Internet]. [cited 2022 Aug 29]. Available from: <https://population.un.org/wpp/>
14. Duarte CM, Holmer M, Olsen Y, Soto D, Marbà N, Guiu J, et al. Will the Oceans Help Feed Humanity? Bioscience [Internet]. 2009 Dec 1 [cited 2019 Mar 25];59(11):967–76. Available from: <https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2009.59.11.8>
15. United Nations. 17 Goals to Transform Our World [Internet]. [cited 2022 Jun 21]. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
16. Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon AG, De Souza Dias BF, et al. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of the Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. Lancet [Internet]. 2015;386(10007):1973–2028. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1)
17. Guillen J, Natale F, Carvalho N, Casey J, Hofherr J, Druon J-N, et al. Global seafood consumption footprint. Ambio [Internet]. 2019 Feb [cited 2019 Feb 8];48(2):111–22. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s13280-018-1060-9>
18. Naylor RL, Hardy RW, Buschmann AH, Bush SR, Cao L, Klinger DH, et al. A 20-year retrospective review of global aquaculture. Nat 2021 5917851 [Internet]. 2021 Mar 24 [cited 2022 Jun 2];591(7851):551–63. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03308-6>
19. Troell M, Vetenskapsakademien K, Jonell M, Crona B. The role of seafood for sustainable and healthy diets The EAT-Lancet commission report through a blue lens Overview of

tuna aquaculture View project [Internet]. 2019 [cited 2020 Jan 16]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/335397522>

20. Lulijwa R, Rupia EJ, Alfaro AC. Antibiotic use in aquaculture, policies and regulation, health and environmental risks: a review of the top 15 major producers. Rev Aquac [Internet]. 2020 May 1 [cited 2022 Jun 17];12(2):640–63. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12344>
21. Cao L, Naylor R, Henriksson P, Leadbitter D, Metian M, Troell M, et al. China’s aquaculture and the world’s wild fisheries. Science (80- ) [Internet]. 2015;347(6218):133–5. Available from: <http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1260149>
22. Huntingford FA, Adams C, Braithwaite VA, Kadri S, Pottinger TG, Sandoe P, et al. Current issues in fish welfare. J Fish Biol [Internet]. 2006 Feb 1 [cited 2019 Apr 1];68(2):332–72. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.0022-1112.2006.001046.x>
23. Franks B, Ewell C, Jacquet J. Animal welfare risks of global aquaculture. Sci Adv. 2021;7(14):1–8.
24. Saraiva J. L., Castanheira M. F., Arechavala-López P, Volstorf J., Heinzpeter Studer B., Domestication and welfare in farmed fish, in Animal Domestication (Intech Open, 2019).
25. Naylor RL, Goldburg RJ, Primavera JH, Kautsky N, Beveridge MCM, Clay J, et al. Effect of aquaculture on world fish supplies [Internet]. Vol. 405, Nature. Nature Publishing Group; 2000 [cited 2019 Feb 6]. p. 1017–24. Available from: <http://www.nature.com/articles/35016500>
26. Blanchard JL, Watson RA, Fulton EA, Cottrell RS, Nash KL, Bryndum-Buchholz A, et al. Linked sustainability challenges and trade-offs among fisheries, aquaculture and agriculture. Nat Ecol Evol 2017 19 [Internet]. 2017 Aug 22 [cited 2022 May 11];1(9):1240–9. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0258-8>
27. Keeling L, Tunón H, Olmos Antillón G, Berg C, Jones M, Stuardo L, et al. Animal Welfare and the United Nations Sustainable Development Goals. Front Vet Sci. 2019 Oct 10;6:336.
28. World Organisation for Animal Health (OIE). Protecting aquatic animals, preserving our future [Internet]. 2019 [cited 2022 Jul 19]. Available from: <https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/en-brochure20aquatic20animals-final-Id.pdf>
29. Rocha CP, Cabral HN, Marques JC, Gonçalves AMM. A Global Overview of Aquaculture Food Production with a Focus on

the Activity’s Development in Transitional Systems—The Case Study of a South European Country (Portugal). J Mar Sci Eng. 2022 Mar 13;10(3):417.

30. EUFOMA. THE EU FISH MARKET Maritime affairs and fisheries. 2021.
31. Dive into aquaculture in the EU — Products Eurostat News — Eurostat [Internet]. [cited 2022 Jul 19]. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20171018-1>
32. Mente E, Smaal AC. Introduction to the special issue on “European aquaculture development since 1993: the benefits of aquaculture to Europe and the perspectives of European aquaculture production.” Vol. 24, Aquaculture International. Springer International Publishing; 2016. p. 693–8.
33. Lane A, Hough C, Bostock J. The Long-Term Economic and Ecologic Impact of Larger Sustainable Aquaculture. 2014 [cited 2022 Jul 21];1–100. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161>
34. FAO. FAO Fisheries and Aquaculture Circular FIAA/C1140 (En) WORLD AQUACULTURE 2015: A BRIEF OVERVIEW. 2017;
35. Hardy RW and C-SL. Aquaculture Feed and Seafood Quality. Bull Fish Res Agen. 2010;31:43–50.
36. Allsopp M, Johnston P, Santillo D. Challenging the Aquaculture Industry on Sustainability: Technical overview. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 01/2008. 2008;(March):59. Available from: [http://www.greenpeace.to/publications/aquaculture\\_report\\_technical.pdf](http://www.greenpeace.to/publications/aquaculture_report_technical.pdf)
37. Pelletier N, Tyedmers P, Sonesson U, Scholz A, Ziegler F, Flysjo A, et al. Not all salmon are created equal: Life cycle assessment (LCA) of global salmon farming systems. Environ Sci Technol [Internet]. 2009 Dec 1 [cited 2022 Jul 22];43(23):8730–6. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es9010114>
38. Andrew Jackson. Fish in — Fish Out Ratios Explained. Aquac Eur. 2009;34(3):5–10.
39. Scottish Government. Scottish Fish Farm Production Survey 2020 [Internet]. 2020 [cited 2022 Jul 19]. Available from: <https://www.gov.scot/publications/scottish-fish-farm-production-survey-2020/>
40. Mood A, Brooke P. Fish caught for reduction to fishoil and fishmeal [Internet]. Fishcount. 2019. Available from: <http://fishcount.org.uk/fish-count-estimates-2/numbers-of-wild-fish-caught-for-reduction-to-fish-oil-and-fishmeal>
41. Salmon aquafeed is getting an ingredient overhaul | The Fish Site [Internet]. [cited 2023 Jan 9]. Available from: <https://>

thefishsite.com/articles/salmon-aquafeed-is-getting-an-ingredient-overhaul

42. The fish feed story | The Fish Site [Internet]. [cited 2023 Jan 9]. Available from: <https://thefishsite.com/articles/the-fish-feed-story>

43. Mehta P, Singh D, Saxena R, Rani R, Prakash Gupta R, Kumar Puri S, et al. High-Value Coproducts from Algae- An Innovational Way to Deal with Advance Algal Industry. 2018 [cited 2022 Aug 16]; Available from: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7431-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7431-8_15)

44. Ward JE, Shumway SE. Separating the grain from the chaff: Particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves. *J Exp Mar Bio Ecol.* 2004 Mar 31;300(1–2):83–130.

45. EUMOFA. Fishmeal and fish oil: production and trade flows in the EU [Internet]. EUMOFA — European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. 2021 [cited 2022 Jun 17]. Available from: [http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2011/12075/pdf/14\\_3.pdf#page=55](http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2011/12075/pdf/14_3.pdf#page=55)

46. Changing Markets Foundation. Fishing for Catastrophe. Chang Mark Found. 2019;1–18.

47. Irigoien X, Klevjer TA, Røstad A, Martinez U, Boyra G, Acuña JL, et al. Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean. *Nat Commun* [Internet]. 2014 Feb 7 [cited 2020 Aug 27];5(3):3271. Available from: [www.Fishbase.org](http://www.Fishbase.org)

48. Cavan EL, Belcher A, Atkinson A, Hill SL, Kawaguchi S, McCormack S, et al. The importance of Antarctic krill in biogeochemical cycles. *Nat Commun* [Internet]. 2019;10(1):1–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-12668-7>

49. Katavić I, Ticina V. Fishing and farming of the northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the Adriatic Sea. In: Interactions between aquaculture and capture fisheries: a methodological perspective [Internet]. 2005 [cited 2022 Jul 14]. p. 229. Available from: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2006425709>

50. Mood A, Brooke P. Numbers of farmed fish slaughtered each year [Internet]. 2017. Available from: <http://fishcount.org.uk/fish-count-estimates-2/numbers-of-farmed-fish-slaughtered-each-year>

51. Mylonas CC, de la Gándara F, Corriero A, Ríos AB. Atlantic bluefin tuna (*thunnus thynnus*) farming and fattening in the mediterranean sea. *Rev Fish Sci.* 2010;18(3):266–80.

52. EUMOFA. Blue bioeconomy. Situation report and perspectives. European Market Observatory for Fisheries

and Aquaculture Products. 2018. 1–152 p.

53. IUCN. European Eel — *Anguilla anguilla* [Internet]. The IUCN Red List of Threatened Species. 2022 [cited 2022 Aug 1]. Available from: <https://www.iucnredlist.org/species/60344/152845178>

54. Dekker W. Status of the European Eel Stock and Fisheries. *Eel Biol* [Internet]. 2003 [cited 2022 Jul 22];237–54. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-65907-5\\_17](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-65907-5_17)

55. Dekker W. Slipping through our hands Population dynamics of the European eel Willem Dekker. 2004;

56. Dekker W, Beaulaton L. Faire mieux que la nature? The history of eel restocking in Europe. *Environ Hist Camb.* 2016 May 1;22(2):255–300.

57. Van Ginneken VJT, Maes GE, Van VJT, Ae G, Maes GE. The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its Lifecycle, Evolution and Reproduction: A Literature Review. *Rev Fish Biol Fish* 2006 154 [Internet]. 2005 Nov [cited 2022 Jul 22];15(4):367–98. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11160-006-0005-8>

58. European Eel | WWT [Internet]. [cited 2023 Jan 5]. Available from: <https://www.wwt.org.uk/discover-wetlands/wetland-wildlife/european-eel/>

59. Hogg D. An investigation: Can you get sustainable eel? — Eat Farm Now [Internet]. 2019 [cited 2022 Jul 22]. Available from: <https://eatfarmnow.com/2019/06/15/an-investigation-can-you-get-sustainable-eel/>

60. Feunteun E. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain. *Ecol Eng.* 2002 Jun 1;18(5):575–91.

61. COUNCIL REGULATION (EC) No 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel [Internet]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007R1100&from=EN>

62. Baltic Sea Centre. Fishing ban and more knowledge required to save the European eel [Internet]. Baltic Eye. 2020 [cited 2022 Jul 25]. Available from: <https://balticeye.org/en/policy-briefs/fishing-ban-and-more-knowledge-required-to-save-the-european-eel/>

63. ICES. Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL). ICES Sci Reports. 2021;3(85).

64. Europol. Eels shipped by air found in operation Lake-V [Internet]. 2021 [cited 2022 Jul 25]. Available from: <https://>

[www.europol.europa.eu/media-press/newsroom/news/eels-shipped-air-found-in-operation-lake-v](http://www.europol.europa.eu/media-press/newsroom/news/eels-shipped-air-found-in-operation-lake-v)

65. Braithwaite VA. Do fish feel pain? Oxford: Oxford University Press; 2010.

66. Sneddon LU, Braithwaite VA, Gentle MJ. Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Proc R Soc B Biol Sci* [Internet]. 2003; 270(1520): 1115–21. Available from: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rspb.2003.2349>

67. Chandroo KP, Duncan IJH, Moccia RD. Can fish suffer?: Perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Appl Anim Behav Sci.* 2004;86(3–4):225–50.

68. Broom DM. Sentience and animal welfare. Wallingford, UK: CABI International; 2014.

69. Salwiczek LH, Prétôt L, Demarta L, Proctor D, Essler J, Pinto AI, et al. Adult Cleaner Wrasse Outperform Capuchin Monkeys, Chimpanzees and Orang-utans in a Complex Foraging Task Derived from Cleaner — Client Reef Fish Cooperation. *PLoS One.* 2012;7(11).

70. Dunlop R, Millsopp S, Laming P. Avoidance learning in goldfish (*Carassius auratus*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*) and implications for pain perception. *Appl Anim Behav Sci* [Internet]. 2006 May [cited 2014 Nov 26];97(2–4):255–71. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168159105001802>

71. Yue S, Moccia R., Duncan IJ. Investigating fear in domestic rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using an avoidance learning task. *Appl Anim Behav Sci* [Internet]. 2004 Aug 1 [cited 2018 Oct 30];87(3–4):343–54. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168159104000206>

72. Millot S, Cerqueira M, Castanheira MF, Øverli Ø, Martins CIM, Oliveira RF. Use of conditioned place preference/avoidance tests to assess affective states in fish. *Appl Anim Behav Sci* [Internet]. 2014 May 1 [cited 2019 Apr 29];154:104–11. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159114000525>

73. Vila Pouca C, Brown C. Contemporary topics in fish cognition and behaviour. *Curr Opin Behav Sci* [Internet]. 2017;16:46–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.03.002>

74. Jones AM, Brown C, Gardner S. Tool use in the tuskfish *Choerodon schoenleinii*? Coral Reefs-Journal of the International Society for Reef Studies. 2011 Sep 1;30(3):865.

75. Balcombe J. What a fish knows: The inner lives of our underwater cousins. Scientific American/Farrar, Straus and Giroux; 2016.

76. Brown C. Fish intelligence, sentience and ethics. *Anim Cogn* [Internet]. 2014 Jun 19 [cited 2014 Oct 14]; Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24942105>

77. Reeb SG. Cooperation in fishes [Internet]. [cited 2019 Oct 25]. Available from: <http://www.howfishbehave.ca/pdf/cooperation.pdf>

78. Vail AL, Manica A, Bshary R. Referential gestures in fish collaborative hunting. *Nat Commun* [Internet]. 2013;4:1765. Available from: <http://www.nature.com/doi/10.1038/ncomms2781>

79. Kohda M, Takashi H, Takeyama T, Awata S, Tanaka H, Asai J, et al. Cleaner wrasse pass the mark test. What are the implications for consciousness and self-awareness testing in animals? *bioRxiv* [Internet]. 2018 Jan 1; Available from: <http://biorxiv.org/content/early/2018/08/21/397067.abstract>

80. Ari C, D'Agostino DP. Contingency checking and self-directed behaviors in giant manta rays: Do elasmobranchs have self-awareness? *J Ethol.* 2016;34(2):167–74.

81. European Union. Council directive 98/58/EC of 20 July 1998 concerning the protection of animals kept for farming purposes. *Off J Eur Communities.* 1998;(806):1–7.

82. European Union. Council Regulation (EC) No 1099/2009 of 24 September 2009 on the protection of animals at the time of killing. *Off J Eur Union* [Internet]. 2009;1–30. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0058:20030605:EN:PDF>

83. European Union. COUNCIL REGULATION (EC) No 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97. *Off J Eur Union.* 2005;48.

84. Ashley PJ. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Appl Anim Behav Sci* [Internet]. 2007 May 1 [cited 2018 Oct 11];104(3–4):199–235. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159106002954>

85. Pulkkinen K, Suomalainen LR, Read AF, Ebert D, Rintamäki P, Valtonen ET. Intensive fish farming and the evolution of pathogen virulence: the case of columnaris disease in Finland. *Proc R Soc B Biol Sci* [Internet]. 2010 Feb 2 [cited 2022 Jul 19];277(1681):593. Available from: <http://pmc/articles/PMC2842694/>

86. Faheem M, Azmat H, Swar S, HEALTH SK... & P, 2021 undefined. SOME IMPORTANT VIRAL DISEASES OF FARMED FISH. *researchgate.net* [Internet]. [cited 2022 Jul 19]; Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Hiewa-Dyary/publication/357077387\\_Foodborne\\_microorganisms/links/61bade4863bbd93242979482/](https://www.researchgate.net/profile/Hiewa-Dyary/publication/357077387_Foodborne_microorganisms/links/61bade4863bbd93242979482/)

- Foodborne-microorganisms.pdf#page=481
87. Defoirdt T, Boon N, Sorgeloos P, Verstraete W, Bossier P. Alternatives to antibiotics to control bacterial infections: luminescent vibriosis in aquaculture as an example. *Trends Biotechnol* [Internet]. 2007 Oct [cited 2022 Jun 17];25(10):472–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17719667/>
88. Liu X, Steele JC, Meng XZ. Usage, residue, and human health risk of antibiotics in Chinese aquaculture: A review. *Environ Pollut*. 2017 Apr 1;223:161–9.
89. Arechavala-Lopez P, Cabrera-Álvarez M, Maia C. Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. *ccmar.ualg.pt* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2022 Jul 19];14(2):704–28. Available from: [https://ccmar.ualg.pt/sites/ccmar.ualg.pt/files/arechavala-lopezetal\\_2021\\_reviewee.pdf](https://ccmar.ualg.pt/sites/ccmar.ualg.pt/files/arechavala-lopezetal_2021_reviewee.pdf)
90. Díaz PA, Álvarez G, Varela D, Pérez-Santos I, Díaz M, Molinet C, Seguel M, Aguilera-Belmonte A, Guzmán L, Uribe E, Rengel J. Impacts of harmful algal blooms on the aquaculture industry: Chile as a case study. *Perspect. Phycol*. 2019 Jul 1;6(1-2):39-50.
91. Clinton M, Ferrier DEK, Martin SAM, Brierley AS. Impacts of jellyfish on marine cage aquaculture: an overview of existing knowledge and the challenges to finfish health. *ICES J Mar Sci* [Internet]. 2021 Sep 7 [cited 2022 Jul 18];78(5):1557–73. Available from: <https://academic.oup.com/icesjms/article/78/5/1557/6209450>
92. Mitchell SO, Baxter EJ, Rodger HD. Gill pathology in farmed salmon associated with the jellyfish *Aurelia aurita*. *Vet Rec* [Internet]. 2011 [cited 2022 Jul 18];169:609. Available from: <http://veterinaryrecord.bmj.com/>
93. Naylor R, Burke M. AQUACULTURE AND OCEAN RESOURCES: Raising Tigers of the Sea. *Annu Rev Environ Resour* [Internet]. 2005 Nov 21 [cited 2018 Oct 17];30(1):185–218. Available from: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.30.081804.121034>
94. Noble C, Jones HAC, Damsgård B, Flood MJ, Midling KO, Roque A, et al. Injuries and deformities in fish: their potential impacts upon aquacultural production and welfare. *Fish Physiol Biochem* 2011 381 [Internet]. 2011 Sep 15 [cited 2022 Jul 19];38(1):61–83. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-011-9557-1>
95. Jonassen T, Remen M, Lekva A, Steinarsson A, Árnason T. Transport of lumpfish and wrasse. Cleaner fish biology and aquaculture applications. 2018 Mar 29:319-35.
96. Vanderzwalmen M, Eaton L, Mullen C, Henriquez F, Carey P, Snellgrove D, et al. The use of feed and water additives for live fish transport. *Rev Aquac* [Internet]. 2018 Feb 22; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/raq.12239>
97. Cañon Jones HA, Noble C, Damsgård B, Pearce GP. Investigating the influence of predictable and unpredictable feed delivery schedules upon the behaviour and welfare of Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) using social network analysis and fin damage. *Appl Anim Behav Sci* [Internet]. 2012 Apr 1 [cited 2018 Nov 23];138(1–2):132–40. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159112000329>
98. Waagbø R, Jørgensen SM, Timmerhaus G, Breck O, Olsvik PA. Short-term starvation at low temperature prior to harvest does not impact the health and acute stress response of adult Atlantic salmon. *PeerJ*. 2017;5:e3273.
99. Romero LM, Dickens MJ, Cyr NE. The reactive scope model-A new model integrating homeostasis, allostasis, and stress. 2009;
100. Animal Charity Evaluators. Farmed Fish Welfare Report [Internet]. 2020 [cited 2022 Jul 19]. Available from: <https://animalcharityevaluators.org/research/reports/farmed-fish-welfare-report/#brief-overview-fish-farming>
101. Lines JA, Spence J. Humane harvesting and slaughter of farmed fish. *Rev sci tech Off int Epiz*. 2014;
102. Poli BM, Parisi G, Scappini F, Zampacavallo G. Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquac Int*. 2005;13(1–2):29–49.
103. Veldhuizen LJL, Berentsen PBM, de Boer IJM, van de Vis JW, Bokkers EAM. Fish welfare in capture fisheries: A review of injuries and mortality. *Fish Res* [Internet]. 2018;204(February):41–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.02.001>
104. Metcalfe JD. Welfare in wild-capture marine fisheries. *J Fish Biol*. 2009 Dec;75(10):2855–61.
105. Numbers of fish caught from the wild each year | fishcount.org.uk [Internet]. [cited 2022 Aug 29]. Available from: <http://fishcount.org.uk/fish-count-estimates-2/numbers-of-fish-caught-from-the-wild-each-year>
106. Watson RA, Cheung WWL, Anticamara JA, Sumaila RU, Zeller D, Pauly D. Global marine yield halved as fishing intensity redoubles. *Fish Fish* [Internet]. 2013 Dec 1 [cited 2022 Jul 22];14(4):493–503. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-2979.2012.00483.x>
107. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services | IPBES secretariat [Internet]. [cited 2022 Jul 22]. Available from: <https://ipbes.net/global-assessment>
108. Security C on WF. Sustainable agricultural development for food security and nutrition: what roles for livestock? *Comm World Food Secur* [Internet]. 2016 [cited 2022 Jul 14];(10):140. Available from: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/843e3819-d52e-4e2c-b2e7-74838a7811d4/>
109. *Farm to Fork Strategy* [Internet]. [cited 2022 Aug 29]. Available from: [https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en](https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en)
110. European Commission. Strategic guidelines for a more sustainable and competitive EU aquaculture for the period 2021 to 2030 [Internet]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0236&from=EN>
111. Defoirdt T, Sorgeloos P, Bossier P. Alternatives to antibiotics for the control of bacterial disease in aquaculture. *Curr Opin Microbiol* [Internet]. 2011 Jun [cited 2022 Jun 17];14(3):251–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21489864/>
112. COUNCIL DIRECTIVE 96/23/EC of 29 April 1996 on measures to monitor certain substances and residues thereof in live animals and animal products and repealing Directives 85/358/EEC and 86/469/EEC and Decisions 89/187/EEC and 91/664/EEC.
113. Commission Regulation (EU) No 37/2010 of 22 December 2009 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin (1).
114. REGULATION (EC) No 1831/2003 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition.
115. Cassini A, Högberg LD, Plachouras D, Quattrocchi A, Hoxha A, Simonsen GS, et al. Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *Lancet Infect Dis* [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2022 Jul 13];19(1):56–66. Available from: <http://www.thelancet.com/article/S1473309918306054/fulltext>
116. ISFA. The evolution of land based Atlantic salmon farms. 2015;18.
117. de Sá LC, Oliveira M, Ribeiro F, Rocha TL, Futter MN. Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Sci Total Environ*. 2018 Dec 15;645:1029–39.
118. Law KL. Plastics in the Marine Environment. *Ann Rev Mar Sci* [Internet]. 2017 Jan 3 [cited 2020 Jan 14];9(1):205–29. Available from: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-marine-010816-060409>
119. Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* (80- ). 2015 Feb 13;347(6223):768–71.
120. Lusher A, Hollman P, Mendozal J. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety [Internet]. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* 615. 2017. 147 p. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>
121. Froehlich HE, Afflerbach JC, Frazier M, Halpern Correspondence BS. Blue Growth Potential to Mitigate Climate Change through Seaweed Offsetting. *Curr Biol* [Internet]. 2019 [cited 2022 Jul 21];29:3087–93. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.07.041>
122. Waite R, Beveridge M, Brummett R, Castine S, Chaiyawannakarn N, Kaushik S, et al. Improving productivity and environmental performance of aquaculture. *Creat a Sustain Food Futur* [Internet]. 2014;(June):1–60. Available from: [http://www.wri.org/sites/default/files/wrr\\_installment\\_5\\_improving\\_productivity\\_environmental\\_performance\\_aquaculture.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/wrr_installment_5_improving_productivity_environmental_performance_aquaculture.pdf)
123. WWF. Low Footprint Seafood in the Coral Triangle | WWF [Internet]. 2016 [cited 2022 Jul 21]. Available from: [https://wwf.panda.org/wwf\\_news/?285453/Low-Footprint-Seafood-in-the-Coral-Triangle](https://wwf.panda.org/wwf_news/?285453/Low-Footprint-Seafood-in-the-Coral-Triangle)
124. Aksnes D, Holm P, Bavinck M, Biermann F. Food from the Oceans-How can more food and biomass be obtained from the oceans in a way that does not deprive future generations of their benefits? 2017 [cited 2022 Jul 21]; Available from: <http://gala.gre.ac.uk/id/eprint/20121/>
125. FAO. ASIA-PACIFIC FISHERY COMMISSION (APFIC) Sixth APFIC Regional Consultative Forum Meeting (RCFM) Promoting Blue Growth in fisheries and aquaculture in the Asia-Pacific. 2017;
126. Willer DF, Aldridge DC. Sustainable bivalve farming can deliver food security in the tropics [Internet]. Vol. 1, *Nature Food*. Nature Publishing Group; 2020 [cited 2022 May 5]. p. 384–8. Available from: <https://www.nature.com/articles/s43016-020-0116-8>
127. Jacquet J, Sebo J, Elder M. Seafood in the Future: Bivalves Are Better — The Solutions Journal. *Solut J* [Internet]. 2017 [cited 2022 Jul 15];8(1):27–32. Available from: [www.the-solutionsjournal.org](http://www.the-solutionsjournal.org)



128. Cai J, Lovatelli A, Aguilar-Manjarrez J, Cornish L, Dabbadie L, Desrochers A, et al. Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development [Internet]. Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 2021 [cited 2022 Jul 15]. Available from: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00705/81738/>
129. Vincent A, Stanley A, Ring J. Hidden Champion of the Ocean: Seaweed as a growth engine for a sustainable European future [Internet]. 2020. Available from: [www.seaweedeurope.com](http://www.seaweedeurope.com)
130. Rajapakse N, Kim SK. Nutritional and Digestive Health Benefits of Seaweed. *Adv Food Nutr Res*. 2011 Jan 1;64:17–28.
131. Duarte CM, Cebrián J. The fate of marine autotrophic production. *Limnol Oceanogr* [Internet]. 1996 Dec 1 [cited 2022 Jul 15];41(8):1758–66. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.4319/lo.1996.41.8.1758>
132. Duarte CM, Bruhn A, Krause-Jensen D. A seaweed aquaculture imperative to meet global sustainability targets. *Nat Sustain* [Internet]. 2022;5(3):185–93. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-021-00773-9>
133. Chung IK, Sondak CFA, Beardall J. The future of seaweed aquaculture in a rapidly changing world. *Eur J Phycol* [Internet]. 2017 Oct 2 [cited 2022 Jul 15];52(4):495–505. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09670262.2017.1359678>
134. Compassion in World Farming. Octopus Factory Farming: A Recipe for Disaster. 2021.
135. A European Green Deal | European Commission [Internet]. [cited 2022 Aug 29]. Available from: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
136. Cottrell RS, Metian M, Froehlich HE, Blanchard JL, Sand Jacobsen N, McIntyre PB, et al. Time to rethink trophic levels in aquaculture policy. Vol. 13, *Reviews in Aquaculture*. John Wiley and Sons Inc; 2021. p. 1583–93.



COMPASSION IN WORLD  
FARMING POLSKA

ul. Marszałkowska 28 A/15  
00-576 Warszawa  
Polska

EMAIL: [kontakt@ciwf.pl](mailto:kontakt@ciwf.pl)

WEB: [ciwf.pl](http://ciwf.pl)

Compassion in World Farming  
Polska jest organizacją pożytku  
publicznego z potwierdzonym  
wpisem w Krajowym Rejestrze  
Sądowym (nr 0000484066)  
i uprawnieniami do otrzymywania  
1,5% podatku w Polsce.



©iStock/Arina Trapeznikova