



Henryk Manteuffel Szoega

# OPTYMALNY POZIOM ZANIECZYSZCZANIA ŚRODOWISKA W ZALEŻNOŚCI OD TRWAŁOŚCI ZANIECZYSZCZENIA

---

Henryk Manteuffel Szoega, prof. dr hab. – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

adres korespondencyjny:  
Wydział Nauk Ekonomicznych  
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166  
e-mail: henryk\_manteuffel@sggw.pl

## THE OPTIMUM LEVEL OF ENVIRONMENTAL POLLUTION DEPENDING ON THE POLLUTION DURABILITY

**SUMMARY:** Three possible cases of polluting emissions are theoretically considered. In the case of flow pollution the optimum emission equalizes the marginal social cost with the marginal social benefit from the polluting activity. The same applies to the cases of persistent non-degradable stock pollution and persistent slowly degradable stock (fund) pollution, but with some extra conditions. For non-degradable pollution a capitalized cost of one time unit enters the calculation, for gradually degradable pollutants an optimal level of equilibrium between pollutant's emissions and its degradation.

**KEY WORDS:** optimal rate of polluting emissions, flow pollution, gradually degradable persistent stock pollution, non-degradable persistent stock pollution

---

## Wstęp

Każda działalność gospodarcza (a w szczególności produkcja) zanieczyszcza środowisko. Dzieje się tak z dwóch powodów. Po pierwsze, każdy produkt materialny staje się w końcu, po zakończeniu okresu użytkowania odpadem. Poza tym, prawie zawsze występują odpady produkcyjne i towarzyszące cyklowi życia produktu emisje zanieczyszczeń, to znaczy uboczne, niepożądane produkty materialne, których powstawanie jest nieuniknione przy produkcji i dystrybucji danego dobra (między innymi uboczne produkty wytwarzania zużywanej w każdej działalności gospodarczej energii i opakowań).

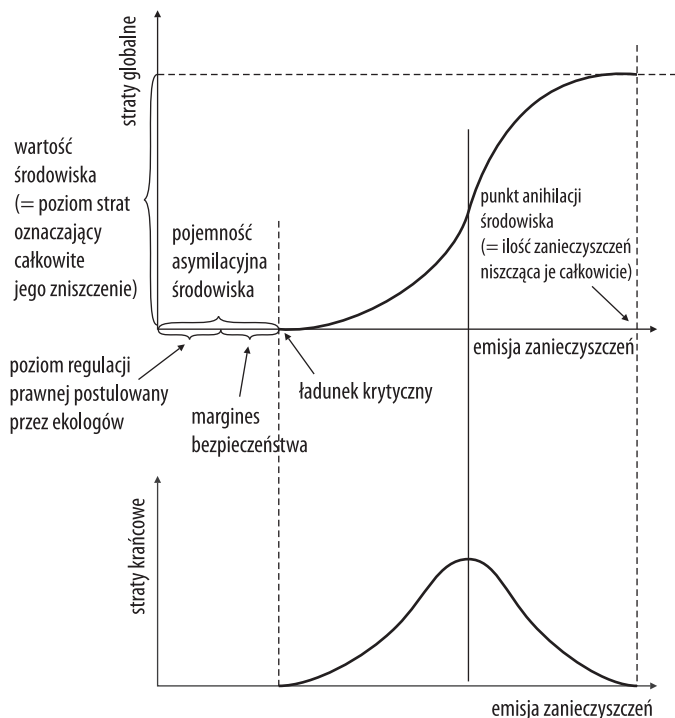
Z punktu widzenia ekosystemu nie tylko produkowane niecelowo odpady, ale również wyniki celowej działalności człowieka mogą być uznane za zanieczyszczenie. Przykładowo, budynki i budowle zanieczyszczają naturalne ekosystemy i krajobraz. Zanieczyszczenie może być zdefiniowane jako wprowadzenie do ekosystemu nienaturalnej domieszki, powodującej jego nienaturalną zmianę, w szczególności zmianę z punktu widzenia interesów człowieka szkodliwą<sup>1</sup>.

Nie każde fizyczne zanieczyszczenie środowiska jest nim z ekonomicznego punktu widzenia. Istnieje tak zwana pojemność asymilacyjna środowiska<sup>2</sup>. Jest to zdolność do samoregulacji i utrzymywania homeostazy, wypracowana ewolucyjnie, między innymi jako reakcja na naturalne, losowe zmiany warunków. W szczególności elastyczna bywa reakcja biocenozy, ożywionej części środowiska. Pewne zanieczyszczenia wywołują naturalne kontrakcje ze strony środowiska, powodujące likwidację lub minimalizację ich wpływu. Biochemiczne reakcje zachodzące w ekosystemach często prowadzą do degradacji, a przez to do neutralizacji zanieczyszczeń. Zanieczyszczenia, które mieszczą się w pojemności asymilacyjnej zazwyczaj nie mają znaczenia ekonomicznego (rysunek 1).

<sup>1</sup> B. Głowiak, E. Kempa, T. Winnicki, *Podstawy ochrony środowiska*, PWN, Warszawa 1985; Zanieczyszczenie jako termin wartościujący, a nie chemiczny, ma według niektórych autorów znacznie nie tylko szkodliwej substancji chemicznej ale również obiektów ożywionych i nieożywionych, mających oczywiście pewną postać materialną, nienaturalnych w danym ekosystemie.

<sup>2</sup> Pojemność taka bywa też nazywana absorpcyjną.

Rysunek 1  
Straty na skutek zanieczyszczenia środowiska



Źródło: opracowanie własne.

## 1. Model strat w wyniku zanieczyszczenia środowiska

Na ogół uważa się, że funkcja wielkości strat (ekonomicznej wartości szkód środowiskowych) na skutek zanieczyszczenia (emisji zanieczyszczeń w jednostce czasu) środowiska układa się według modelu funkcji logistycznej<sup>3</sup>.

$$S(Z) = \frac{WŚ}{1 + be^{-aZ}} \quad (1)$$

gdzie:

$S(Z)$  – wartość szkód środowiskowych (strat) w funkcji emisji zanieczyszczeń w jednostce czasu,

$WŚ$  – górna granica, do której dąży asymptotycznie suma strat środowiskowych w miarę zwiększania emisji (równa całkowitej wartości danego ekosystemu),

<sup>3</sup> H. Manteuffel Soege, *Zarys problemów ekonomiki środowiska*, Wyd. SGGW, Warszawa 2005, s. 99.

Z - wielkość emisji zanieczyszczenia w jednostce czasu,  
 b, a - parametry funkcji regulujące położenie początku krzywej logistycznej i jej nachylenie.

Pochodna tej funkcji ma postać<sup>4</sup>:

$$S'(Z) = \frac{W\dot{S} \cdot b \cdot a \cdot e^{-aZ}}{(1 + be^{-aZ})^2} \quad (2)$$

co po przekształceniach daje inną postać wzoru:

$$S'(Z) = \frac{a}{W\dot{S}} \cdot \frac{W\dot{S}}{1 + be^{-aZ}} \cdot \left( W\dot{S} - \frac{W\dot{S}}{1 + be^{-aZ}} \right) \quad (3)$$

a tym samym:

$$S'(Z) = \frac{a}{W\dot{S}} \cdot S(Z) \cdot (W\dot{S} - S(Z)) \quad (4)$$

Oznacza to, że szybkość zmian funkcji  $S(Z)$  w punkcie  $Z$  jest wprost proporcjonalna do iloczynu  $S(Z) \cdot (W\dot{S} - S(Z))$ , czyli do iloczynu wartości funkcji i jej odalenia od poziomu anihilacji środowiska równemu jego całkowitej wartości  $W\dot{S}$ .

Szybkość zmian strat globalnych jest to strata krańcowa (w przybliżeniu zmiana globalnej straty przy zmianie emisji zanieczyszczenia o jednostkę). Kształtowanie się strat krańcowych przy założeniu kształtowania się strat globalnych według modelu funkcji logistycznej ma postać krzywej dzwonowej<sup>5</sup>, przykładowo wrysowanej w dolnej części rysunku 1.

Przy pewnym poziomie zanieczyszczenia środowisko można uznać za całkowicie zniszczone, straty wyrównują ekonomiczną wartość ekosystemu, dalsze zwiększanie emisji zanieczyszczeń nie może już pogorszyć sytuacji, zwiększanie emisji przy poziomie bliskim anihilacji niewiele już pogarsza stan zastany i wielkość szkód. Krańcowa strata jest wówczas bliska zeru.

## 2. Przypadki optymalnego poziomu zanieczyszczenia

Zmiany w środowisku dopóty nie mają znaczenia ekonomicznego, dopóki nie szkodzą interesom ludzi, to znaczy nie zmniejszają konsumpcji, nie zmniejszają produkcji, nie zwiększają kosztów tej konsumpcji lub produkcji.

Zanieczyszczenie ekonomicznie znaczące (pociągające za sobą koszty lub/i straty społeczne) nie musi być konieczne eliminowane. Powodująca je działalność przynosi korzyści. Jeśli eliminując zanieczyszczenie, należy w tym celu

<sup>4</sup> T. Czechowski, *Rachunek różniczkowy i całkowy dla ekonomistów i statystyków*, Wyd. PWN, Warszawa 1961, s. 147.

<sup>5</sup> W tym przypadku nieodnoszącej się do prezentacji funkcji gęstości prawdopodobieństwa w rozkładzie normalnym, z czym się taka krzywa powszechnie kojarzy.

eliminować także powodującą je działalność to, pozbawia się tym samym wynikających z tej działalności korzyści.

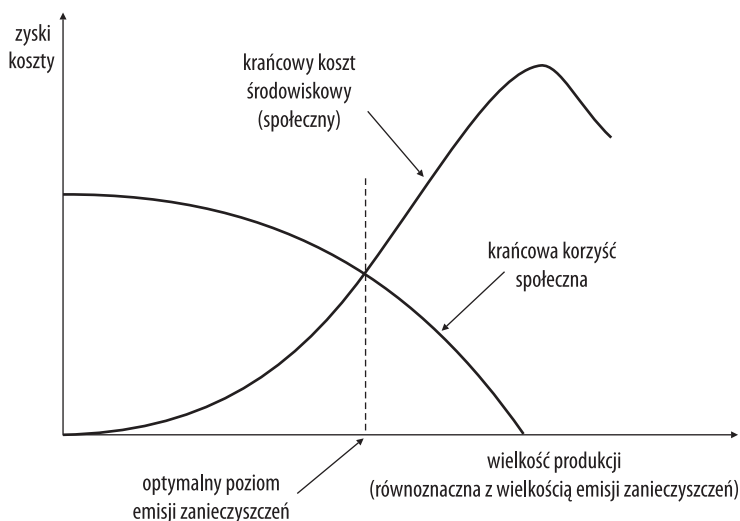
Optymalny społecznie poziom zanieczyszczenia to taki, przy którym marginalne (krańcowe) społeczne koszty (włączając w to straty) wynikające z zanieczyszczenia zrównują się z krańcowymi społecznymi korzyściami wynikającymi z zanieczyszczającej działalności (w szczególności produkcji). Założeniem jest, że krańcowe korzyści maleją, a krańcowe koszty środowiskowe rosną w miarę zwiększania danej działalności (rysunek 2). Oznacza to, że z założenia pod względem kosztów społeczeństwo znajduje się w strefie opisanej przez lewą gałąź krzywej w dolnej części rysunku 2. Gdyby znajdowało się w strefie prawej gałęzi tej krzywej, oznaczałoby to doprowadzenie do bardzo złego stanu środowiska, gdy kolejne zanieczyszczenia niewiele już mogą go pogorszyć. Pod względem krańcowych korzyści społeczeństwo jest z kolei w strefie spadkowej, zgodnie z ogólną teorią malejącej krańcowej użyteczności dóbr.

Korzyści z danej działalności gospodarczej otrzymują zazwyczaj inne grupy społeczne niż grupy społeczne ponoszące koszty (lub/i straty) środowiskowe. W najprostszym przypadku korzyści odnosi producent zanieczyszczeń, a koszty i straty środowiskowe są w stosunku do niego zewnętrzne i ponoszą je mieszkańcy okolicy, gdzie jest zlokalizowana działalność. Takiej sytuacji odpowiada

Rysunek 2

Optymalny poziom zanieczyszczenia środowiska

(emisji zanieczyszczeń; przypadek zanieczyszczenia szybko degradującego się)



Źródło: opracowanie własne.

rysunek 2. Skądinąd, zgodnie ze znanym twierdzeniem Coase'a<sup>6</sup>, ma to w gospodarce wolnorynkowej doprowadzić do handlu prawem do zanieczyszczenia między zanieczyszczającym i poszkodowanymi. Jeśli prawo własności do zanieczyszczanego środowiska należy do zanieczyszczającego, poszkodowani skłonni są płacić szkodzącemu, by zaniechał działalności im szkodzącej, a ten jest gotów z niej zrezygnować lub ją ograniczyć, jeśli zapłata przewyższa korzyści, jakie osiąga on z działalności gospodarczej powodującej zanieczyszczenie. Z drugiej strony, jeśli prawo własności przysługuje poszkodowanym, prowadzący działalność gospodarczą (zarazem emitent zanieczyszczeń) jest skłonny płacić im odpowiednie odszkodowanie za ponoszone przez nich szkody środowiskowe, jeśli jego korzyści netto (zyski z działalności gospodarczej) przewyższają ponoszone przez nich koszty lub/i straty. Poszkodowani gotowi są pogodzić się ze swymi stratami, jeśli zapłata je przewyższa. Producent kupuje w ten sposób prawo do zanieczyszczenia.

Poza licznymi innymi zastrzeżeniami<sup>7</sup> do tego twierdzenia, ograniczającymi jego stosowalność tylko do niektórych przypadków, jedno z ważniejszych dotyczy identyfikowania korzyści społecznych netto, ważnych dla ustalenia społecznie optymalnego poziomu zanieczyszczenia, z zyskiem zanieczyszczającego, co jest bardzo dużym przybliżeniem.

Powyższe rozważania odnoszą się do zanieczyszczeń ulegających szybko degradacji i przez to niekumulujących się w środowisku (*flow pollution*)<sup>8</sup>. Oprócz takich, rozróżnia się w teorii ekonomiki środowiska przypadek zanieczyszczeń kumulujących się, ale stopniowo degradujących się (*degradable stock pollution* lub *fund pollution*) i zanieczyszczeń kumulujących się i praktycznie niedegradowalnych (*persistent stock pollution*)<sup>9</sup>. Problem optymalnego zanieczyszczenia (jako ciągu emisji rozłożonych w czasie) w przypadku tych dwóch rodzajów zanieczyszczeń zilustrowany jest na rysunkach 3 i 4.

Zasadniczą zmianą w stosunku do zanieczyszczeń szybko degradujących się jest w przypadku zanieczyszczenia nigdy niedegradującego się ujęcie krańcowego kosztu tego zanieczyszczenia. Koszt ten występuje długookresowo, teoretycznie wiecznie, a nie, jak się w uproszczeniu przyjmuje w przypadku szybko znikającego zanieczyszczenia, tylko w najbliższej jednostce czasu. Wobec tego w przypadku niedegradującego się zanieczyszczenia koszt krańcowy należy ująć jako obecną wartość kosztów środowiskowych, występujących w najbliższej jednostce czasu i w nieskończonym ciągu jednostek następnych.

<sup>6</sup> R. Coase, *The Problem of Social Cost*, „Journal of Law and Economics” 1960 No. 3.

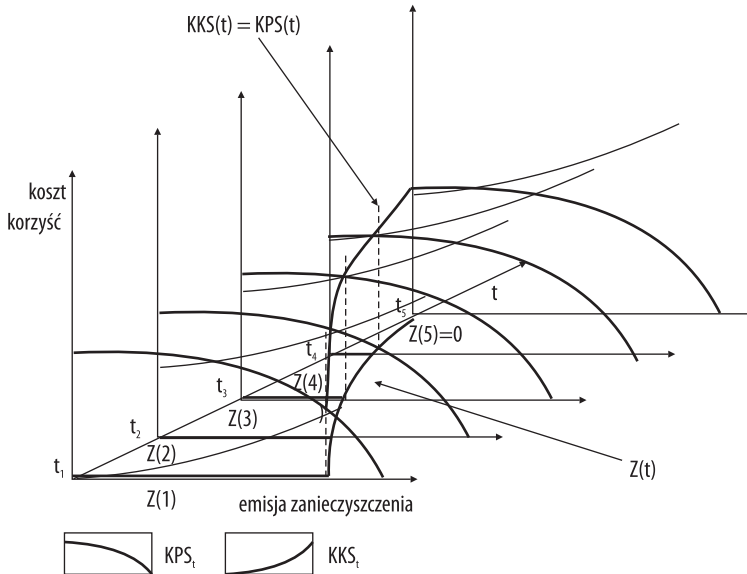
<sup>7</sup> D. W. Pearce, K. R. Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Nowy Jork-Londyn-Toronto-Sydney-Tokio 1990.

<sup>8</sup> Degradacji zanieczyszczenia nie należy rozumieć tylko w sensie chemicznej degradacji substancji. Oznacza ona ogólnie zmniejszenie się szkodliwego oddziaływania na środowisko, na przykład skutek relacji biochemicznych prowadzących do samooczyszczania się środowiska.

<sup>9</sup> R. Perman, Y. Ma, J. Mc Gilvray, *Natural Resource & Environmental Economics*, Longman, Londyn-Nowy Jork 1996.

## Rysunek 3

Przykładowa ścieżka optymalnego poziomu zanieczyszczenia (przypadek kumulującego się zanieczyszczenia niedegradującego się)



KPS<sub>t</sub> – krańcowa korzyść makroekonomiczna z zanieczyszczającej działalności w jednostkowym odcinku czasu nr  $t$  (przykładowo wrysowana w odniesieniu do 5 kolejnych odcinków czasu), funkcja rozmiarów zanieczyszczającej działalności; KKS<sub>t</sub> – krańcowe społeczne koszty środowiskowe w jednostce czasu nr  $t$ , funkcja emisji zanieczyszczeń;  $t$  – czas;  $t = 1, 2, 3, 4, 5$ ;  $Z(1), Z(2), Z(3), Z(4), Z(5)$  – przykładowe optymalne emisje w kolejnych odcinkach czasu;  $Z(5) = 0$  – przykładowa docelowa emisja na poziomie równowagi równym 0;  $KKS(t)$  – ścieżka optymalnych krańcowych społecznych kosztów i strat środowiskowych (rosną w miarę upływu czasu aż do momentu stabilizacji przy  $Z=0$ );  $KPS(t)$  – ścieżka optymalnych krańcowych korzyści makroekonomicznych z zanieczyszczającej działalności (równa  $KKS(t)$ );  $Z(t)$  – ścieżka optymalnego zanieczyszczenia (emisji zanieczyszczenia w funkcji czasu, malejąca do 0).

Źródło: opracowanie własne.

Jeśli ten koszt w jednostce czasu jest stały, obecna wartość nieskończonego ciągu takich stałych kosztów obliczana jest w drodze kapitalizacji kosztu występującego w jednostce czasu (czyli jako koszt w jednostce czasu dzielony przez społeczną stopę dyskontową<sup>10</sup>).

<sup>10</sup> Zagadnienie wyznaczenia wielkości społecznej stopy preferencji czasowej nie jest tu omawiane. Jako przykład odnoszący się do ekonomiki środowiska podać można, że na kongresie ekonomistów środowiska w 1999 roku w Wenecji profesor Harvardu Martin Weitzman podał stopę w wysokości 4% jako światową średnią społeczną stopę dyskontową w odniesieniu do

$$KKS_t = \frac{KKS_b}{R} \quad (5)$$

gdzie:

$KKS_b$  – strata środowiskowa w wyniku emisji w danej bieżącej jednostce czasu,

$KKS_t$  – sumaryczna strata środowiskowa związana z emisją w jednostce t,

R – społeczna stopa preferencji czasowej.

Odnosnie zanieczyszczenia niedegradowalnego można rozróżnić dwa przypadki. Jeśli korzyści z zanieczyszczającej działalności pokryją skapitalizowane straty środowiskowe, w następnym odcinku czasu sytuacji powraca do stanu początkowego, to znaczy funkcja strat środowiskowych zaczyna się znowu od wartości zerowej, tak, jak na rysunku 2. Jeśli jednak przyjąć można, że korzyści z zanieczyszczającej działalności będą powtarzały się w kolejnych odcinkach czasu w nieskończoność, tak jak straty środowiskowe, to przyjąć można inny model sytuacji decyzyjnej. Rysunek 3 odnoszący się do tego przypadku kumulującego się zanieczyszczenia niedegradowalnego pokazuje, że gdy startujemy od pewnego względnie wysokiego poziomu emisji w jednostce czasu (Z(1)), to w miarę upływu czasu powinniśmy emitować do środowiska coraz mniejsze ilości zanieczyszczeń, bo na skutek ich kumulacji w środowisku będą one powodowały, że społecznego punktu widzenia, coraz większe krańcowe straty (lub/i koszty) środowiskowe (KKS). Ilustruje to podnoszenie się na rysunku 3 początku krzywej środowiskowego kosztu krańcowego w każdym kolejnym odcinku czasu o wielkość takich kosztów w końcu odcinka poprzedniego<sup>11</sup>. Tempo wzrostu tych krańcowych kosztów zależy od wielkości emisji w kolejnych odcinkach czasu. Koszty krańcowe będą rosnąć aż do zrównania się z krańcowymi korzyściami społecznymi z zanieczyszczającej działalności przy minimalnej, zerowej emisji zanieczyszczeń, czyli przy minimalnych, zerowych rozmiarach zanieczyszczającej działalności (na rysunku przykładowo Z(5)). Dalsze kontynuowanie emisji i wobec tego zwiększanie skumulowanej ilości zanieczyszczeń w środowisku przynosić już będzie straty netto, wobec tego zanieczyszczającą działalność należy przerwać, bo środowisko osiągnęło już stan maksymalnego dopuszczalnego stężenia danego zanieczyszczenia.

---

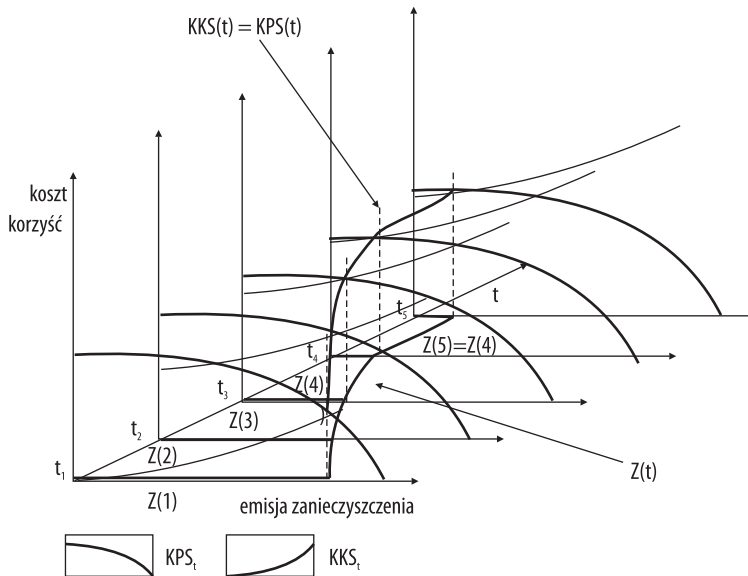
dóbr środowiskowych. Wynik ten został uzyskany w drodze ankietyzacji ekonomistów środowiska w wielu krajach świata. Tę samą wielkość stopy procentowej podał w swej odpowiedzi na ankietę prof. Tomasz Żylicz, polski autorytet w dziedzinie ekonomiki środowiska. Natomiast stopa w wysokości 5% zalecana jest przez niedawną wersję wytycznych Unii Europejskiej: *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession*. DG Regional Policy, European Commission, Bruksela 2008. W obu przypadkach chodzi o stopy realne (czyli oczyszczone z czynnika inflacyjnego), a nie nominalne.

<sup>11</sup> Alternatywnym ujęciem tej sytuacji byłoby pomniejszanie w przyszłości korzyści społecznych netto z zanieczyszczającej działalności o koszt/stratę wynikającą z istnienia skumulowanej straty z poprzedzających odcinków czasu.



## Rysunek 4

Przykładowa ścieżka optymalnego poziomu zanieczyszczenia (przypadek kumulującego się zanieczyszczenia stopniowo degradującego się)



KPSt – krańcowa korzyść makroekonomiczna z zanieczyszczającej działalności w jednostkowym odcinku czasu nr  $t$  (przykładowo wrysowana w odniesieniu do 5 kolejnych odcinków czasu), funkcja rozmiarów zanieczyszczającej działalności; KKSt – krańcowe społeczne koszty środowiskowe w jednostce czasu nr  $t$ , funkcja emisji zanieczyszczeń;  $t$  – czas;  $t = 1, 2, 3, 4, 5$ ;  $Z(1), Z(2), Z(3), Z(4), Z(5)$  – przykładowe optymalne emisje w kolejnych odcinkach czasu;  $Z(5)$  – przykładowa docelowa emisja na poziomie równowagi;  $KKS(t)$  – ścieżka optymalnych krańcowych społecznych kosztów środowiskowych (rosną w miarę upływu czasu aż do momentu stabilizacji);  $KPS(t)$  – ścieżka optymalnych krańcowych korzyści makroekonomicznych z zanieczyszczającej działalności (równa  $KKS(t)$ );  $Z(t)$  – ścieżka optymalnych emisji zanieczyszczeń w funkcji czasu.

Źródło: opracowanie własne.

Inna sytuacja występuje w przypadku zanieczyszczenia, które się stopniowo degradowe (rysunek 4). Startując znów od wysokiego poziomu można kontynuować zanieczyszczanie, ale w zmniejszonych dawkach, tak długo, aż zostanie osiągnięty w środowisku poziom równowagi, to znaczy tyle samo będzie dopływać zanieczyszczeń z generującej je działalności gospodarczej, ile tych zanieczyszczeń będzie się likwidować w wyniku naturalnych procesów degradacji. Taką równowagę, jeśli na przykład degradowe się stały procent zanieczyszczeń w jednostce czasu (co jest zazwyczaj zakładane), można osiągnąć przy różnych poziomach stężenia zanieczyszczenia w środowisku. Ekonomicznie optymalny bę-

dzie poziom zanieczyszczenia, przy którym krańcowe korzyści społeczne i krańcowe koszty środowiskowe wyrównują się na stałe ( $KKS_t = KPS_t$ ).

Podobnie jak w poprzednim przypadku należy przy tym wziąć pod uwagę to, że zanieczyszczenie będzie się degradować powoli i wobec tego w jego koszt krańcowy wliczyć trzeba ciąg kosztów generowanych w przyszłości, co prawda na skutek degradacji zanieczyszczenia występujących w coraz mniejszych wielkościach, aż do zupełnego zaniku. Obliczyć więc trzeba obecną wartość przyszłych kosztów. W tym celu znać trzeba model ich zmniejszania się w przyszłości i odpowiednią wielkość stopy dyskontowej (lub, jeśli liczyć dokładniej i szacować zmienność tej stopy, ciąg jej odpowiednich wielkości).

Jeśli założy się stałość stopy degradacji zanieczyszczenia ( $d$ ), to należy dążyć do stanu równowagi:

$$Z_t = dQ_t \quad (6)$$

gdzie  $Q_t$  oznacza skumulowaną ilość zanieczyszczenia na początku okresu  $t$ . Taką równowagę można osiągnąć na różnych poziomach, ale warunkiem optymalności jest jak zawsze, by:

$$KKS_t = KPS_t \quad (7)$$

Krańcowy koszt środowiskowy (mówiąc bardziej poprawnie, ze względu na wpływ poprzednich emisji, niezupełnie krańcowy) w okresie  $t$  obliczyć należy jako:

$$KKS_t = KKS_b + \sum_{l=1}^L A_l \cdot KKS_{t-1} \cdot (1 - l \cdot d) \quad (8)$$

gdzie:

- $l$  - indeks bieżący oznaczający numer kolejnej jednostki czasu,
- $A_l$  - współczynnik dyskontowy dla okresu  $l$ ,
- $L$  - liczba okresów jednostkowych do momentu całkowitej likwidacji zanieczyszczenia. Liczba ta to:

$$L = \frac{1}{d} \quad (9)$$

Przy agregacji korzyści społecznych, w celu ustalenia makroekonomicznie optymalnego poziomu zanieczyszczenia, należałoby wziąć pod uwagę teorię malejącej użyteczności dóbr. Mianowicie, krańcowa jednostka korzyści różnych grup społecznych ma z powodu niejednakowego poziomu dochodu tych grup niejednakową wartość społeczną. Przy agregowaniu (sumowaniu) korzyści różnych grup społecznych powinny być ważone przez krańcową użyteczność konsumpcji w tych grupach. Dodatkowa korzyść bogacza powinna więc ważyć mniej przy agregacji niż dodatkowa, takiej samej nominalnie wielkości, korzyść biedaka.

Zanieczyszczająca działalność prowadzi z reguły do względnej redystrybucji dochodów. Należałoby się spodziewać, że bogatsi są raczej emitenci zanieczyszczeń niż poszkodowani. Społeczne ważenie zysków emitentów oznaczałoby więc ich względne zmniejszenie, bo względnie niskie byłyby współczynniki wagowe. To by przesunęło punkty optymalne w lewo, w kierunku mniejszych zanieczyszczeń niż w przypadku nieważenia korzyści.

## Podsumowanie

Ze względu na trwałość utrzymywania się zanieczyszczenia w środowisku zachodzą teoretycznie różne przypadki makroekonomicznej optymalizacji zanieczyszczenia środowiska, wyróżniające zanieczyszczenia nietrwałe, zanieczyszczenia trwale niedegradujące się oraz zanieczyszczenia trwale stopniowo degradujące się. W pierwszym przypadku optymalna wielkość zanieczyszczenia wyznaczona jest przez równość krańcowych korzyści społecznych i krańcowych kosztów (lub/i strat) społecznych w jednostce czasu, w drugim podobnie, z tym, że za koszt przyjmuje się skapitalizowany koszt w jednostce czasu. W przypadku nieskończonych korzyści optymalne postępowanie oznacza stopniowe zmniejszanie emisji w kolejnych jednostkach czasu do zera. W trzecim przypadku należy doprowadzić do stanu równowagi (równości przyrostu w wyniku emisji i naturalnej degradacji zanieczyszczenia w każdej jednostce czasu) przy warunku jak w przypadku pierwszym, ale biorąc pod uwagę skumulowany koszt (lub/i stratę) za okres degradacji zanieczyszczenia.