

ZESZYTY NAUKOWE NR 9(81)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINE

INLAND SHIPPING 2005

Bogusz Wiśnicki

**Zastosowanie narzędzi informatycznych w planowaniu
lokalizacji rzecznych centrów dystrybucyjnych**

Słowa kluczowe: centrum logistyczne, modelowanie, porty rzeczne

Narzędzia informatyczne pozwalają na efektywne wyznaczenie lokalizacji rzecznych centrów dystrybucyjnych. Na przykładzie dystrybucji nawozów produkowanych przez Zakłady Chemiczne Police pokazano możliwości, jakie daje w tym względzie specjalistyczny program służący do analizy przestrzennej oraz inne programy użytkowe. Biorąc pod uwagę szereg kryteriów i ograniczeń wyznaczono trzy porty rzeczne, które mogą stanowić centra dystrybucyjne nawozów.

**Use of IT Tools in Designing the Layout
of River Distribution Centers**

Key words: logistics center, modeling, river harbors

IT tools allow for defining the location of river distribution centers effectively. Fertilizer's distribution in Zakłady Chemiczne Police, their manufacturer, appears to be an example presenting the capability of a specialist program for spatial analysis as well as other functional programs. Taking into account several different criteria and limitations, three river ports functioning as distribution centers have been pointed out.

Wstęp

Dane statystyczne pokazują, jak ogromny dystans dzieli Polskę od innych krajów Unii Europejskiej pod względem wykorzystania śródlądowych dróg wodnych. Od początku lat 90. przewozy towarów żeglugą śródlądową w Polsce utrzymują się na poziomie ok. 0,60% w stosunku do przewozów ogółem [1]. W tym samym okresie średni udział przewozów żeglugą śródlądową w Europie wyniósł 7,00% [2]. Polityka transportowa Unii Europejskiej zmierza do stopniowego zwiększania tego udziału kosztem innych mniej ekologicznych gałęzi transportu. Unijna pomoc finansowa na rzecz rozwoju przewozów rzecznych stanie się udziałem także Polski. W perspektywie kilku lat można założyć dynamiczny rozwój przewozów towarowych polskimi drogami śródlądowymi.

Uruchomienie połączeń drogami śródlądowymi wymaga przede wszystkim regulacji rzek i przystosowania ich dla potrzeb żeglugi. Następnie, konieczne jest znalezienie odpowiedniej masy ładunkowej, która mogłaby być obsługiwana statkami żeglugi śródlądowej. Wreszcie, należy zbudować infrastrukturę portową, która odpowiadałaby wymaganiom zarówno ładunków, jak i środków transportu wodnego i lądowego. Porty rzeczne bardzo często budowane są do obsługi określonego ładunku lub grupy ładunków, które mają być w nich przeładowywane. Rzadko kiedy mamy do czynienia z portami uniwersalnymi typu otwartego, które współpracują z dużą liczbą klientów. Częściej są to porty zakładowe, które obsługują ciągi ładunkowe w zaopatrzeniu i dystrybucji towarów jednego zakładu przemysłowego.

Przykładem portu zakładowego jest port barkowy w Policach. Obsługuje on barki przywożące surowce na potrzeby produkcji leżących w pobliżu Zakładów Chemicznych Police. Choć port barkowy od 2005 roku stanowi część Portu Morskiego w Policach, spółki autonomicznej, w której udziały ma gmina Police, to nie zmieniło to struktury jego przeładunków. Port ten pozostaje i w przyszłości będzie ściśle powiązany z obsługą ładunków przewożonych do i z Zakładów Chemicznych Police. Przyszły rozwój żeglugi śródlądowej w Polsce można wiązać m.in. ze wzrostem przeładunków portu barkowego w Policach. Najatrakcyjniejszym z tego punktu widzenia ładunkiem są nawozy, których duża ilość przewożona jest obecnie do odbiorców krajowych środkami transportu drogowego i kolejowego.

Można przewidzieć, że w przyszłości duża część nawozów będzie obsługiwana barkami na zasadzie kombinowanych połączeń rzeczno-drogowych. Już dziś zatem warto się zastanowić, gdzie powinny być położone porty rzeczne, które obsługiwałyby barki z Polic. Porty te powinny być jednocześnie regionalnymi centrami dystrybucyjnymi, w których nawozy byłyby magazynowane i rozsyłane do lokalnych odbiorców. Bardzo pomocne

w planowaniu położenia rzecznych centrów dystrybucyjnych mogą być specjalistyczne narzędzia informatyczne.

Odwzorowanie graficzne odbiorców

Wyjściową informacją niezbędną do planowania lokalizacji centrów dystrybucyjnych jest baza danych sklepów i hurtowni odbierających nawozy z Polic. Baza ta powinna zawierać dla każdego odbiorcy nazwę miejscowości, najlepiej z kodem pocztowym w celu rozróżnienia powtarzających się nazw miejscowości oraz masę ładunkową wysyланą rocznie do tego odbiorcy. Dobrą praktyką jest uśrednianie masy ładunkowej wysyłanej do każdego z odbiorców, biorąc pod uwagę ostatnie trzy lata. Zakłady Chemiczne Police współpracowały w latach 2002 – 2004 ze 135 odbiorcami nawozów, rozrzuconymi równomiernie po całej Polsce. Średnioroczne przewozy kształtowały się na poziomie 640 tys. ton, przy bardzo dużej dysproporcji wysyłanej do poszczególnych odbiorców masy ładunkowej¹. Całość przewozów nawozów była realizowana transportem kolejowym i drogowym.

Aby możliwe było znalezienie środków ciężenia dla wybranej liczby odbiorców nawozów, niezbędne jest przedstawienie graficzne położenia odbiorców. W przypadku tak dużego obszaru, jakim jest Polska należy zastosować odwzorowanie kartograficzne, przekształcając współrzędne geograficzne każdej miejscowości na wartości x i y określających położenie na układzie współrzędnych. Jednym z prostszych odwzorowań jest odwzorowanie walcowe równoodległościowe. Charakteryzuje się tym, że punkty o równej odległości od równika na kuli ziemskiej są w równej odległości od równika na mapie. Zależnie od wybranych proporcji minimalizuje się deformacje odwzorowania dla określonej szerokości geograficznej. Dla Polski szerokością geograficzną odniesienia powinna być szerokość 52° . Wartości współrzędnych x i y w odwzorowaniu walcowym równoodległościowym obszaru Polski obliczamy za pomocą wzoru (1).

$$\begin{aligned}x &= a \cdot \cos 52^\circ \cdot (\lambda - 19^\circ) \\y &= a \cdot \varphi\end{aligned}\tag{1}$$

gdzie:

- a – stała skalowania mapy (przyjęto $a = 10$),
- λ – długość geograficzna,
- φ – szerokość geograficzna.

¹ Źródłem danych dotyczących dystrybucji nawozów są Zakłady Chemiczne Police.

W efekcie przyporządkowania każdej miejscowości, która znajduje się w bazie danych odbiorców nawozów, wartości x i y oraz wagi w , równej masie ładunkowej, która jest dowożona do tej miejscowości, otrzymujemy trzykolumnowe zestawienie tabelaryczne. Ponieważ w kilku miejscowościach znajduje się dwóch odbiorców, waga każdej z tych miejscowości powinna być sumą wag obu odbiorców.

Zestawienie tabelaryczne odbiorców nawozów
Fertilizers receivers

Miejscowość	X	y	w
Banie	-26,7078346	530,983	1222
Bartoszyce gmina	11,1509427	542,55	1156
Będzino	-18,563355	542,075	837
Białobrzegi	12,0147698	516,48	1128
Bielsk	4,9428396	526,722	456
Bierutów	-8,9842944	511,289	1281
Bierutów	-8,9842944	511,289	11785
Biłgoraj miasto	22,9520646	505,397	2556
Brodnica miasto	2,4800396	532,6	1165
Brześć Kujawski	-0,6261669	526,064	1697
...

Źródło: opracowanie własne.
Source: author's own research.

Zestawienie w tabeli 1 jest zrozumiałe dzięki językom programowania programów graficznych wykorzystujących odwzorowanie wektorowe. Jednym z tego typu specjalistycznych programów jest SAU (Spatial Analysis Utilities), który powstał na Uniwersytecie w Sienie i był tam wykorzystywany do badań archeologicznych². Graficznym odzwierciedleniem zestawienia numerycznego jest zbiór punktów umieszczonych w dwuwymiarowym układzie współrzędnych, z których każdy ma przypisaną określoną wagę w .

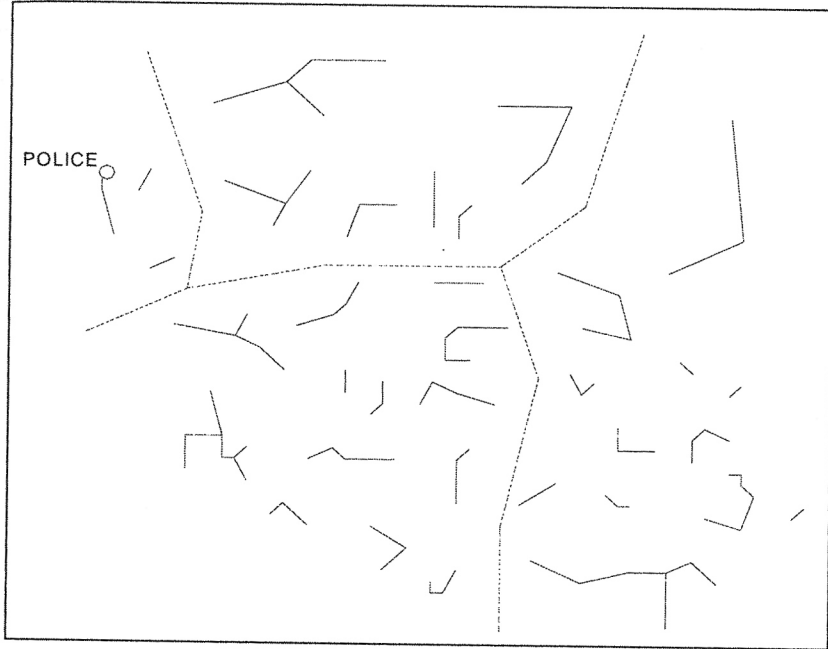
Wyznaczanie optymalnych lokalizacji centrów dystrybucyjnych

Program SAU oferuje szereg modułów służących analizie przestrzennej zbioru punktów, który uzyskaliśmy dzięki odwzorowaniu graficznemu odbiorców nawozów. Modułem, który pozwoli na podział zbioru na kilka mniejszych jest moduł o nazwie „najbliższy sąsiad”³. Pozwala on na przyporządkowanie każdemu z punktów drugiego punktu najbliższej

² Program jest programem darmowym i ogólnie dostępnym na stronie internetowej Wydziału Archeologii i Historii Sztuki Uniwersytetu w Sienie [4].

³ Ponieważ program SAU nie posiada wersji polskojęzycznej, nazwy modułów są tłumaczeniami autora z języka angielskiego.

punktowi położonego. Każda para tak dobranych punktów może być połączona odcinkiem. Dodatkowo możliwe jest przyporządkowanie każdemu punktowi drugiego i trzeciego w kolejności najbliższego sąsiada oraz zobrazowanie odcinkami połączeń między nimi.



Rys. 1. Wyznaczanie linii podziału pomiędzy obszarami ciężenia

Fig.1. Partition lines between gravity areas

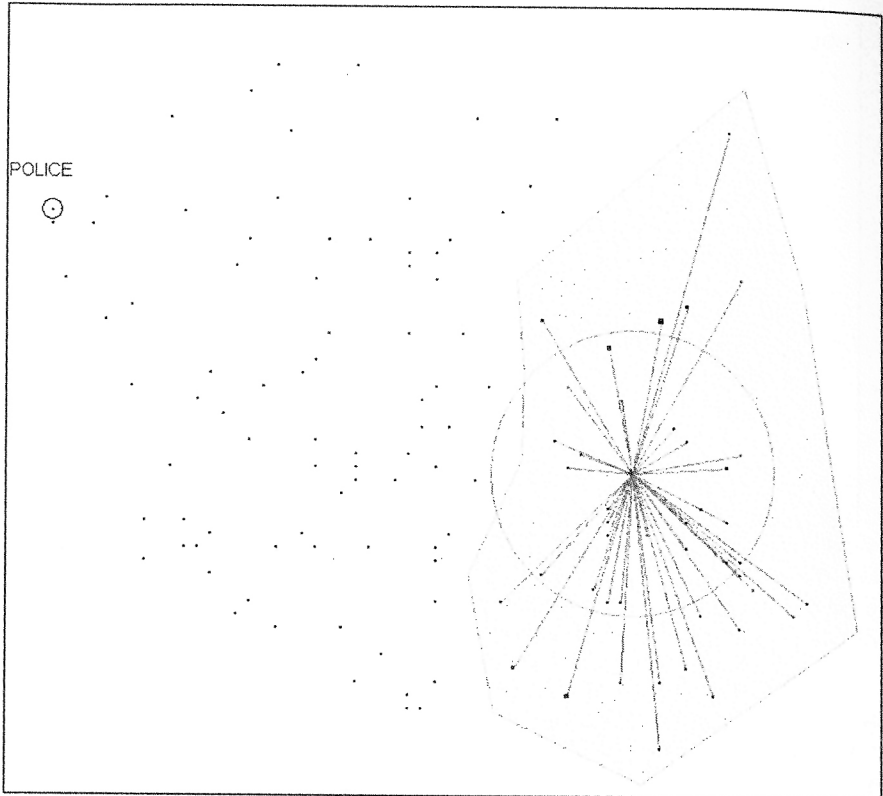
Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own research.

Analiza wzajemnego położenia punktów za pomocą omawianego modułu pozwala na wyznaczenie linii podziału pomiędzy podzbiórami powstałymi z podziału wyjściowego dużego zbioru punktów, odzwierciedlającego wszystkich odbiorców nawozu. Przyjęto założenie, że należy wyznaczyć maksymalnie cztery podzbiory, z których jeden stanowić będzie obszar wokół Polic o promieniu maksymalnie 150 km. Założenie takie wynika z faktu, że odbiorcy położeni w pobliżu zakładów chemicznych będą w całości obsługiwani za pomocą dowozów samochodowych. Odległość 150 km uznawana jest w polityce transportowej Unii Europejskiej za maksymalną odległość dowozowo-odwozową dla transportu samochodowego w przewozach kombinowanych. Ograniczenie do trzech liczby pozostałych podzbiorów wynika z tego, że dzielenie masy ładunkowej równej ok. 640 tys. ton na więcej

niż cztery masy składowe generuje zbyt małą ilość z punktu widzenia opłacalności dystrybucji. Należy dążyć również, aby pozostałe trzy, poza polickim, podzbiory pozwalały na dowozy i odwozy od swoich środków ciężenia na maksymalne odległości mniejsze od 150 km.

Efekt analizy układu punktów z użyciem modułu „najbliższy sąsiad” pozwolił na wyznaczenie czterech podzbiorów spełniających przyjęte założenia. Na rysunku 1 widoczne są linie podziału między tymi podziorami będącymi obszarami ciężenia odbiorców nawozów.



Rys. 2. Wyznaczanie środka ciężkości wschodniego obszaru ciężenia

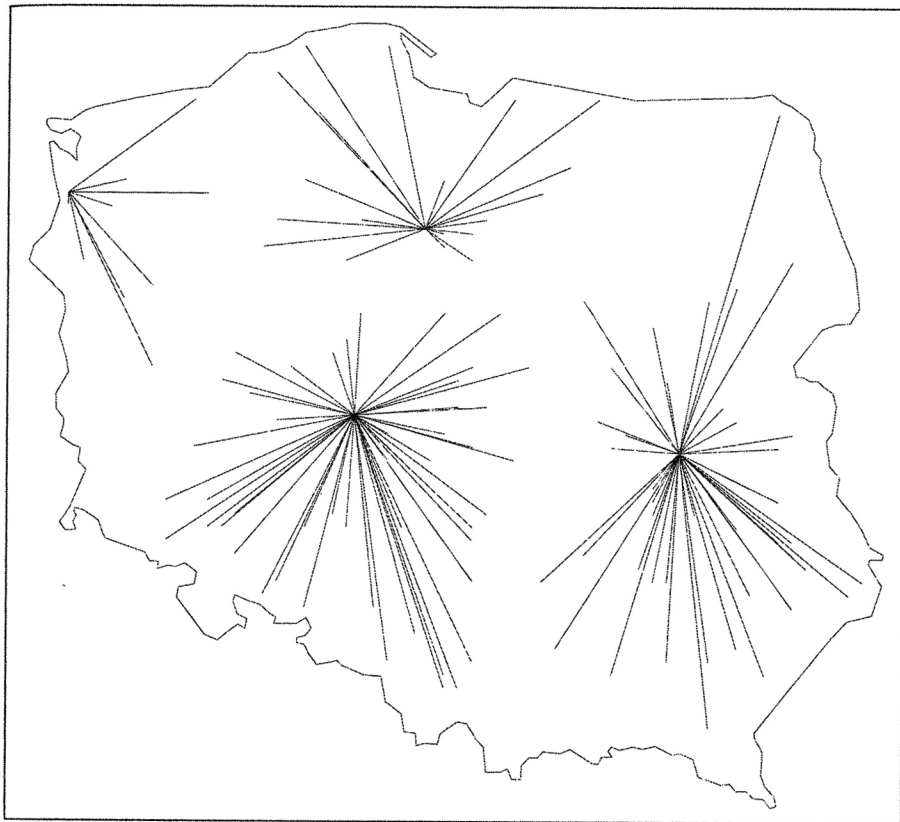
Fig 2. Determining the gravity center of eastern gravity area

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own research.

Znając granice podzbiorów można przystąpić do wyznaczenia środków ciężenia. Użyteczny w tym względzie jest moduł „środek ciężkości” programu SAU, który wyznacza średnie ważone wartości x i y z określonego podzioru punktów oraz pozwala na ich dalszą przestrzenną analizę. Dla trzech:

północnego, wschodniego i centralnego, obszarów ciężenia wyznaczono środki ciężkości (rys. 2, rys. 3). Punkty stanowią optymalne lokalizacje centrów dystrybucyjnych dla odbiorców nawozów. Obliczenia z użyciem modułu „środek ciężkości” pokazują, że średnia odległość dowozu nawozów z wyznaczonych punktów wynosi dla obszaru północnego 82 km, wschodniego 107 km i centralnego 106 km. Na rysunku 2 średnia odległość dla obszaru wschodniego zaznaczona jest okręgiem o środku w punkcie środka ciężkości. Niekorzystne jest to, że istnieją odbiorcy, do których odległość dowozu przekracza 150 km, w skrajnym przypadku dla obszaru wschodniego jest ona równa nawet 270 km, lecz stanowią oni margines wszystkich odbiorców nawozów.

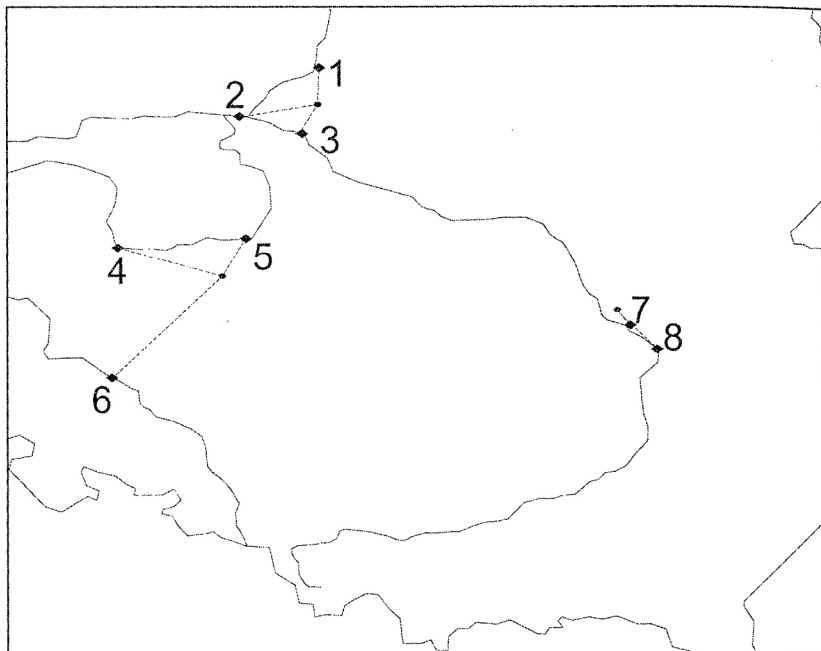


Rys. 3. Obszary ciężenia wpisane w granice kraju
Fig. 3. Gravity areas inscribed within the state borders

Źródło: Opracowanie własne.
Source: author's own research

Wyznaczanie rzecznych centrów dystrybucji

Określenie lokalizacji portów rzecznych, które powinny pełnić rolę centrów dystrybucji nawozów wymaga porównania lokalizacji trzech wyznaczonych wcześniej środków ciężkości z przebiegiem dróg wodnych w Polsce. Najlepszym narzędziem do tego celu może być dowolny program graficzny typu CAD. Do analizy dystrybucji nawozów zastosowano popularny program AutoCAD. Na obraz wektorowy odzwierciedlający granice Polski wraz z siecią najważniejszych dróg wodnych naniesiono pozycje trzech środków ciężkości (rys. 3). Następnie naniesiono pozycje ośmiu istniejących portów rzecznych znajdujących się w bezpośrednim pobliżu środków ciężkości. Dalsza analiza sprowadza się do wytypowania trzech portów, które najlepiej będą spełniały zadania związane z dystrybucją nawozów.



Rys. 4. Położenie środków ciężkości obszarów ciężenia względem dróg wodnych: 1 – Grudziądz, 2 – Bydgoszcz, 3 – Toruń, 4 – Śrem, 5 – Konin, 6 – Wrocław, 7 – Dęblin, 8 – Puławy

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 4. Situation of gravity centers of gravity areas in relation to waterways

Source: author's own research.

Przy wyborze należy brać pod uwagę możliwość budowy portowej infrastruktury przeładunkowo-składowej, dostępność dróg międzynarodowych i krajowych od strony lądu i dostępność nawigacyjną od strony wody. Dla obszaru północnego wybór jest pomiędzy trzema portami: Grudziądzem, Toruniem na Wiśle i Bydgoszczą położoną u ujścia Brdy do Wisły. Najlepszym rozwiązaniem jest port w Bydgoszczy, w szczególności nabrzeża w dzielnicy Fordon leżące nad Wisłą. Dostępna tam jest niewykorzystana infrastruktura portowa, którą można byłoby zmodernizować dla potrzeb centrum dystrybucyjnego. Bydgoszcz ma dobre połączenia drogowe we wszystkich kierunkach geograficznych, a w bezpośrednim pobliżu omawianego nabrzeża istnieje przeprawa mostowa przez Wisłę.

Środek ciężkości obszaru wschodniego jest zlokalizowany ok. 10 km od portu na Wiśle w Dęblinie. Nie jest to jednak nawigacyjnie dogodny port i lepszym rozwiązaniem jest usytuowanie centrum dystrybucji w położonych 20 km w górę rzeki Puławach. Puławy oferują całkowicie niewykorzystaną infrastrukturę przeładunkową, która kiedyś była zużytkowana na potrzeby Przedsiębiorstw Budownictwa Wodnego w Puławach. Port ten ma dobre połączenia drogowe z lewobrzeżną i prawobrzeżną częścią Wisły. Poważnym ograniczeniem lokalizacji centrum dystrybucyjnego w Puławach jest to że, w Puławach zlokalizowane są duże zakłady chemiczne, które w dużej mierze stanowią konkurencję na rynku produktów chemicznych w Polsce. Dodatkowo, niekorzystny jest fakt, że rzeka Wisła w swoim górnym biegu powyżej Warszawy nie jest przystosowana do żeglugi towarowej i nie istnieją obecnie żadne plany przystosowania jej do tej funkcji.

Obszar centralny ma swój środek ciężkości 30 km na północny wschód od Kalisza. Można zatem brać pod uwagę trzy lokalizacje rzecznych centrów dystrybucyjnych: Śrem i Konin na Warcie i Wrocław na Odrze. Odległości środka ciężkości od poszczególnych portów w linii prostej wynoszą odpowiednio: 68 km, 45 km i 104 km⁴. Wrocław choć najlepszy, z punktu widzenia infrastruktury portowej i dostępności dróg lądowych, jest położony zbyt daleko od środka ciężkości. A ponieważ za Koninem przemawia dobra komunikacja, ten port powinien być uznany za najlepszą lokalizację centrum dystrybucji nawozów.

Wnioski

W wyniku analizy z użyciem narzędzi informatycznych wyznaczono trzy lokalizacje rzecznych centrów dystrybucyjnych nawozów pracujących na potrzeby Zakładów Chemicznych Police. Porty w Bydgoszczy, Puławach

⁴ Odległości obliczono na podstawie kalkulatora odległości dostępnego na stronie internetowej <http://www.pilot.pl>.

i Koninie spełniają wymagania lokalizacyjne i dysponują odpowiednimi rezerwami terenowymi pod zabudowę centrum. Obecnie porty te są niedostępne z punktu widzenia regularnej żeglugi trasowej do i z Polic. Regulacja rzek, a przez to dróg wodnych, pozwoli na realizację tego typu przewozów. Przerzucenie znacznej ilości nawozów na barki będzie korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska i ekonomicznie efektywne. Nawet bez uwzględniania kosztów zewnętrznych transport śródlądowy jest tańszy w porównaniu z transportem kolejowym.

Przy logistycznym planowaniu dystrybucji nawozów warto rozważyć ich „workowanie”, a następnie formowanie w zbiorcze jednostki ładunkowe, jakimi są big-bagi i palety na terenie Zakładów Chemicznych Police. Tego typu jednostki pozwalają na szybki załadunek i rozładunek przy przewozie barkami. W centrach dystrybucyjnych jednostki zbiorcze mogłyby być rozformowywane i sklepy, i hurtownie mogłyby zaopatrywać się w mniejsze ilości nawozów pakowanych w pojedyncze worki. Takie rozwiązanie wyeliminowałoby konieczność wyposażania centrów dystrybucyjnych w kosztowne urządzenia do „workowania” nawozów.

Literatura

1. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej*, GUS, Warszawa 1992-2004.
2. Woś K. *Kierunki aktywizacji działalności żeglugi śródlądowej w rejonie ujścia Odry w warunkach integracji Polski z Unią Europejską*, Oficyna Wydawnicza „Sadyba”, Warszawa, 2005.
3. <http://www.pilot.pl>
4. <http://www.archeogr.unisi.it/infapp/sau>

Wpłynęło do redakcji w grudniu 2005 r.

Recenzent

prof. dr hab. inż. Jan Kulczyk

Adres autora

dr inż. Bogusz Wiśnicki
Instytut Inżynierii Transportu
Zakład Technologii Transportu Zintegrowanego
Akademia Morska
ul. Henryka Pobożnego 11,
70-507 Szczecin
tel. (091) 4809 642
e-mail: bogusz@am.szczecin.pl