

EUTROFIZACJA MORZA BAŁTYCKIEGO



Instytut Oceanologii PAN, Sopot
Pracownia Chemicznych Zanieczyszczeń Morza
<http://www.iopan.gda.pl/MarPoLab/>



Wetlands
Algae
Biogas



Projekt współfinansowany ze środków
Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
w ramach Programu Współpracy Transgranicznej
Południowy Bałtyk 2007-2013

Co to jest eutrofizacja?

Nie ma jednej definicji terminu „eutrofizacja” (z greckiego *eutrophos* = odżywczy). Niektórzy tłumaczą, że jest to proces, inni, że stan środowiska, jeszcze inni przyjmują, że jest to dopływ substancji odżywczych (ang. *nutrients* = biogeny, substancje biogeniczne). Według najnowszego raportu Komisji Helsińskiej (HELCOM 2009) „eutrofizacja” oznacza przeżyźnienie i jego niekorzystne skutki dla środowiska.

Podsumowując można powiedzieć, że „eutrofizacja” to cały szereg wzajemnie sprzężonych procesów, które w różnych akwenach zależą od rozmaitych czynników i przebiegają z różną szybkością. Dlatego też trudno obserwatorowi tylko jednego miejsca, i to przez krótki okres czasu, odpowiedzieć na pytanie: „Co to jest eutrofizacja?”. Dużo więcej wiadomo na temat jej przyczyn i objawów.

Przyczyny eutrofizacji

Najczęściej wymienia się:

- Dopływ biogenów — związków (jonów) zawierających pierwiastki: azot (N), fosfor (P) lub krzem (Si);
- Wzrost stężenia tego pierwiastka biogenicznego, którego jest najmniej (tzw. czynnika limitującego);
- Dopływ materii organicznej (Zdj. 1);
- Zmiany warunków hydrologiczno-klimatycznych.



Zdj. 1. Zawiesina wnoszona przez Wisłę do Zatoki Gdańskiej — powódź maj 2010 — zdjęcie satelitarne (Pracownia Teledetekcji Morza IO PAN)

Skutki przeżyźnienia = objawy eutrofizacji

Ogólnie skutki przeżyźnienia można opisać następująco:

- Zwiększenie produkcji pierwotnej — nadmierny rozwój fitoplanktonu;
- Intensywne zakwity gatunków fitoplanktonu, które mogą być toksyczne, np. sinic (Zdj. 2);



Zdj. 2. Sinice (*Cyanobacteria*) z rodzaju *Anabaena*, widziane pod mikroskopem — powiększenie 400× (fot. Pracownia Chemicznych Zanieczyszczeń Morza IO PAN)

- Nadmierny rozwój makroglonów, np. niektórych nitkowatych zielenic i brunatnic, które mogą dryfować na duże odległości i gromadzić się przy brzegu (Zdj. 3);
- Zwiększenie zmętnienia wody w wyniku obumierania fitoplanktonu i makroglonów oraz sedymentacji (opadania) produktów rozkładu;
- Początkowy rozwój, a następnie wymieranie gatunków bentosowych, czyli organizmów żyjących na dnie morza;
- Wymieranie gatunków ryb poławianych przez człowieka, np. dorsz — straty dla rybołówstwa;
- Obniżenie walorów rekreacyjnych i turystycznych morza (Zdj. 3).



Zdj. 3. Glony na plaży, Sopot 24.08.2005 (fot. Pracownia Chemicznych Zanieczyszczeń Morza IO PAN)

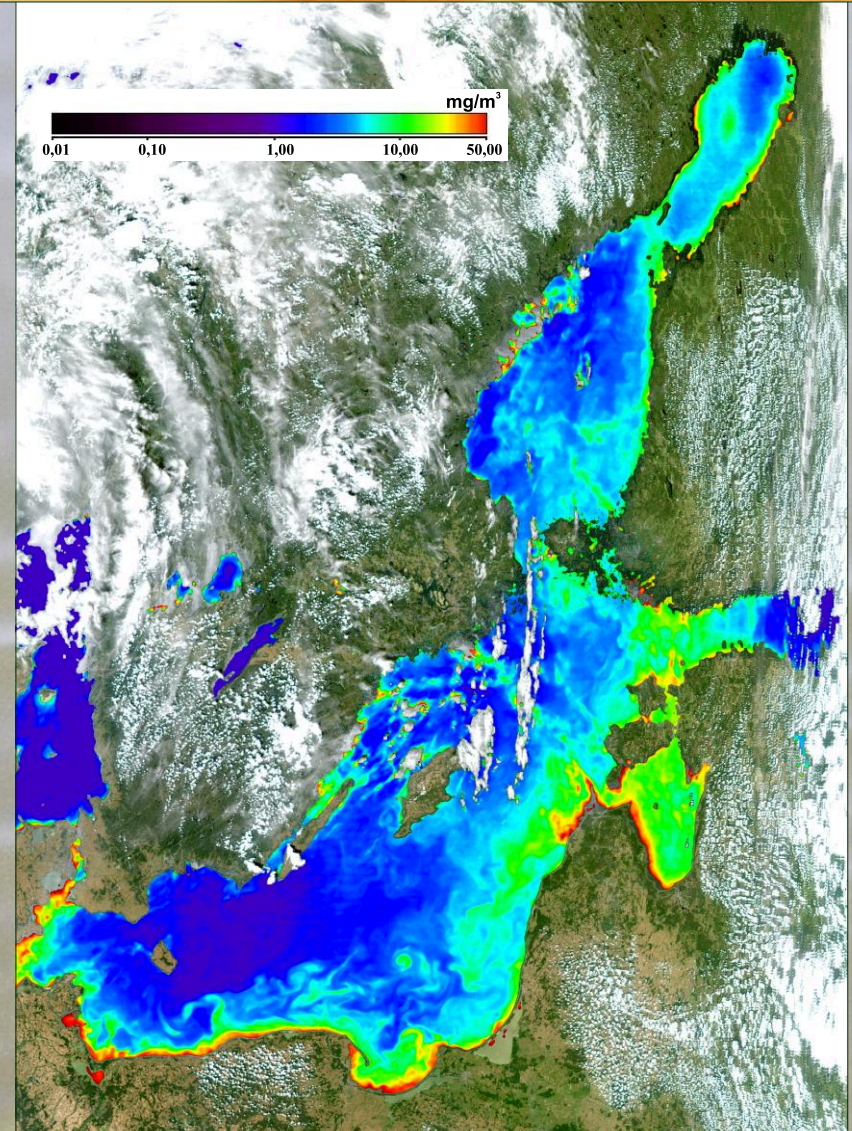
Jak określić stopień eutrofizacji?

Metody stosowane do szacowania stopnia eutrofizacji danego akwenu można podzielić na:

- oparte na śledzeniu przyczyn eutrofizacji, np. oznaczanie stężenia lub proporcji biogenów w wodzie morskiej;
- oparte na śledzeniu skutków przeżyźnienia, np. oznaczanie koncentracji chlorofilu *a* (Zdj. 4), stężenia tlenu (O_2) w wodzie morskiej, zmętnienia, liczebności gatunków bentosowych, liczebności ryb;
- modele matematyczne oparte o różne parametry.

Eutrofizacja Bałtyku

Eutrofizacja morskich stref przybrzeżnych stała się ważnym zagadnieniem w różnych rejonach świata. Jest to również jeden z podstawowych problemów Bałtyku, który jest morzem słonawym i półzamkniętym. Charakteryzuje się ograniczoną wymianą wody z Morzem Północnym (jedynie przez Cieśniny Duńskie) i dużym dopływem wody słodkiej, wprowadzanej głównie przez rzeki. W wyniku tego w głębszych rejonach występuje haloklina, tzn. warstwa wody oddzielająca wodę powierzchniową o mniejszym zasoleniu (lżejszą), która nie miesza się z wodą głębszą — o większym zasoleniu (cięższą). Wszystko to powoduje, że Bałtyk jest szczególnie podatny na eutrofizację. W pewnych jego rejonach występuje ona od lat pięćdziesiątych, w innych od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, zwłaszcza wzdłuż zachodnich, południowych i wschodnich wybrzeży (Zdj. 4).

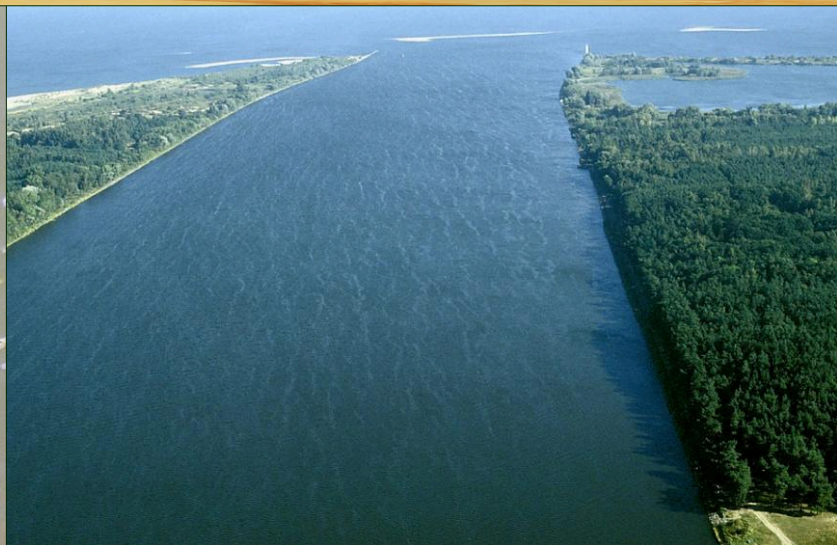


Zdj. 4. Morze Bałtyckie — zdjęcie satelitarne: koncentracja chlorofilu *a* w przy powierzchniowej warstwie wody (27.07.2006) na podstawie danych MODIS AQUA i algorytmu opracowanego przez Pracownię Teledetekcji Morza IO PAN

Wpływ polskich rzek na eutrofizację Bałtyku

O ładunku substancji biogenicznych, doprowadzanym rzekami i przez inne ciek wodne do Bałtyku, decydują: wielkość zlewiska w danym kraju, liczba ludności (w Polsce mieszka 45% ludności zlewiska Bałtyku), wielkość arealu rolniczego (50% obszarów rolniczych zlewiska Bałtyku znajduje się w Polsce).

Okolo 99% wód odprowadzanych przez polskie rzeki wpada do Bałtyku. Wisła jest drugą, a Odra siódmą co do wielkości rzeką w zlewisku Morza Bałtyckiego (Zdj. 5). Odprowadzają one okolo 82% wody z terytorium Polski.



Zdj. 5. Ujście Wisły (fot. J. Czarkowski)

Kierunki przemieszczania substancji biogenicznych znajdujących się w glebie:



- ▶ Pobieranie przez rośliny
- ▶ Ulatnianie do atmosfery form gazowych azotu (NH_3 , N_2 , N_2O , NO , NO_2)



- ▶ Odpływ powierzchniowy (N, P w formie rozpuszczonej)
- ▶ Odpływ podpowierzchniowy
- ▶ Odpływ drenarski



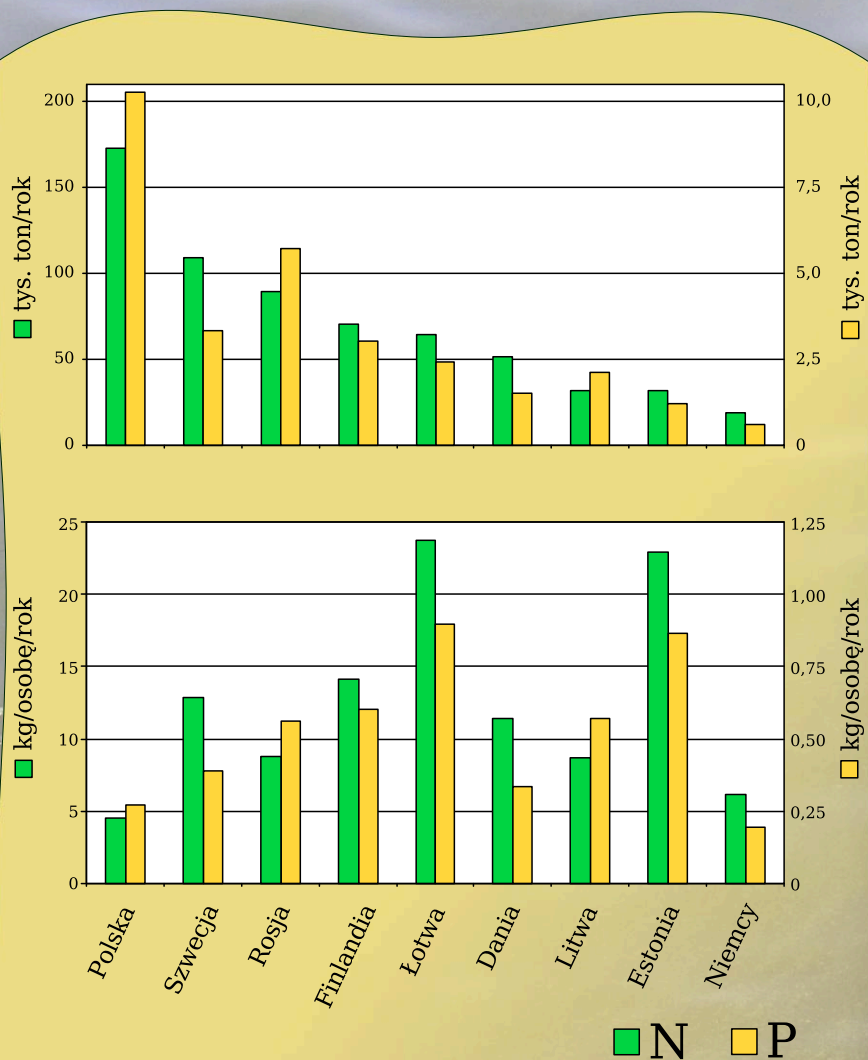
- ▶ Wymywanie
- ▶ Przesiákanie do wód podziemnych

Na podstawie: Igras & Pastuszak (2009)

Pozostałe rzeki bezpośrednio (najwięcej z nich jest w województwach nadmorskich) lub przez Pregolę i Niemen odprowadzają 17% wody z terytorium Polski. Odpływ zmienia się w cyklu sezonowym i wieloletnim. Powierzchnia zlewni Wisły obejmuje 54% terytorium kraju. Odpływ wody Wisły w latach 1951–1998 wynosił od 22 do 51 km^3/rok , średnio 34 km^3/rok .

Całkowity odpływ z wodami rzek związków biogenicznych do Bałtyku uległ zmniejszeniu w ostatnich dwudziestu latach, chociaż nadal stawia Polskę na pierwszym miejscu wśród

krajów nadbałtyckich, ale gdy przeliczymy te ładunki na jednego mieszkańca, to na ostatnim (Rys.1).



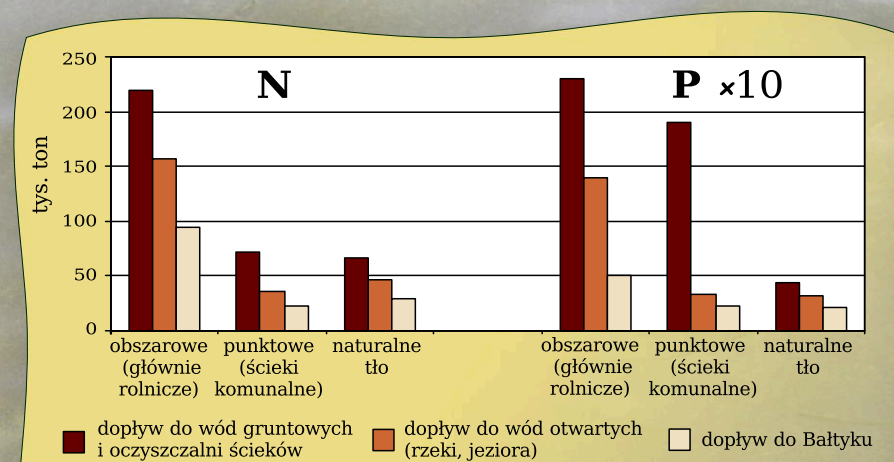
Rys. 1. Średnie roczne ładunki azotu (N) i fosforu (P) wprowadzone drogą wodną do Bałtyku w latach 2001-2006

Na podstawie: HELCOM (2009)

Dopływ substancji biogenicznych z terytorium Polski

Z terenów rolniczych wszystkich krajów nadbałtyckich: 50% azotu (N) i 32% fosforu (P) dopływa z terytorium Polski (HELCOM 2004). Rozpuszczalne formy nieorganiczne azotu i fosforu = ang. *dissolved inorganic nitrogen* (DIN) oraz *dissolved inorganic phosphorus* (DIP), stanowią: DIN — 58-77% w sumie związków azotu = ang. *total nitrogen* (TN), DIP — 36-72% w sumie związków fosforu = ang. *total phosphorus* (TP).

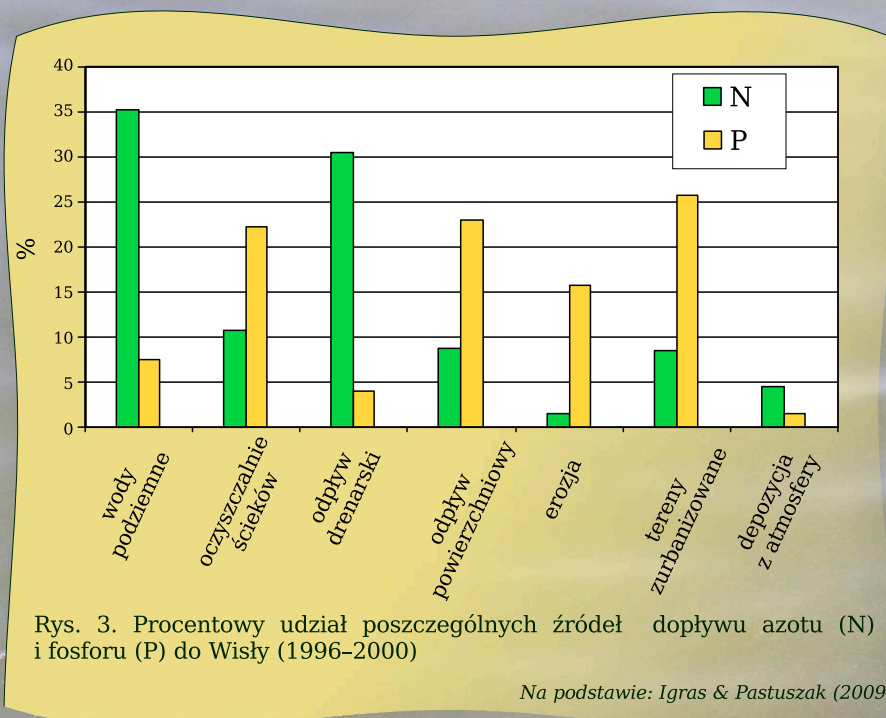
Ważną rolę w zmniejszeniu dopływu biogenów do Bałtyku odgrywa oczyszczanie ścieków, a także retencja substancji biogenicznych na dnie i brzegach naturalnych cieków i zbiorników wodnych (Rys. 2).



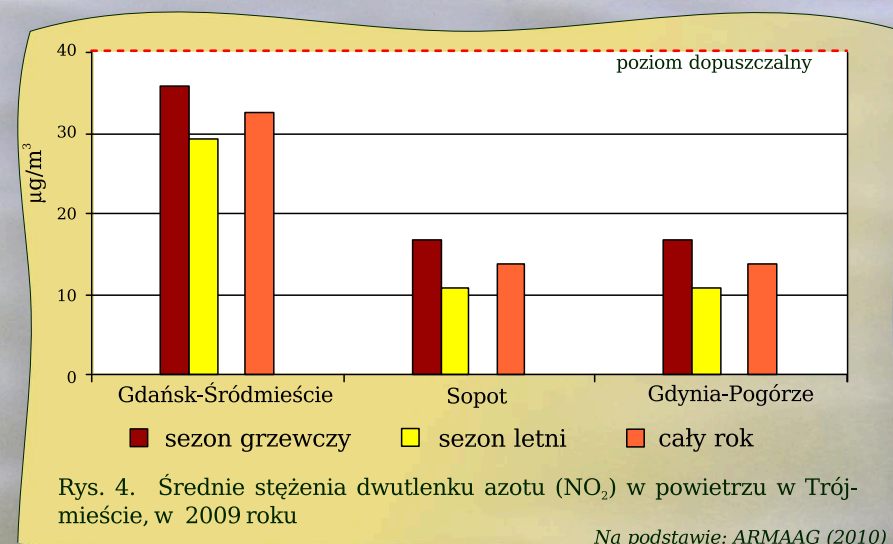
Rys. 2. Dopływ pierwiastków biogenicznych (azot — N, fosfor — P) pochodzących z różnych źródeł do Bałtyku z terytorium Polski (2007)

Na podstawie: Igras & Pastuszek (2009)

Główne źródła azotu dla rzeki Wisły to wody podziemne i odpływ drenarski, dla fosforu — ścieki z terenów zurbanizowanych, odpływ powierzchniowy i niedoczyszczone ścieki z oczyszczalni (Rys. 3).



Nie należy zapominać o przenoszeniu biogenów, przede wszystkim związków azotu, drogą atmosferyczną (Rys. 4). Ważnym źródłem biogenów dla atmosfery jest hodowla zwierząt. Przykładowo, jedna krowa emituje rocznie do 21 kg azotu tylko w formie amoniaku (Tab. 1). Spalanie paliw jest także źródłem tlenków azotu dla atmosfery, np. w wyniku spalania 1 kg benzyny w samochodzie osobowym powstaje średnio około 8,5 g tlenków azotu (EEA, 2009).



Województwo pomorskie ma słabsze gleby, należy do obszarów rolnictwa intensywnego. Większe zużycie nawozów mineralnych azotu i fosforu, wynika z większej obsady zwierząt i innego charakteru uprawy roli niż w województwach o bardziej żyznych glebach. Oznacza to wyższe potencjalne zagrożenie dla środowiska morskiego.

Tab.1. Przykładowe wskaźniki emisji amoniaku dla różnych kategorii zwierząt (kg N-NH₃/sztukę/rok)

Kategoria zwierząt	w systemie ściółkowym		w systemie bezściółkowym
	na głębokim oborniku	z małą ilością ściółki	
cielęta 0-3 mies.	0,48	1,30	-
krowy o wydajności 3,5 tys. kg mleka	6,40	15,72	16,90
krowy o wydajności 4-6 tys. kg mleka	7,89	19,40	20,85
tuczniaki 70-110 kg	2,72	6,54	5,33
kury nioski	-	0,239	-
indyki	-	0,194	-
kaczki	-	0,057	-

Na podstawie: Igras & Pastuszek (2009)

Ważniejsze regulacje prawne

- Konwencja Helsińska o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego z 9 kwietnia 1992 roku — ratyfikowana przez Polskę w 1999 roku;
- Dyrektywa Azotanowa — Dyrektywa Rady 91/676 EWG z 12 grudnia 1991 roku w sprawie ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzące ze źródeł rolniczych (Dz. Urz. UE 68 PL, 15/t.2, L375/1, 31.12.1991);
- Ramowa Dyrektywa Wodna — RDW 2000/60/WE (ang. Water Framework Directive — WFD) Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2000 roku (Dz. Urz. WE L, 327/1, 22.12.2000);
- Prawo wodne z 18 lipca 2001 roku (Dz. U. Nr 115, poz. 1229, 2001 z późn. zm.);
- Ustawa o nawozach i nawożeniu z 10 lipca 2007 roku (Dz. U. Nr 147, poz. 1033, 2007).

Literatura

- ARMAAG, 2010, Stan zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w Aglomeracji Gdańskiej i Tczewie w roku 2009 i informacja o działalności Fundacji ARMAAG. Agencja Regionalnego Monitoringu Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej, <http://www.armaag.gda.pl>
- EEA, 2009, EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2009. Technical Report No. 9/2009, <http://www.eea.europa.eu>

- HELCOM, 2004, The fourth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-4). Baltic Marine Environment Protection Commission (Helsinki Commission), Baltic Sea Environment Proceedings, No.93.
- HELCOM, 2009, Eutrophication in the Baltic Sea. Baltic Marine Environment Protection Commission (Helsinki Commission), Baltic Sea Environment Proceedings, No.115B.
- Igras J., Pastuszek M. (red.), 2009, Udział polskiego rolnictwa w emisji związków azotu i fosforu do Bałtyku. IUNG-PIB, Puławy, 416 s.



Plaża w Sopocie, 05.08.2010 (fot. Pracownia Chemicznych Zanieczyszczeń Morza IO PAN)