

**JACEK MALASEK**

dr inż., Instytut Badawczy Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa, tel. +48 22 390 02 02, e-mail: jmalasek@ibdim.edu.pl

## Wpływ współdzielenia samochodu, zamiast jego posiadania, na funkcjonowanie miasta<sup>1</sup>

**Streszczenie:** Nowe technologie w dziedzinie łączności, cyfryzacji i automatyzacji umożliwiają obecnie rozwój usług związanych ze współdzieleniem pojazdów, organizowanych przez miasta lub firmy komercyjne. Trwa testowanie systemów *carsharingu* elektrycznych pojazdów autonomicznych i minibusów na wezwanie (*ridesharing*) – ułatwiających w szczególności mobilność osobom niepełnosprawnym. Wraz z rozwojem systemów mobilności współdzielonej i smartfonowych aplikacji dla *carsharingu* powstają nowe modele biznesowe obsługi miejskich przewozów pasażerskich. Sukcesy operatorów *carsharingu* i *ridesharingu* skłaniają do szczegółowych analiz skutków współdzielenia pojazdów autonomicznych w koegzystencji z, jeszcze długo dominującymi w ruchu miejskim, samochodami tradycyjnymi. Bardzo obiecujące wyniki scenariuszy modelowych doprowadziły do podjęcia prób pogłębionej symulacji wpływu wdrożenia współdzielenia pojazdów na funkcjonowanie systemu transportu w dużych miastach europejskich: Lizbonie i Helsinkach. W wyniku zastąpienia samochodów prywatnych transportem współdzielonym w aglomeracji lizbońskiej ogólna liczba pojazdokilometrów w godzinach szczytu zmniejsza się, w porównaniu ze stanem obecnym, o 55%, a emisja CO<sub>2</sub> o 62%, przy jednoczesnej redukcji niezbędnej powierzchni parkingowej aż o 95%. Podobne rezultaty odnotowano również w Helsinkach.

**Słowa kluczowe:** współdzielenie pojazdów, *carsharing*, urbanistyka, technologie innowacyjne.

### Wprowadzenie

Problem z posiadaniem na własność samochodu polega na tym, że w zdecydowanej większości przypadków nie korzystamy z niego w sposób, który uzasadniałby generowane przez niego koszty społeczne. W ruchu miejskim 10 samochodów przewozi zaledwie 12 osób. Samochód, będąc w ruchu rzadko powyżej dwóch godzin dziennie, wymaga zazwyczaj zapewnienia mu co najmniej dwóch miejsc parkingowych – przy domu i w rejonie miejsca pracy. Do kosztów społecznych związanych z zajętością cennej przestrzeni miejskiej należy dodać skażenie środowiska emitowanymi spalinami i hałasem oraz koszty wynikające z niezdrowego trybu życia. Niskie koszty zakupu używanego pojazdu i relatywnie tania eksploatacja zachęcają do korzystania z samochodu, nawet przy pokonywaniu odległości akceptowalnych przez pieszych czy rowerzystów.

Obniżeniu wskaźnika motoryzacji w miastach sprzyja zjawisko coraz częstszego wykorzystywania samochodów prywatnych do realizacji przewozu osób, szczególnie popularne w Wielkiej Brytanii. Ostatni raport nt. trendów w za-

spokajaniu potrzeb komunikacyjnych mieszkańców miast brytyjskich [1] podkreśla podwojenie się w Londynie w ciągu ostatnich dziesięciu lat liczby samochodów prywatnych pełniących rolę taksówki (PHV – Private Hire Vehicles). Ponieważ od stycznia 2018 roku prywatny pojazd wykorzystywany do przewozu osób na terenie Londynu musi spełniać kryteria Euro6 (Euro4 w przypadku hybrydy), wpływa to na poprawę jakości powietrza w mieście. Obecnie w Londynie jeden – funkcjonujący na zasadzie Ubera – PHV przypada już na 100 mieszkańców. Jednocześnie od roku 2008 odnotowano wzrost o 44% liczby osób korzystających z tramwajów i kolei podmiejskiej, przy spadku pasażerów autobusów o 11%.



Fot. 1. W Londynie zamawiany telefonicznie PHV musi być oznakowany na drzwiach nazwą firmy i numerem kontaktowym.

Źródło: [1]

Nowe technologie w dziedzinie łączności, cyfryzacji i automatyzacji umożliwiają obecnie rozwój usług związanych ze współdzieleniem pojazdów w ramach *carsharingu* organizowanego przez miasta lub firmy komercyjne. Nie dbając o tankowanie, czystość pojazdu czy jego ubezpieczenie, możemy korzystać z samochodu wynajmowanego na minuty za pomocą aplikacji na smartfon. Trwa testowanie systemów *carsharingu* elektrycznych pojazdów autonomicznych, które podjeżdżają pod dom zamawiającego i dostarczają go do celu podróży, nie zatruwając powietrza i nie zajmując na dłużej miejsca postojowego. Na terenach o niskiej gęstości zabudowy dobrze sprawdzają się minibusy na wezwanie (*ridesharing*), zwiększające w szczególności mobilność osób niepełnosprawnych.

Wraz z rozwojem systemów mobilności współdzielonej i smartfonowych aplikacji dla *carsharingu* powstają nowe

<sup>1</sup> ©Transport Miejski i Regionalny, 2018.



Fot. 2. Autonomiczny *ridesharing* GATEway, testowany od dwóch lat w Greenwich.

Źródło: [2]

modele biznesowe obsługi miejskich przewozów pasażerskich. Eksperti firmy consultingowej Frost & Sullivan przewidują, że wartość światowego rynku autonomicznej mobilności wyniesie w 2023 roku 173 mld USD, z czego 65,3% stanowić będą usługi z zakresu *ridesharingu*. Już w końcu roku 2018 możliwe jest dopuszczenie w niektórych krajach do ruchu na autostradach pojazdów o poziomie automatyzacji 3 i testowanie (w ściśle ograniczonych uwarunkowaniach) pojazdów autonomicznych poziomu 4. Za główną przeszkodę utrudniającą szybsze wdrażanie innowacji technologicznych w dziedzinie cyberbezpieczeństwa, inteligentnego zarządzania flotą pojazdów, sterowania pojazdem z wykorzystaniem sztucznej inteligencji i systemów monitoringu zachowań kierowców, uważa się brak lub niejasność uregulowań prawnych [3].

### Modelowanie *carsharingu* pojazdów autonomicznych

Sukcesy operatorów *carsharingu* na świecie [4], jak i raczkujących dopiero systemów uruchamianych obecnie w Polsce [5], skłaniają do zrobienia kolejnego kroku w kierunku analizy skutków współdzielenia pojazdów autonomicznych, w koegzystencji z samochodami tradycyjnymi, które jeszcze długo będą dominować w ruchu miejskim. Poniżej przedstawiono wyniki pięciu spośród wielu wykonanych analiz wpływu rozwoju *carsharingu* pojazdów autonomicznych na zmianę zachowań komunikacyjnych użytkowników.

Scenariusz testowy dla miasta wielkości Austin w stanie Texas (200 tysięcy mieszkańców na obszarze 770 km<sup>2</sup>) zakłada, że tylko 3,5% podróży będzie realizowanych przez współdzielone pojazdy autonomiczne (SAV – Shared Autonomous Vehicles). Reszta podróży będzie dokonywana samochodami konwencjonalnymi prowadzonymi przez kierowców. Każdy SAV jest benzynowym sedanem. Po obsłudze pasażerów (bez zatrzymywania się w celu zabrania kolejnej osoby) SAV jedzie na kolejne wezwanie lub, w przypadku braku chętnych, zajmuje miejsce na najbliższym tanim parkingu (6). Wyniki przeprowadzonego modelowania funkcjonowania systemu są następujące:

- każdy SAV obsługuje 31–41 osób dziennie, przy średnim czasie oczekiwania 20 sekund;

- każdy SAV zastępuje 12 samochodów konwencjonalnych i obniża liczbę koniecznych miejsc parkingowych w mieście o 11;
- całkowita długość podróży wzrasta o 11%, co wynika z konieczności dojeżdżania do kolejnych zgłoszeń;
- emisja gazów cieplarnianych spadła o 5,6%, CO<sub>2</sub> o 34%, a smogu fotochemicznego VOC o 49%;
- korzyści środowiskowe będą większe, jeśli uwzględnimy fakt, że mocno eksploatowane SAV będą częściej wymieniane na nowe pojazdy, z zasady niskoemisyjne. Radykalną poprawę zapewniłaby flota SAV złożona z pojazdów elektrycznych.

W Singapurze (5,6 mln mieszkańców na obszarze 720 km<sup>2</sup>) przeprowadzono symulację zastąpienia wszystkich samochodów prywatnych przez SAV-y [7]. Wnioski z zastosowania *carsharingu*, w mieście o gęstości zaludnienia wielokrotnie wyższej niż miało to miejsce w przypadku Austin, są następujące:

- dla zapewnienia mobilności na poziomie obecnej, obsługiwanej przez pojazdy konwencjonalne, wystarczy trzykrotnie mniej pojazdów SAV;
- poprawia się bezpieczeństwo i płynność ruchu;
- niezbędna liczba miejsc parkingowych obniży się radykalnie, a koszty obsługi podróży będą niższe;
- *carsharing* obsługiwany przez SAV-y jest tańszy o prawie 50% niż w przypadku korzystania z pojazdów z kierowcą.



Fot. 3. Pierwsze na świecie w pełni autonomiczne taksówki testowane są na ulicach Singapuru już od 2016 r.

Źródło: [7]

Dla New Jersey (9 mln mieszkańców na obszarze 22,6 tysięcy km<sup>2</sup>) przeprowadzono symulację realizacji wszystkich dotychczasowych podróży autonomicznymi taksówkami ATaxi [8]. Dostępne na postojach ATaxi wiozą pasażerów do postoju zlokalizowanego najbliżej ich celu podróży. Podczas jazdy, w miarę wolnych miejsc, taksówka może zabierać dodatkowych pasażerów jadących w kierunku zbliżonym do wyznaczonego przez pierwszego użytkownika. Wnioski:

- analiza przeprowadzona na bazie aktualnej więzby ruchu wykazała opłacalność systemu ATaxi;
- efektywność systemu wzrasta wraz z dopuszczaniem większej dewiacji od kierunku jazdy wyznaczonego przez pierwszego pasażera i przy założeniu dłuższego czasu oczekiwania na postoju, w celu zabrania kolejnego pasażera jadącego w podobnym kierunku;



- wykorzystanie ATaxi wzrasta w godzinach szczytu i przy podróżach w rejon dużych generatorów ruchu, np. do stacji kolejowej;
- system ATaxi ogranicza kongestię i zanieczyszczanie powietrza emisjami transportowymi.

W Nowym Jorku (8,6 mln mieszkańców na obszarze 1200 km<sup>2</sup>) przeprowadzono symulację optymalizacji korzystania z taksówek miejskich na zatłoczonych ulicach poprzez wprowadzenie *ridesharingu* [9]. Analizę potencjału, wynikającego z jazdy w tym samym czasie wielu pasażerów w przybliżeniu z punktu A do punktu B, przeprowadzono na bazie danych 150 mln podróży realizowanych 13 tysiącami taksówek w ciągu ostatniego roku. Przyjęto założenie, że współdzielenie taksówki nie może przedłużyć żadnej z analizowanych podróży o więcej niż 5 minut. Ustalono co następuje:

- taksówki „zbiorowe” (*collective/shared taxi*) powodują spadek kilometrażu nowojorskich taksówek o 40%;
- system współdzielenia taksówek ogranicza kongestię i emisje oraz obniża koszty obsługi pasażerów, co w konsekwencji oznacza niższe opłaty za przejazd;
- niższe opłaty mogą spowodować częstsze korzystanie z taksówek.



Fot. 4. Nowojorska ulica zatłoczona żółtymi taksówkami.  
Źródło: [9]

Ostatnia symulacja dotyczy uruchomienia flot współdzielonych samochodów autonomicznych w trzech znacznie różniących się od siebie środowiskach: w średniej wielkości mieście Ann Arbor (120 tysięcy mieszkańców i 72 km<sup>2</sup>) w stanie Michigan, na rzadko zaludnionym obszarze Babcock Ranch (obecnie 5 tysięcy mieszkańców i 69 km<sup>2</sup>) na Florydzie i na Manhattanie (1665 tysięcy mieszkańców i 59 km<sup>2</sup>) w Nowym Jorku [10].

Analizy efektywności systemów SAV dla każdego z trzech obszarów przeprowadzone zostały przy przyjęciu następujących założeń: wykorzystano, pochodzące z badania ruchu, dane odnośnie częstości podróży, ich odległości i średniej prędkości, a pojazdy SAV są wyznaczane do obsługi konkretnej podróży przez lokalizujące ich pozycje Centrum Dyspozycyjne. Wyniki studium dotyczą zarówno wielkości niezbędnej floty SAV, jak i kosztów ponoszonych przez użytkowników systemu:

- W Ann Arbor, którego mieszkańcy przejeżdżają dziennie dystans średnio 100 km, niezbędna liczba pojazdów autonomicznych to 15% samochodów zarejestrowanych w mieście.
- W Babcock Ranch dla obsługi podróży 50 tysięcy przewidywanych mieszkańców wystarczy flota złożona z 3–4 tysięcy pojazdów SAV.
- Na Manhattanie obecne 13 000 taksówek zastąpiłoby 9000 SAV, przy czym średni czas oczekiwania na pojazd byłby poniżej minuty, czyli znacznie krótszy niż obecnie.
- W Ann Arbor koszt korzystania z wynajętego pojazdu autonomicznego to 0,26 USD/km, podczas gdy obecnie, korzystając z samochodów prywatnych, to 1,00 USD/km – przy uwzględnieniu kosztu zakupu pojazdu, jego utrzymania oraz kosztów związanych z parkowaniem, czasem spędzonym podczas jazdy i poszukiwaniu wolnego miejsca postojowego. Ustalono ponadto, że przy wykorzystaniu jako SAV małych pojazdów do przewozu 1–2 osób, koszty spadłyby do zaledwie 0,9 USD/km.
- W przypadku Babcock Ranch i Manhattanu koszty korzystania z floty SAV byłyby wyższe, odpowiednio: 0,29 i 0,31 USD/km.



Fot. 5. Korzystanie z floty SAV byłoby tańsze i jeszcze bardziej przyjazne środowisku w przypadku korzystania z elektrycznych pojazdów typu ESPRIT.  
Źródło: [11]

Bardzo obiecujące wyniki przedstawionych powyżej analiz modelowych doprowadziły do podjęcia prób pogłębionej symulacji wpływu wdrożenia współdzielenia pojazdów na funkcjonowanie systemu transportu w dużych miastach europejskich: Lizbonie i Helsinkach.

### Lizbona

Lizbona była pierwszym miastem, które postanowiło sprawdzić, jak wprowadzenie na większą skalę współdzielenia pojazdów może wpłynąć na funkcjonowanie miasta i całej aglomeracji. Obszar analizy obejmuje teren o powierzchni około 3000 km<sup>2</sup> zamieszkały przez 2,8 mln osób, z czego miasto Lizbona z 565 tysiącami mieszkańców zajmuje zaledwie 84,6 km<sup>2</sup>. Podział zadań przewozowych w aglomeracji lizbońskiej to: 60% – samochody, 37% – transport zbiorowy i zaledwie 3% – ruch rowerowy i pieszy. W samej Lizbonie udział samochodów spada do 37%, podczas gdy transport zbiorowy obsługuje 52% podróży wewnątrzmijskich.

Pierwsze opracowanie dotyczyło tylko obszaru Lizbony [12] i analizowało skutki uruchomienia w mieście floty

współdzielonych pojazdów autonomicznych na następujących zasadach:

- pojazdy współdzielone obsługują wszystkie podróże realizowane obecnie samochodami prywatnymi i autobusami;
- nowy system transportowy obsługuje podróże zgodnie z uzyskanymi (z przeprowadzonych w 2011 roku badań ruchu) danymi odnośnie: pory dnia podróży, punktu docelowego i źródła ruchu;
- są dwa typy pojazdów współdzielonych: TaxiBot – pojazd z którego jednocześnie może korzystać wielu pasażerów (czyli *ridesharing*) i AutoVot (*carsharing*) – funkcjonujący na zasadzie tradycyjnej taksówki.

Przeprowadzona symulacja (rys. 2) umożliwiła np. zobrazowanie, jak w scenariuszu, zakładającym oparcie obsługi komunikacyjnej miasta o TaxiBoty i transport szynowy, wygląda obciążenie ruchem ulic i transportochłonność obszarów miasta w porównaniu ze stanem obecnym.

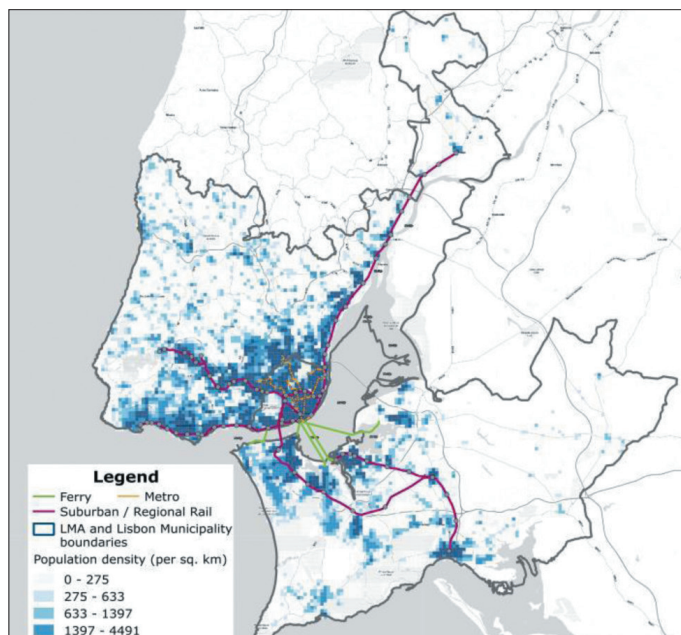
Symulacja dynamiczna pozwalała też na lokalizację każdego użytkownika TaxiBotu i wizualizację na planie miasta stopnia wykorzystania pojemności floty pojazdów współdzielonych (rys. 3).

Wnioski z przeprowadzonych analiz są następujące:

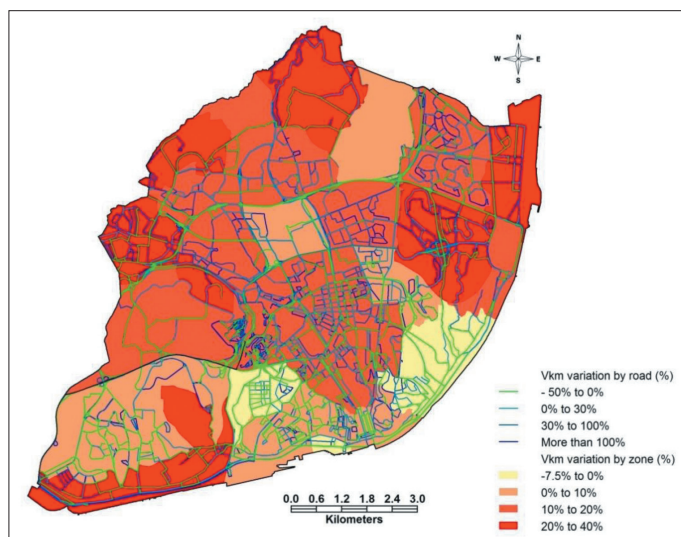
- uruchomienie w Lizbonie floty autonomicznych pojazdów współdzielonych może spowodować 90% spadek liczby samochodów prywatnych;
- pojazdy współdzielone wykorzystywane są średnio w ciągu doby przez 12 godzin i przejeżdżają dystans prawie 200 km, podczas gdy obecnie z samochodu prywatnego korzysta się średnio przez 50 minut, przejeżdżając dziennie około 30 km;
- istniejące obecnie duże parkingi mogłyby być przeznaczone na inne cele;
- wzrasta praca przewozowa liczona w pojazdo-kilometrach, co ze względów środowiskowych wymagałoby korzystania z floty pojazdów elektrycznych.

Badanie efektów uruchomienia transportu współdzielonego rozszerzone zostało następnie na obszar całej aglomeracji lizbońskiej [13], gdzie analizowano m.in. wpływ *ridesharingu* na korzystanie z transportu szynowego, wzrost dostępności miejsc pracy, szkół i obiektów służby zdrowia oraz ułatwienie mobilności osobom niepełnosprawnym. Dla obsługi podróży mieszkańców aglomeracji przewidziano dwa rodzaje usług z zakresu mobilności współdzielonej:

- Shared Taxi (taksówki zbiorowe) na wezwanie – realizujące przejazdy „od drzwi do drzwi” sześcioposobowymi minivanami. Maksymalny czas oczekiwania na pojazd ustalono na 5 minut w przypadku podróży krótszych niż 3 km i do 10 minut, gdy odległość przekracza 12 km, przy czym maksymalna strata czasu wynikająca z podróży z innymi pasażerami nie może być większa niż 7 minut dla podróży do 3 km i do 15 minut przy odległości powyżej 12 km.



Rys. 1. Gęstość zaludnienia w aglomeracji lizbońskiej w osobach/km<sup>2</sup>. Kolorem zielonym zaznaczono promy, brązowym metro, a czerwonym linie kolejowe.  
Źródło: [12]

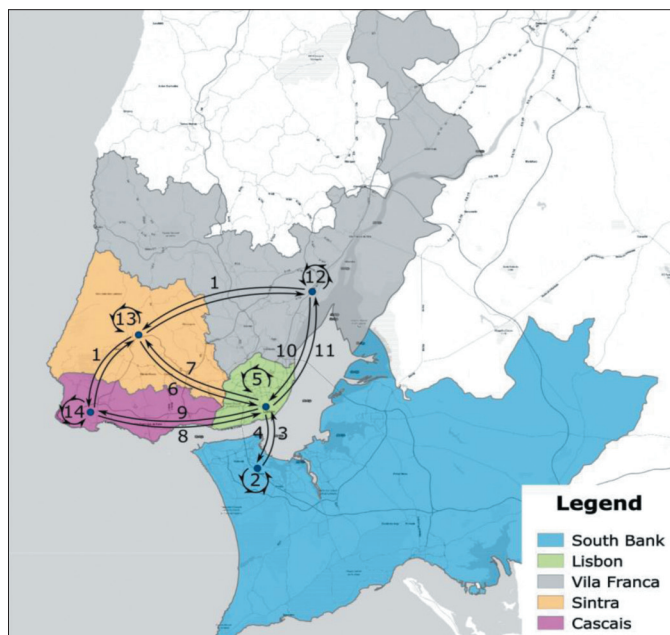


Rys. 2. Zmiany pracy przewozowej w pojazdo-kilometrach na sieci drogowej (oznaczenia liniami) i w poszczególnych obszarach Lizbony w okresie szczytu porannego.  
Źródło: [12]



Rys. 3. Stopień wykorzystania pojemności TaxiBotów: kolor zielony – pojazd zapelniony, seledyn – prawie pełny, żółty – zapelniony w połowie, różowy – 2 pasażerów, pomarańczowy – 1 pasażer, czerwony – pojazd pusty.  
Źródło: [12]





Rys. 4. Obszary funkcjonalne i analizowane korytarze transportowe.  
Źródło: [13]

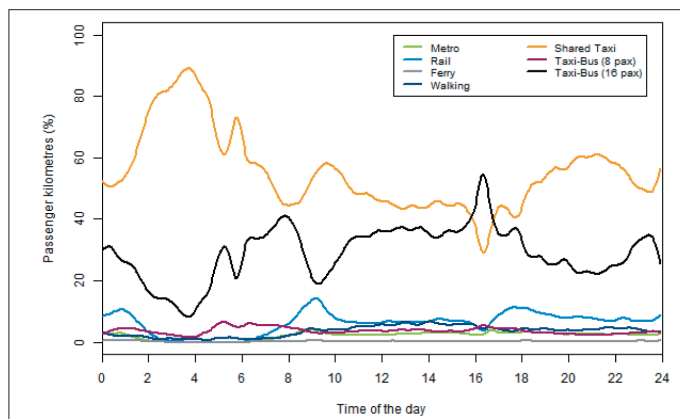
- Taxi-Bus – zamawiany z 30-minutowym wyprzedzeniem i realizujący przejazdy minibusami z 8 lub 16 miejscami siedzącymi, zatrzymujące się przy skrzyżowaniach w odległości nie większej niż 300 m od domu lub celu podróży. Maksymalny czas oczekiwania na pojazd ustalono na 10 minut, przy czym maksymalna strata czasu wynikająca z podróży z innymi pasażerami nie może obniżyć średniej prędkości podróży bardziej niż do 15 km/h.

W celu optymalizacji szybkości przeprowadzania symulacji zachowań komunikacyjnych mieszkańców aglomeracji zagregowano w pięciu obszarach, połączonych sześcioma dwukierunkowymi korytarzami komunikacyjnymi (rys. 4).

Dokonano m.in. rozkładu ruchu w ciągu doby na środki transportu dostępne na terenie aglomeracji po wprowadzeniu transportu współdzielonego (rys. 5), porównując z sytuacją obecną (rys. 6), kiedy to obserwuje się wyraźną dominację ruchu samochodów prywatnych – na poziomie około 80% ogółu zadań przewozowych.

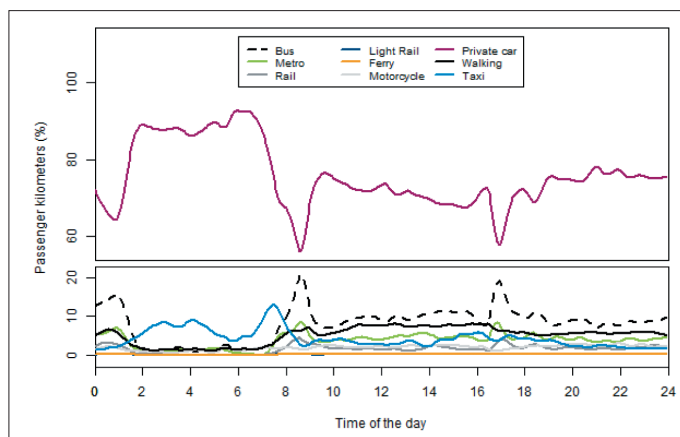
Po wprowadzeniu transportu współdzielonego w ciągu dnia około połowę ogółu zadań przewozowych przejmują taksówki zbiorowe – w porze nocnej aż ponad 80%, gdyż transport szynowy nie funkcjonuje, a potoki ruchu są zbyt małe dla ich obsługi Taxi-Busami. Taxi-Busy są dominującym środkiem transportu tylko w okresie szczytu popołudniowego.

Dokonano również symulacji zachowań komunikacyjnych w sytuacji objęcia całego miasta Lizbona strefą ruchu niskoemisyjnego, z zakazem (obowiązującym przez 1 – scenariusz A, lub 3 dni w tygodniu – scenariusz B) poruszania się po ulicach samochodów osób mieszkających poza miastem. Na granicach miasta zorganizowano parkingi (rys. 7), na których kierowcy samochodów i motocykli mogliby przesiadać się do Taxi-Busów, metra lub pociągów.



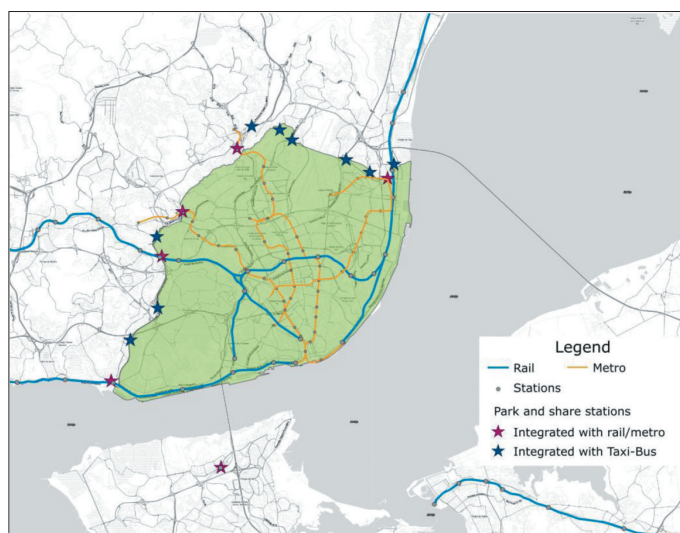
Rys. 5. Modal split po wprowadzeniu transportu współdzielonego (w procentach pasażerokilometrów) na dostępne środki transportu: metro, kolej, promy, chodzenie, taksówki zbiorowe, Taxi-Busy ośmio- i szesnastoosobowe.

Źródło: [13]



Rys. 6. Aktualny modal split (w procentach pasażerokilometrów) na funkcjonujące obecnie środki transportu: autobusy, metro, kolej, tramwaje, promy, motocykle, samochody prywatne, chodzenie i taksówki.

Źródło: [13]



Rys. 7. Lizbona strefą niskoemisyjną (niebieska kolej, żółte metro, gwiazdka czerwona – P+R z przesiadką na metro i kolej, niebieska – P+R na Taxi-Busy).

Źródło: [13]

W przypadku scenariusza A procent pasażerokilometrów realizowanych w mieście transportem indywidualnym maleje o 40% (z 67% w *modal split*ie do 39%), natężenia ruchu spadają o 18% (prawie całkowity brak kongestii), a emisje CO<sub>2</sub> ulegają obniżeniu o 22%. W scenariuszu B procent pasażerokilo-

metrów realizowanych w mieście transportem indywidualnym maleje o 76% (z 67% w *modal split* do 16%), natężenia ruchu spadają o 30%, a emisje CO<sub>2</sub> ulegają obniżeniu o 37%.

Ponieważ społeczeństwa się starzeją, zaleca się przystosowanie wszystkich pojazdów współdzielonych do potrzeb osób niepełnosprawnych (łącznie z zapewnieniem możliwości przewozu wózków inwalidzkich), co zwiększa koszty funkcjonowania systemu transportu współdzielonego tylko o 9,3%.

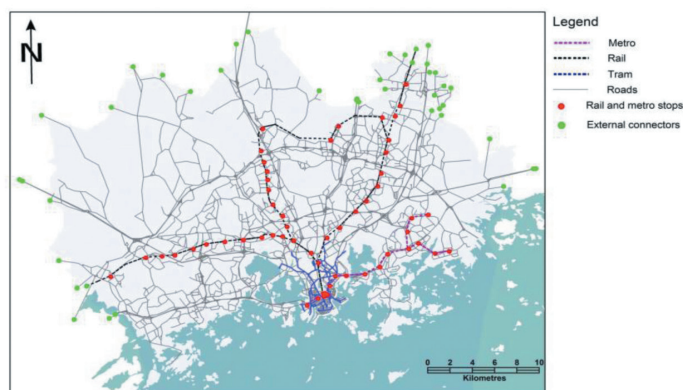
Porównując wyniki obu opracowań, stwierdzono, że efekty zastąpienia samochodów prywatnych transportem współdzielonym są większe w przypadku realizacji tego zamierzenia na obszarze całej aglomeracji niż tylko na terenie miasta:

- ogólna liczba pojazdów-kilometrów w godzinach szczytu zmniejsza się w porównaniu ze stanem obecnym o 55%, zamiast o 44%;
- emisja CO<sub>2</sub> obniża się o 62%, zamiast o 53%;
- w obu przypadkach uzyskuje się redukcję powierzchni parkingowej aż o 95%. Pozostałe 5% jest niezbędne dla organizacji baz pojazdów współdzielonych.

## Helsinki

Bardziej zaawansowaną metodę modelowania wpływu współdzielenia pojazdów na ograniczenie kongestii i emisji transportowych oraz na odzyskiwanie dla innych funkcji terenów parkingowych zastosowano w przypadku aglomeracji Helsinek [14]. Podobne analizy prowadzone są zresztą obecnie również w Dublinie i Auckland. Zastosowany zestaw wskaźników pozwolił na oszacowanie redukcji emisji CO<sub>2</sub> i niezbędnej liczby miejsc parkingowych oraz stopnia poprawy dostępności środków transportu. Ustalono ponadto istotne parametry funkcjonowania systemu, zarówno z punktu widzenia użytkowników (czasy podróży, dojścia do przystanku i oczekiwania na pojazd oraz liczba przesiadek), jak i operatora systemu (niezbędna liczba pojazdów, wielkość i lokalizacja zajezdni oraz koszty).

Obszar analizy obejmuje teren o powierzchni 770 km<sup>2</sup> zamieszkały przez 1089 tysięcy osób, z czego miasto Helsinki z 608 tysiącami mieszkańców zajmuje 214 km<sup>2</sup>. Podział zadań przewozowych w aglomeracji helsińskiej to: 41% – samochody, 27% – transport zbiorowy i 32% – ruch rowerowy i pieszy. W samych Helsinkach udział samochodów spada do 29%, podczas gdy transport zbiorowy obsługuje 37% podróży wewnątrzmijskich.



Rys. 8. Sieć transportowa aglomeracji helsińskiej.

Źródło: [14]

Sieć transportowa aglomeracji helsińskiej obejmuje: linie autobusowe (z około 5500 przystankami), linie tramwajowe (z 262 przystankami), metro (z 17 przystankami) i linie pociągów podmiejskich z 38 stacjami. Proponowane nowe usługi współdzielenia pojazdów obejmują:

- taksówki zbiorowe – sześciuosobowe minivany (przeobrobione z ośmioosobowych w celu ułatwienia wsiadania i wysiadania) na wezwanie, realizujące przewozy „od drzwi do drzwi”;
- Taxi-Busy – minibusy z 8 lub 16 miejscami siedzącymi (bez miejsc stojących), zamawiane z półgodzinnym wyprzedzeniem i zatrzymujące się nie dalej niż 400 m od startu/celu podróży.

Dla celów modelowania rozkładu ruchu, na terenie Helsinek wyznaczono kwadratowe rejony komunikacyjne o boku 200 m, a na obszarach zewnętrznych o boku 500 m. Na terenie aglomeracji wyznaczono w ten sposób 16 961 rejonów komunikacyjnych, z czego 5072 na terenie Helsinek. Posługując się danymi z kompleksowego badania ruchu z 2012 roku, maksymalny zasięg podróży pieszej ustalono na 3000 m, a rowerowej na 7000 m. Dyspozytor pojazdów współdzielonych po otrzymaniu zgłoszenia o chęci dokonania podróży z rejonu X do Y stara się umieścić pasażera w jednym z Taxi-Busów, którego zdolność przewozowa musi być jednak wykorzystana przynajmniej w połowie na jednym z odcinków podróży, ale nie mniej niż w 25% na każdy pojazdokilometr. Jeśli okaże się to niemożliwe, po pasażera wysyła taksówkę zbiorową, która odbiera go spod domu.

Spośród 11 analizowanych scenariuszy rekonfiguracji zadań przewozowych (w każdym utrzymano funkcjonowanie tramwajów, metra i kolei) za najbardziej obiecujące uznano trzy:

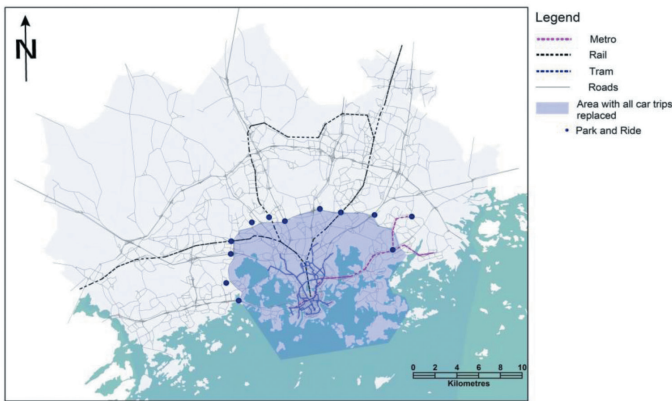
- Utrzymanie funkcjonujących obecnie linii autobusowych, z zakazem poruszania się samochodami prywatnymi wewnątrz pierwszej obwodnicy Helsinek.
- Pełne zastąpienie autobusów, samochodów prywatnych i taksówek pojazdami współdzielonymi.
- Linie autobusowe dowożą pasażerów tylko do kolei, metra i tramwaju, a 20% podróży realizowanych dotąd samochodami i taksówkami zastępują pojazdy współdzielone.

Dokonując rozkładu ruchu pomiędzy dostępne w danym wariantcie środki transportu, przyjęto następujące założenia odnośnie okoliczności wpływających na ich wybór przez użytkownika [15]:

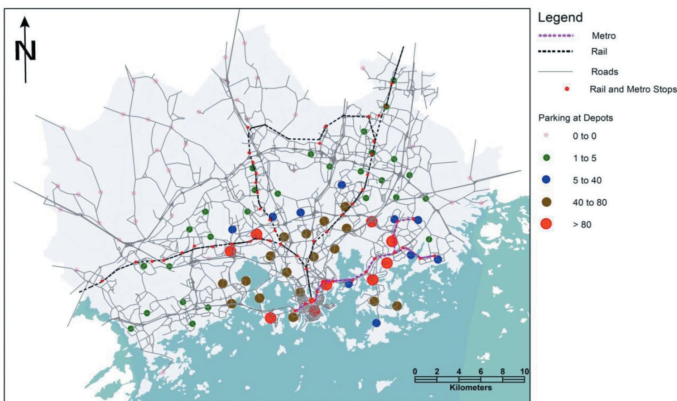
- konieczność dokonania przesiadki jest ekwiwalentem wydłużenia czasu przejazdu o 11 minut;
- 1 minuta oczekiwania na pojazd odpowiada 2 minutom spędzonym wewnątrz pojazdu;
- 1 minuta dojścia do przystanku odpowiada 3 minutom wewnątrz pojazdu;
- koszt czasu spędzonego w samochodzie to 11,69 €/h, a w środkach transportu zbiorowego 10,78 €/h.

Główne cechy charakteryzujące funkcjonowanie wybranych scenariuszy przedstawiono na rysunkach 9–12.

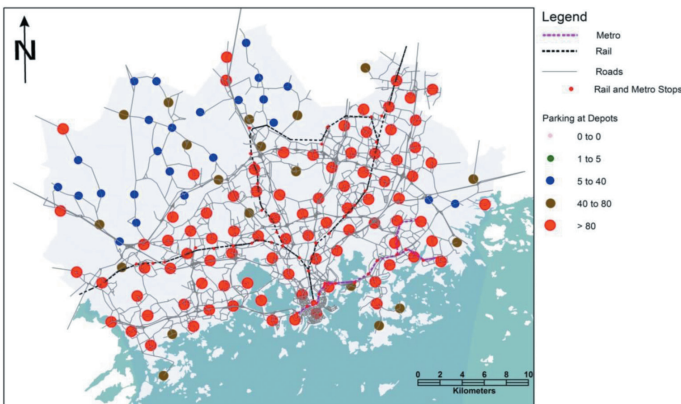




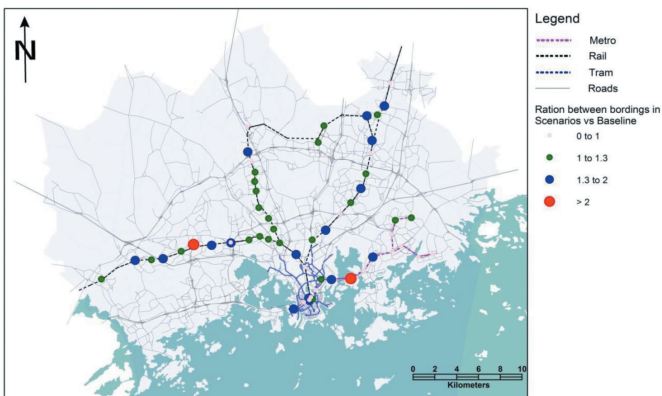
Rys. 9. Scenariusz A: Lokalizacja 12 parkingów P+R w rejonie I obwodnicy.  
Źródło: [14]



Rys. 10. Scenariusz A: 36 parkingów/zajezdni różnej wielkości dla pojazdów współdzielonych (największy na 180 pojazdów).  
Źródło: [14]



Rys. 11. Scenariusz B: Łączna pojemność zajezdni pojazdów współdzielonych wynosi blisko 25 000 miejsc postojowych (największa na ok. 1200 miejsc).  
Źródło: [14]



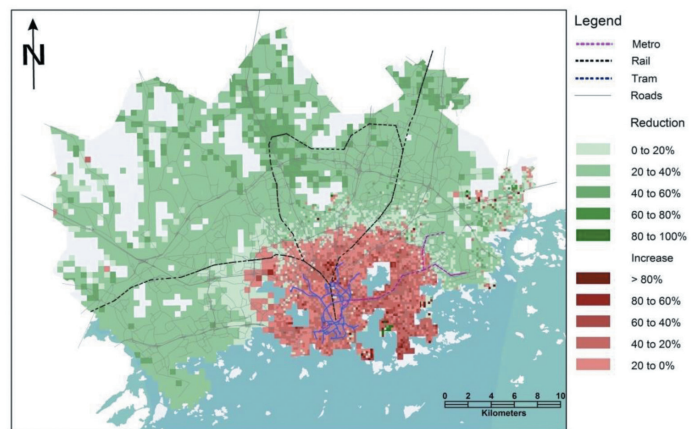
Rys. 12. Scenariusz C: Autobusy dowożące pasażerów do transportu szynowego powodują nawet ponad dwukrotny wzrost liczby pasażerów wsiadających na poszczególnych przystankach.  
Źródło: [14]

We wszystkich trzech scenariuszach nastąpiło obniżenie średnich czasów podróży środkami transportu zbiorowego – najbardziej, bo o 17%, w scenariuszu A, mniej w B (o 9%) i w C (o 4%). Średni czas podróży samochodem prywatnym obniżył się aż o 48% w scenariuszu A i o 40% w C. W scenariuszu B, jak pamiętamy, samochody prywatne zostały całkowicie zastąpione pojazdami współdzielonymi. Biorąc pod uwagę wszystkie podróże zmotoryzowane, średni czas podróży obniżył się najbardziej w scenariuszu C (o 9%) – w scenariuszu A o 5%. Niestety uległ znacznemu wydłużeniu w scenariuszu B, w którym pojazdy współdzielone realizują wszystkie podróże, poza obsługiwanymi transportem szynowym.

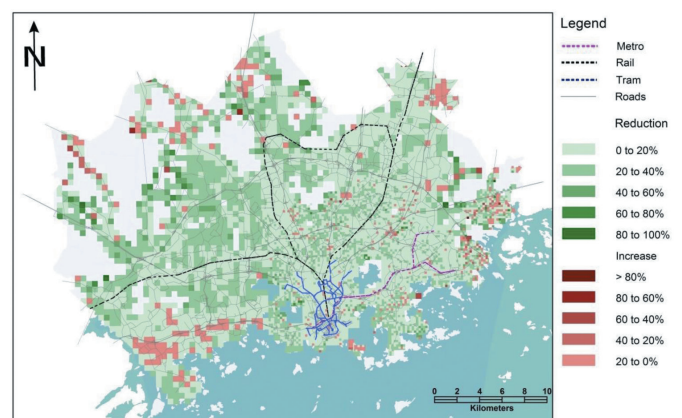
Na rysunkach 13, 14 i 15 przedstawiono rozkład obszarów, dla których w poszczególnych scenariuszach średni czas podróży uległ obniżeniu (prostokąty znajdujące się w legendzie rysunków powyżej) lub wydłużeniu od 0–100%.

Koszt korzystania z taksówki zbiorowej oszacowano dla scenariusza A na poziomie 0,69 €/km, w scenariuszu B – 0,65, a w C – 0,79 €/km. W przypadku Taxi-Busa odpowiednio: A – 0,20, B – 0,19, C – 0,20 €/km, podczas gdy obecnie za przejazd kilometra taksówką płaci się średnio 2,37, a transportem zbiorowym 0,21 €/km.

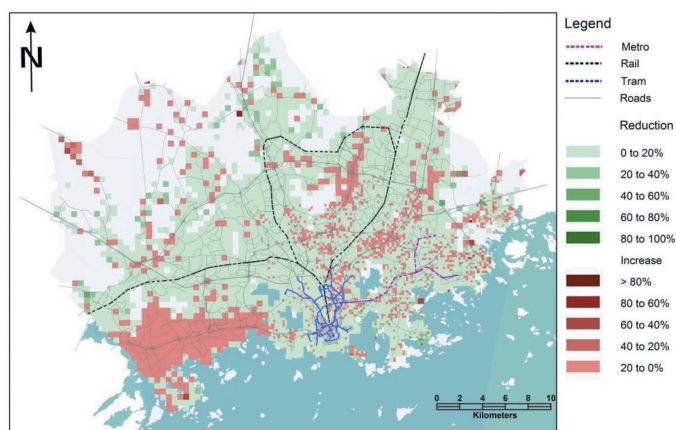
Symulacja zastąpienia konwencjonalnych pojazdów współdzielonych autonomicznymi samochodami o napędzie elektrycznym wykazała konieczność zwiększenia liczby



Rys. 13. Zmiany średniego czasu podróży w scenariuszu A.  
Źródło: [14]



Rys. 14. Zmiany średniego czasu podróży w scenariuszu B.  
Źródło: [14]



Rys. 15. Zmiany średniego czasu podróży w scenariuszu C.  
Źródło: [14]

pojazdów (z uwagi na czas ładowania prądem) o ok. 10%. Liczbę elektrycznych taksówek zbiorczych ustalono na 2529 w scenariuszu A, 17 033 w B i 4213 dla scenariusza C. Liczba niezbędnych Taxi-Busów wyniosła odpowiednio: 4634, 15 453 i 3690. Rozwiązanie takie, aczkolwiek dużo droższe (drogie pojazdy + stacje ładowania), powoduje spadek emisji CO<sub>2</sub> o 25% w scenariuszu A, o 5% w B i o 19% w scenariuszu C.

### Podsumowanie

Wnioski z przeprowadzonych analiz wskazują na pozytywne efekty upowszechniania współdzielenia pojazdów. Nawet zastąpienie *ridesharingiem* tylko 20% podróży obecnie realizowanych samochodami prywatnymi prowadzi do obniżenia emisji CO<sub>2</sub> do poziomu osiąganego w przypadku wprowadzenia opłat za ruch pojazdów – jak ma to miejsce np. w centrum Londynu. Istotnym efektem jest również możliwość wykorzystania wielu parkingów jako tereny rekreacyjne. Przeprowadzone badania fokusowe wykazały poparcie mieszkańców dla proponowanej reorganizacji transportu, zarówno na terenie miasta, jak i w strefie zewnętrznej aglomeracji.

### Literatura

1. Urban Transport Group, *Number Crunch: Transport trends in the city regions*, April 2018.
2. Frost A., UK's GATEway Project finds majority of the public support autonomous vehicles, *Traffic Technology Today*, 6.04.2018.
3. Autonomous Vehicle International, *Big growth expected in shared mobility solutions*, April 20, 2018.
4. Malasek J., *Innowacyjny transport. Gospodarka współdzielenia w transporcie*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2018, nr 7.
5. Malasek J., *Innowacyjny transport. Współdzielenie samochodów w Polsce*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2018, nr 8 (w druku).
6. Fagnant D. J., Kockelman K. M., *The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios*, “Transportation Research Part C: Emerging Technologies”, 40, March 2014.
7. Spieser K. at al., *Toward a systemic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-demand systems: A case study in Singapore*, MIT Open Access Articles, 2014.
8. Zachariah J. at al., *Uncongested mobility for all: A proposal for an area-wide autonomous taxi system in New Jersey*, “Proceedings of Transportation Research Board Annual Meeting”, Washington D.C., 2013.
9. Santi P. at al., *Quantifying the benefits of vehicle pooling with shareability networks*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111 (37), September 2014.
10. Burns L.D. at al., *Transforming personal mobility*, Earth Island Institute, Columbia University, 2013.
11. Horizon Magazine, *Fleets of compact e-vehicles could help battle air pollution*, April 20, 2018.
12. International Transport Forum, *Urban mobility system upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic*, OECD/ITF 2015.
13. International Transport Forum, *Transition to shared mobility: How large cities can deliver inclusive transport services*, OECD/ITF, 2017.
14. International Transport Forum, *Shared mobility simulations for Helsinki*, OECD/ITF 2017.
15. Litman T., *Valuing transit service quality improvements*, Journal of Public Transportation, Vol 11/2, 2008.

## Z działalności SITK

### Nagrobek dla prof. dr. hab. inż. Tadeusza Basiewicza

Staraniem 27 członków SITK RP, reprezentowanych przez siedmiuosobowy Komitet, związanych poprzez wspólną pracę i działalność z profesorem Tadeuszem Basiewiczem, wybudowano na cmentarzu w Polanicy-Zdroju nagrobek ze strzelińskiego granitu.

Profesor zmarł w dniu 2 października 2016 r. w Polanicy-Zdroju i tam został pochowany. Był wybitnym naukowcem, utalentowanym inżynierem i sprawnym organizatorem wielu przedsięwzięć inżynierskich. Miał bardzo duży wkład w rozwój polskiego kolejnictwa. Był honorowym członkiem SITK RP.

W dniu 13 marca 2018 r. delegacja Komitetu budowy dokonała komisyjnego odbioru nagrobka i wręczyła wykonawcy podziękowanie od Zarządu Krajowego SITK RP.

Opracował: Bogdan Kublin

