

## Metody oceny ryzyka środowiskowego na przykładzie planowania inwestycji liniowych

Michał Palmąka\*



**Environmental Risk Assessment (ERA) methods on the basis of planned linear investments.** Prz. Geol., 53: 591–595.

*S u m m a r y.* Realization of linear investments requires applying objective methods to assess their potential negative impacts on environment. Considering the similarity of natural conditions due to geographical proximity of Germany and Poland — the ERA method applied by the German Federal Transportation, Building and Housing Ministry to estimate a general impact of planned highway construction works on the environment, is described in this paper. The paper presents rules of delimitating the study area, evaluation criteria for environment resistance, methods of defining impact strength and matrix classification of the environmental risks. Clear criteria of the assessment allow applying expert systems and GIS, thus enabling quick comparisons between different locations and technical alternatives, and allowing to choose the best solution, which minimizes the negative impact on natural environment.

**Key words:** Environmental Risk Assessment (ERA), linear investments, expert systems, GIS

Wraz z napływem europejskich środków pomocowych, między innymi z Funduszu Spójności, Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego obserwuje się w Polsce wzrost zainteresowania odpowiednich instytucji planowaniem inwestycji liniowych (budowa/rozbudowa sieci dróg, torów kolejowych, infrastruktury wodnokanalizacyjnej). Warunkiem koniecznym do uzyskania pomocy finansowej jest przedstawienie w studium wykonalności planowanej inwestycji oceny wpływu przedsięwzięcia na środowisko. Niestety, w polskim prawodawstwie nie ma jasno sprecyzowanej metodyki opisującej sposób przeprowadzenia analizy ryzyka środowiskowego dla inwestycji liniowych. Brak określonych kryteriów oceny nie pozwala na obiektywne porównywanie wariantów lokalizacyjnych i technicznych przedsięwzięcia, jak również uniemożliwia wybór najlepszych rozwiązań inwestycyjnych na obszarze analizy, np. na terenie województwa. Obiektywizacja oceny ryzyka środowiskowego odgrywa kluczową rolę w przypadku wystąpienia konfliktów z przedstawicielami lokalnych społeczności. Zgodnie z art. 53 Prawa ochrony środowiska (Dz.U.01.62.627) organ właściwy do wydania decyzji zapewnia możliwość udziału społeczeństwa w postępowaniu, w ramach którego sporządzany jest raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, w którym dokonano analizy ryzyka środowiskowego. Zasady udziału społeczeństwa w postępowaniu w sprawie ochrony środowiska określone są w dziale V Prawa ochrony środowiska. Przedstawienie klarownych kryteriów oceny ryzyka środowiskowego może być istotnym czynnikiem przekonującym do wyboru optymalnego rozwiązania w trakcie negocjacji społecznych.

W świetle przytoczonych argumentów należy stwierdzić, że wzrasta rola zobiektywizowanych ocen wpływu planowanych inwestycji na środowisko. Jednym ze sposobów zaspokojenia oczekiwań jest wykorzystanie systemów ekspertowych w połączeniu z Systemami Informacji Geograficznej (GIS), które pozwalają na przestrzenną analizę stwierdzonych oddziaływań. W niniejszym artykule zaprezentowano metodę wykorzystaną przez niemieckie Federalne Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Mieszkalnictwa dla ogólnej oceny ryzyka środowiskowego spowodowanego planowaną budową lub rozbudową

dróg szybkiego ruchu. Uzyskane wyniki mają charakter poglądowy i dostarczają informacji na temat obszarów konfliktowych. Określenie charakteru zagrożeń na wczesnym etapie planowania pozwala na wypracowanie najkorzystniejszych metod minimalizacji oddziaływania, włącznie z rezygnacją z planowanej inwestycji, co w istotny sposób ogranicza nakłady finansowe.

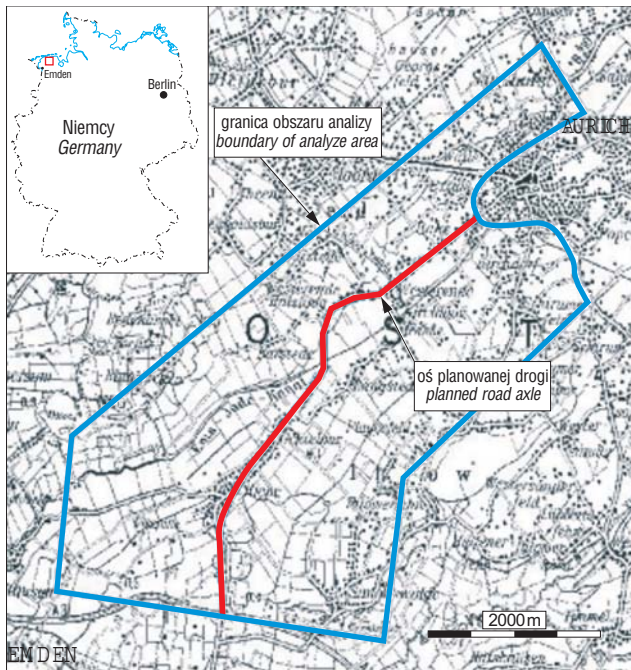
### Zasady wyznaczania obszaru analizy

Wyznaczenie obszaru analizy dokonywane jest na podstawie stwierdzonych oddziaływań spowodowanych danym typem inwestycji. Wiele niemieckich jednostek badawczych jest zaangażowanych w prace polegające na określaniu wielkości oddziaływań i wyznaczaniu ich przestrzennego rozkładu. Przeprowadzane analizy porealizacyjne również dostarczają istotnych informacji na temat siły wpływu eksploatowanej inwestycji. Na bazie tak zgromadzonych doświadczeń publikowane są przewodniki, w których określa się przedziały siły oddziaływań oraz ich przestrzenny zasięg, w zależności od rodzaju inwestycji, np. Knospe (1998).

W przypadku inwestycji liniowych zasięg oddziaływania wyznacza się jako odległość od osi przebiegu wariantów lokalizacyjnych obiektów liniowych. Poprzez określenie odległości bufora tworzony jest poligon, w obrębie którego analizowana jest odporność środowiska przyrodniczego. Na ryc. 1 przedstawiono wyznaczony obszar analizy ryzyka środowiskowego przy rozbudowie drogi szybkiego ruchu.

Wielkość wyznaczonego bufora uwarunkowana jest od rozpoznania terenu i rodzaju planowanej inwestycji. W ogólnej ocenie ryzyka środowiskowego przeprowadzonej na zlecenie Federalnego Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Mieszkalnictwa w przypadku budowy nowych dróg/linii kolejowych na terenach, gdzie nie przeprowadzono wstępnego rozpoznania warunków przyrodniczych, promień bufora został wyznaczony na odległość 5 km od osi inwestycji. W sytuacji, gdy wstępne analizy potwierdziły przydatność terenu do lokalizacji danego przedsięwzięcia, przestrzenny zakres analizy został ograniczony do bufora o długości 2 km od osi przebiegu inwestycji. Duże dysproporcje w długości promienia bufora wynikają z faktu, że przy braku rozpoznania warunków środowiska naturalnego, możliwa jest zmiana wariantu lokalizacyjnego

\*Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; mpalmaka@uw.edu.pl



**Ryc. 1.** Obszar wyznaczony do analizy ryzyka środowiskowego  
**Fig. 1.** Delimitated area of Environmental Risk Assessment (ERA)

inwestycji w obrębie poligonu o szerszej długości boku, który wynosi 10 km. Tym samym zwiększa się elastyczność zastosowanej metody. W przypadku budowy nowej drogi wodnej bądź rozbudowy istniejącej głównym czyn-

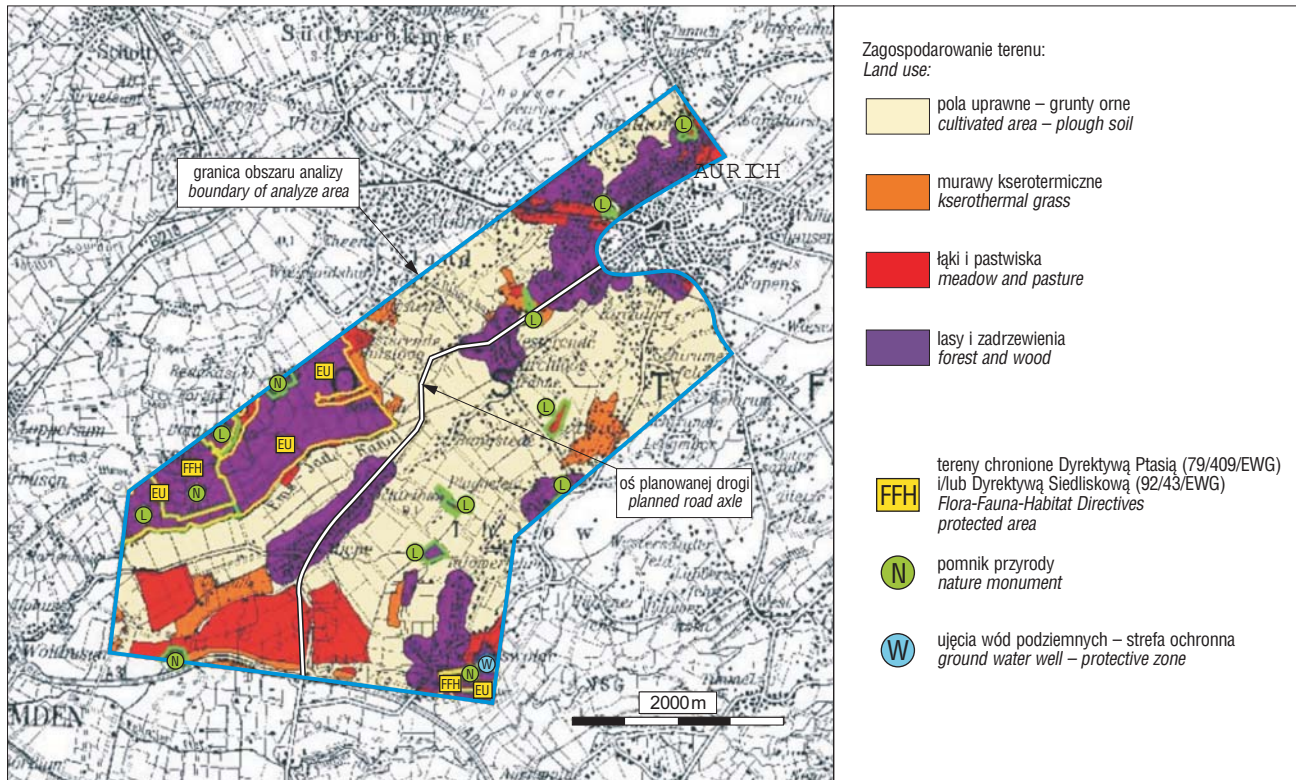
nikiem determinującym wyznaczenie obszaru analizy jest rzeźba terenu i wielkość zlewni.

### Kryteria odporności środowiska przyrodniczego

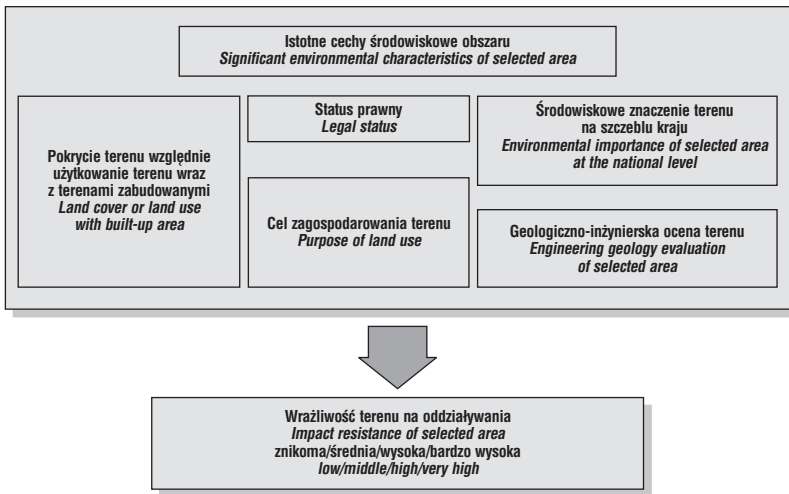
W obrębie przestrzennego zakresu analizy wyznacza się granice obszarów o różnym typie zagospodarowania terenu, jak przedstawiono na ryc. 2.

Aktualny sposób użytkowania terenu umożliwia określenie odporności wydzielonej jednostki przestrzennej. Odporność określa się najczęściej jako progową wartość parametrów otoczenia, przy której procesy zachodzące w systemie, w naszym przypadku na obszarze o danym typie zagospodarowania, nie ulegają zmianie lub zmiany są odwracalne po ustaniu zakłócenia. Złożoność powiązań w obrębie wydzielonego terenu, które wpływają na wielkość odporności, praktycznie uniemożliwia precyzyjnie określenie progowej wartości parametrów otoczenia, które powodują trwałe zmiany w systemie. Z tego powodu pojęcie odporności z reguły dotyczy przedziału zmian parametrów, przy których są zachowane podstawowe funkcje i właściwości analizowanych jednostek. Dla ułatwienia oceny odporności wydzielonych obszarów tworzone są klasy typów zagospodarowania terenu, którym przypisuje się umowne wartości liczbowe.

Przy ocenie odporności terenu, oprócz aktualnego sposobu jego użytkowania, brane są także inne cechy po uwagę, np. status prawny wydzielonego obszaru. Na schemacie poniżej przedstawiono podstawowe charakterystyki obszaru, które należy uwzględnić przy ocenie odporności obszaru — ryc. 3.



**Ryc. 2.** Zagospodarowanie terenu na obszarze analizy  
**Fig. 2.** Land use within an area of the Environmental Impact Assessment (ERA)



Ryc. 3. Ocena odporności obszaru — istotne cechy środowiskowe  
 Fig. 3. Evaluation of selected area resistance — significant environmental characteristics

W zależności od uwzględnionych w analizie ryzyka komponentów środowiska oraz przyjętych kryteriów przypisuje się różną ilość punktów odporności dla każdego przestrzennego wydzielenia. Zatem każdemu polu w obrębie analizowanego obszaru przypisywana jest pewna umowna wartość odporności. Poniżej przedstawiono przykładową klasyfikację odporności dla komponentu, jakim jest krajobraz/przyroda, w której wykorzystano czterostopniową skalę oceny. Jeżeli w obrębie wydzielonych jednostek analizowanych jest kilka komponentów środowiska, to ostateczną wartością odporności jest, w zależności od przyjętej metody: średnia wartość odporności obliczona na podstawie poszczególnych stopni przyjętych dla komponentów, mediana lub też wartość maksymalna. Na ryc. 4 zostały zastosowane kryteria nawiązujące do walorów przyrodniczych wydzielonych jednostek.

Kryteria przedstawionej klasyfikacji zostały oparte na obowiązującym w Niemczech podziale terenów chronionych. W prezentowanym zestawieniu maksymalną ilość punktów przypisano terenom o małej odporności, natomiast obszary o dużej odporności otrzymały minimalną ilość punktów. Jednostki przestrzenne o dużych walorach przyrodniczych uznano za mało odporne na potencjalne negatywne oddziaływania, gdyż silnie rozbudowana sieć powiązań w obrębie ekosystemu może ulec drastycznej redukcji wskutek występowania organizmów o wąskiej amplitudzie ekologicznej (stenotopów). Stenotopy są bardzo wrażliwe na zmiany zachodzące w środowisku naturalnym, które powodują ich wypieranie z siedlisk przekształcanych przez człowieka. Z tego też powodu organizmy stenotopowe są wykorzystywane często jako bioindykatory.

Dobro chronione Protected good	Kryteria Criteria	Stopień Rank
Przyroda/ Krajobraz Nature/ Landscape	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tereny przyrody chronionej, parki narodowe Nature conservation areas, national parks</li> <li>Obszary należące do sieci Natura 2000, ważne tereny występowania ptaków Natura 2000 areas, important bird areas (IBA)</li> <li>Rezerваты, szczególnie chronione obszary leśne Nature reserves, special protected forest areas</li> </ul>	4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obszary chronione Konwencją Ramsarską, rezerваты biosfery Protected areas by Ramsar Convention, biosphere reserves</li> <li>Parki krajobrazowe, parki natury Landscape and nature parks</li> <li>Korytarze ekologiczne, tereny poddane programom ochrony Ecological corridors, nature conservation programs areas</li> </ul>	3
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pokrycie terenu według klasyfikacji Corine Land cover according to Corine classification</li> </ul>	1-3

Ryc. 4. Kryteria wrażliwości krajobrazu  
 Fig. 4. Landscape resistance criteria

### Sposoby wyznaczania siły oddziaływania inwestycji liniowych

Następnym etapem analizy jest określenie siły oddziaływania planowanego przedsięwzięcia. W przypadku inwestycji liniowych, takich jak rozbudowa/budowa dróg lub linii kolejowych, siłę oddziaływania można uzależnić od częstotliwości przejazdu pojazdów/składów, ilości pasów ruchu/torowisk, czy też udziału nasypów w konstrukcji drogi/linii kolejowej. Przykładowa klasyfikacja siły oddziaływania została pokazana na ryc. 5.

W metodyce Federalnego Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Mieszkalnictwa przy ocenie siły oddziaływania spowodowanej budową/rozbudową dróg szybkiego ruchu lub linii kolejowych, oprócz określenia przepustowości trasy wprowadzono dodatkowe kryteria: występowanie punktów konfliktowych oraz udział nasypów w ogólnej długości projektowanej trasy. Pod pojęciem punktu konfliktowego rozumie się miejsce przecięcia planowanej inwestycji liniowej z terenem o dużych walorach przyrodniczych. Liczba punktów konfliktowych informuje o fragmentaryzacji obszarów przyrodniczo cennych. Natomiast duży udział nasypów w planowanej inwestycji pogłębia rozczłonkowanie obszarów, przez które przebiega wyznaczona trasa. Nasypy stanowią fizyczną barierę, która utrudnia bądź wręcz uniemożliwia swobodną migrację drobnych ssaków, płazów i gadów. Brak wymiany genów w zamkniętych populacjach może doprowadzić do ich wymierania. Dodatkowym problemem w przypadku nasypów jest pozyskiwanie materiału do ich budowy. W dobie minimalizacji wykorzystania surowców pierwotnych budowa nasypów z gruntów naturalnych nie wydaje się być uzasadniona. Naturalne procesy glebotwórcze ulegają degradacji i dewastacji na skutek zmian warunków powietrzno-wodnych na obszarze zajęтым przez nasypy

### Macierzowa klasyfikacja ryzyka środowiskowego

Posługując się skwantyfikowaną wrażliwością środowiska oraz siłą oddziaływania można utworzyć dwuwymiarową macierz, która określa stopień zagrożenia wydzielonych jednostek na skutek planowej inwestycji. Określenie ryzyka środowiskowego odbywa się według schematu zaprezentowanego na ryc. 6.

Na ryc. 7 przedstawiono przykładową zbiorczą macierz określającą ryzyko środowiskowe dla obszarów, dla któ-

Siła oddziaływania Impact strength	Stopień Rank	Opis działalności Activity description
wysoka very high	5	<input type="checkbox"/> Budowa nowych autostrad/czteropasmowe drogi szybkiego ruchu o dużym udziale nasypów lub punktów konfliktowych <i>New highway/4 lane freeway building with great number of conflict points/embankments</i>
duża high	4	<input type="checkbox"/> Budowa nowych autostrad i czteropasmowych dróg szybkiego ruchu <i>New highway/4 lane freeway building</i> <input type="checkbox"/> Budowa nowych dróg o dużym udziale nasypów lub punktów konfliktowych o nasileniu ruchu >25000 pojazdów/dzień <i>New road building with great number of conflict points/embankments and traffic intensity &gt;25000 vehicles/day</i>
średnia middle	3	<input type="checkbox"/> Budowa nowych dróg o niewielkim udziale nasypów i punktów konfliktowych <i>New road building with small number of conflict points/embankments</i> <input type="checkbox"/> Rozbudowa autostrad: poszerzenie, o co najmniej 2 pasy ruchu, z dużym udziałem punktów konfliktowych lub nasypów <i>Highway extension: at least 2 lane broadening with great number of conflict points/embankments</i>
mała low	2	<input type="checkbox"/> Rozbudowa autostrad: poszerzenie, o co najmniej 2 pasy ruchu, z niewielkim udziałem punktów konfliktowych lub nasypów <i>Highway extension: at least 2 lane broadening with small number of conflict points/embankments</i> <input type="checkbox"/> Rozbudowa/poszerzenie dróg szybkiego ruchu <i>Freeway extension/broadening</i>
znikoma very low	1	<input type="checkbox"/> Rozbudowa drogi <10000 pojazdów/dzień <i>Road extension with traffic intensity &lt;10000 vehicles/day</i>



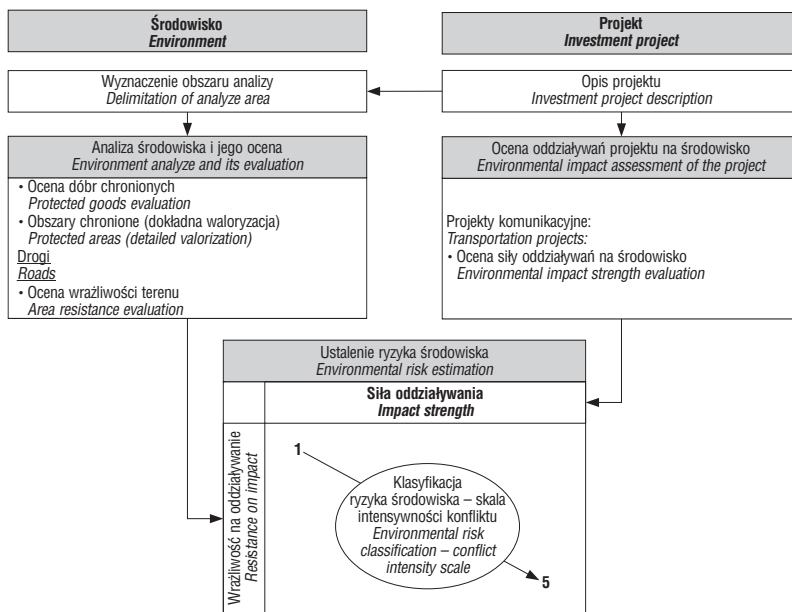
Ryc. 5. Klasyfikacja siły oddziaływania inwestycji liniowej w pięciostopniowej skali  
 Fig. Classification of linear investment environmental impact strength in a 5-degree scale

rych odporność na oddziaływanie planowanej inwestycji wyznaczono w czterostopniowej skali punktowej. Siła wpływu inwestycji została określona w pięciostopniowej skali punktowej.

Ostatnim etapem analizy ryzyka spowodowanego lokalizacją inwestycji negatywnie wpływającej na stan środowiska jest przedstawienie całościowej oceny dla wyznaczonego obszaru. W tym celu należy uwzględnić procentowy udział powierzchni, których stopień narażenia na oddziaływanie został określony na podstawie zbiorczej

macierzy kategoryzującej relacje odporność środowiska — siła oddziaływania inwestycji. Ocena ryzyka środowiskowego w obrębie obszaru analizy dokonuje się na podstawie odpowiednich dobranych proporcji powierzchni narażonych terenów. Jako przykład takiego zestawienia może służyć tabela przedstawiona na ryc. 8.

W zależności od potrzeb w końcowej części analizy ryzyka istnieje możliwość modyfikowania określonego stopnia zagrożenia. Do czynników korygujących wyznaczony stopień ryzyka należą m.in.: stwierdzone wielkoob-



Ryc. 6. Schemat przebiegu oceny ryzyka środowiskowego  
 Fig. 6. Environmental Risk Assessment (ERA) procedure diagram

Wrażliwość Resistance	Oddziaływanie Impact				
	Znikome Very low	Małe Low	Średnie Middle	Duże High	Bardzo duże Very high
Mała Low	1	1	1	2	3
Średnia Middle	1	2	3	3	4
Duża High	2	3	4	4	5
Wysoka Very high	3	4	5	5	5



Ryc. 7. Zbiorcza macierz relacji: odporności środowiska — siła oddziaływania inwestycji  
 Fig. 7. Collective matrix of a relationship: environmental resistance versus strength of the investment impact

Ogólny stopień ryzyka <i>General risk rank</i>	Jeśli analizowanemu obszarowi przypisano następujący stopień ryzyka, <i>If the risk rank as the attribute of analyzed area is as below,</i>	a jego procentowy udział w powierzchni terenu wynosi <i>and its percentage share in total analyzed area equals</i>
<b>1</b> nieistotny <i>very low</i>	1 (nieistotny <i>very low</i> ) 2 (mały <i>low</i> )	do 100% < 20%
<b>2</b> mały <i>low</i>	2 (mały <i>low</i> ) 3 (średni <i>middle</i> ) 4 (wysoki) lub wyższy ( <i>high</i> ) or higher	20 < 60% < 20% 0%
<b>3</b> średni <i>middle</i>	2 (mały <i>low</i> ) 3 (średni <i>middle</i> ) 4 (wysoki <i>high</i> ) 5 (bardzo wysoki <i>very high</i> )	> 60% 20 < 40% < 20% < 5% bez barier <i>without barriers</i>
<b>4</b> wysoki <i>high</i>	3 (średni <i>middle</i> ) 4 (wysoki <i>high</i> ) 5 (bardzo wysoki <i>very high</i> )	> 60% 20 < 40% 5 – 20% i/lub <i>and/or</i> < 500 m niemożliwych do omińnięcia przecięć z obszarami włączonymi do systemu Natura 2000 < 500 m <i>unfeasible to avoid intersections with Natura 2000 areas</i>
<b>5</b> bardzo wysoki <i>very high</i>	4 (wysoki <i>high</i> ) 4 i 5 5 (bardzo wysoki <i>very high</i> )	> 40% > 50% > 20% lub <i>or</i> > 500 m niemożliwych do omińnięcia przecięć z obszarami włączonymi do systemu Natura 2000 > 500 m <i>unfeasible to avoid intersections with Natura 2000 areas</i>

Ryc. 8. Całościowa ocena ryzyka środowiska  
Fig. 8. Integrated assessment of environmental risk (ERA)

szarowe oddziaływanie na środowisko, możliwość dodatkowych połączeń inwestycji liniowych (miejsca węzłowe), nakładanie się oddziaływań mających różne pochodzenie.

### Podsumowanie

Zaletą przedstawionej metody oceny stopnia ryzyka jest możliwość obiektywnego porównywania wariantów lokalizacyjnych/technicznych inwestycji, która może w negatywny sposób wpływać na środowisko. Od właściwego wyboru miejsca i technologii zależy minimalizacja oddziaływania na środowisko w fazie budowy i eksploatacji. Przy wykorzystaniu systemów informacji geograficznej (GIS) przedstawiona metoda umożliwia również ocenę zagrożenia środowiska spowodowanego pewnym typem inwestycji w ujęciu przestrzennym, np. wskazanie najbardziej narażonych terenów wokół dróg szybkiego ruchu w określonym województwie. Mankamentem zaprezentowanej metody jest niebezpieczeństwo pominięcia pewnych istotnych czynników wpływających na stan środowiska przy automatyzacji oceny ryzyka, co jest możliwe przy pełnym zastosowaniu możliwości GIS. Z tego powodu ważne jest, aby proces oceny był kontrolowany, a w szczególnych przypadkach uzasadnione jest wprowadzanie czynników korygujących.

Biorąc pod uwagę podobieństwo warunków naturalnych wynikające z położenia geograficznego wydaje się zasadne, aby bliżej przyjrzeć się niemieckim doświadczeniom i spróbować je zastosować na gruncie polskim.

Zobiektywizowanie oceny ryzyka środowiskowego związanego z inwestycjami liniowymi na etapie ich planowania powinno wpłynąć na klarowny wybór takich wariantów, które w minimalnym stopniu wpływają na środowisko. Jednocześnie jasne kryteria oceny ryzyka oraz przejrzysta metodyka analizy mogą stać się kartą przetargową dla inwestora podczas konsultacji społecznych.

### Literatura

- Bundesministerium Für Verkehr, Bau- Und Wohnungswesen, 2001 — Überarbeitung des Bundesverkehrswegeplanes — Umweltrisikoeinschätzung (URE) '92, Hannover.
- Environmental Resources Limited, 1981 — Methodologies, scoping and guidelines — conclusion and recommendations. London.
- Environmental Resources Limited, 1984 — Prediction in Environmental Impact Assessment — a summary report of a research project to identify methods of prediction for use in EIA. London
- GDDP, 1998 — Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych, Warszawa.
- HOPPENSTEDT A. 2002 — Straßenbau: Umweltverträglichkeitsstudie zur Ortsumfahrung Arolsen. Landschaftsplanung in der Praxis, Verlag Eugen Ulmer.
- KNOSPE F. 1998 — Handbuch zur argumentativen Bewertung, Dortmund: Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- RICHLING A. & SOLON J. 1998 — Ekologia krajobrazu, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- SCHOLLES F. 1997 — Abschätzen, Einschätzen und Bewerten in der UVP, Dortmund: Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- Ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dn. 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U.01.62.627) wraz z późniejszymi zmianami.
- Vejdirektoratet, 2002 — Motorvej Herning-Arhus ved Silkeborg, Rapport nr 254.