

Emilia FARION
Mateusz ZBADYŃSKI*

ANALIZA I OCENA IMPLEMENTACJI ECODRIVINGU W PRZEDSIĘBIORSTWIE TRANSPORTOWYM

Słowa kluczowe: *ecodriving, ekologiczna jazda, transport, telematyka*

Streszczenie: W artykule przedstawiona została analiza wprowadzonego systemu telematycznego FleetBoard w przedsiębiorstwie transportowym X. Ocenie poddane zostały wartości wskaźników, które generowane są w miesięcznych raportach. Do wskaźników należą takie kryteria jak: styl jazdy, trudność użytkowania, przebyta droga, średni ciężar, średnia prędkość, średnie zużycie całkowite, zużycie całkowite, emisja CO₂, średnia wartość emisji CO₂ i inne. Każdy raport dotyczy eksploatacji danego ciągnika siodłowego. Badania obejmują dane i informacje z raportów miesięcznych dla dwunastu pojazdów z okresu pół roku, który został podzielony na dwa trzymiesięczne okresy. Okres I obejmował miesiące od kwietnia do czerwca 2019r., a okres II obejmował miesiące od lipca do września 2019r. Celem pracy jest potwierdzenie, bądź odrzucenie hipotezy: Wprowadzenie ecodrivingu przyczynia się do poprawy eksploatacji floty transportowej.

Artykuł podzielony została na dwie części. Pierwsza część obejmuje przegląd literatury, a druga zawiera wyniki przeprowadzonej analizy, ich ocenę i wnioski.

1. WSTĘP

Ze względu na rosnące zapotrzebowanie na transport materiałów i produktów między przedsiębiorstwami różnych miast i państw, istotna staje się myśl o wpływie transportu na środowisko naturalne człowieka. Ekologiczna jazda może potencjalnie zaoszczędzić paliwo i obniżyć emisje bez konieczności wprowadzania zmian w pojazdach lub infrastrukturze drogowej. Optymalizacja zużycia paliwa i minimalizacja emisji dwutlenku węgla z punktu widzenia firm transportowych wynika z niestabilnych cen paliwa i chęci minimalizacji kosztów transportowych. Ważne jest także z punktu widzenia społecznego dbanie o ochronę środowiska, ponieważ sektor transportu silnie oddziałuje na zmiany klimatyczne. Stałe monitorowanie wskaźników ecodrivingu jest możliwe dzięki rozwiązaniom współczesnej telematyki.

* Studenckie Koło Naukowe LogPoint, Politechnika Opolska

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. ECODRIVING

Ecodriving z języka angielskiego oznacza ekologiczną jazdę. Odpowiednie prowadzenie pojazdu ogranicza zużycie jego części i zużycie paliwa, co przekłada się na korzyści finansowe jak i ekologiczne. Ekologiczna jazda obejmuje zarówno prowadzenie pojazdu, jak i konserwację, dlatego istnieje wiele kombinacji działań, które mogą podjąć kierowcy w celu poprawy wydajności jazdy.[8]

Ecodriving posiada swój dekalog, którym powinien kierować się każdy ekologiczny kierowca. Do zasad ekonomicznej i ekologicznej jazdy należą:[9]

- Jazda od razu po uruchomieniu silnika: Rozgrzanie silnika następuje szybciej podczas jazdy niż podczas jego pracy na postoju, gdzie niepotrzebnie zużywana jest większa ilość paliwa oraz wyemitowany dwutlenek węgla.
- Hamowanie silnikiem: Dojazd do skrzyżowania lub miejsca postojowego jest bardziej ekologiczny, gdy prędkość wytracana jest poprzez redukcję biegów. Hamowanie silnikiem nie zużywa paliwa oraz zmniejsza eksploatację hamulców.
- Gaszenie silnika: Zalecane jest gaszenie silnika, kiedy pojazd nie może jechać dalej i konieczne jest zatrzymanie. Przykładami takich sytuacji są zatory drogowe, zamknięte przejazdy kolejowe, czerwone światło na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną.
- Unikanie szybkich rozruchów i gwałtownych zatrzymań: Zasada ta dotyczy niepotrzebnego przyspieszania w sytuacjach, gdy pojazd poprzedzający hamuje lub gdy zmienia się światło na czerwone.
- Energiczne przyspieszanie: Kluczowym aspektem ecodrivingu jest rozpędzanie pojazdu z wciśniętym pedałem gazu do 3/4 głębokości. Dzięki tej metodzie skróceniu ulega czas przyspieszania, podczas którego zużycie paliwa jest na wysokim poziomie.
- Jazda na najwyższym możliwym biegu: Jazda na wysokich obrotach wpływa na zwiększenie spalania, dlatego po uzyskaniu prędkości docelowej warto zmienić bieg na najwyższy.
- Utrzymanie odpowiedniego ciśnienia w oponach: Niskie ciśnienie opon zwiększa powierzchnię tarcia, co powoduje wzrost oporu podczas jazdy, a co za tym idzie wzrost spalania i częstszą wymianę opon.
- Minimalizacja wagi przewożonego towaru: Wzrost wagi przewożonego towaru jest wprost proporcjonalny do zwiększenia zużycia paliwa.
- Unikanie bagażników dachowych: Każde wystające poza pojazd elementy zwiększają opór powietrza co również zwiększa spalanie.
- Minimalizacja użycia klimatyzacji: Włączona klimatyzacja wpływa na zwiększenie zużycia paliwa o od 0,5 l do 2 l na 100 km. W celu podwyższenia temperatury panującej w pojeździe zaleca się włączenie nawiewu zamiast

klimatyzacji. Natomiast aby obniżyć temperaturę można lekko uchylić okno lub parkować w miejscach zacienionych.

Badania skuteczności ekologicznej jazdy opiera się głównie na próbach jazdy według zasad ecodrivingu. Według badań przeprowadzonych w 2017 r., implementacja ecodrivingu dokonana poprzez wybór odpowiedniego pojazdu z systemem telematycznym może przyczyniać się do redukcji zużycia paliwa o 45% w przeliczeniu na kierowcę [4]. Firma DB Schenker wprowadziła w swoim przedsiębiorstwie Akademię Kuriera DB, gdzie kierowcy szkoleni są z zasad ecodrivingu. Dzięki poszerzeniu wiedzy kierujących DB Schenker poziom zużycia paliwa zmniejszył się o 4% dla ciągników siodłowych z naczepami powyżej 18 t, o 2% dla samochodów do 18 t i o 4,5% dla samochodów do 3,5 t [5].

Uznanie potencjału ekologicznego jakim jest ecodriving umożliwia oszczędzanie pieniędzy oraz redukcję zużycia paliwa i emisji dwutlenku węgla. Jedną z metod edukowania kierowców o zasadach ecodrivingu są raporty z systemów telematycznych i aplikacji flotowych.

2.2. TELEMATYKA

Termin *telematyka* po raz pierwszy został użyty w 1978 roku na potrzeby raportu dla francuskiego rządu. Zagadnienie zostało sformułowane poprzez połączenie dwóch słów: telekomunikacja i informatyka. Mówiąc dokładniej są to obszary tych dziedzin, których celem jest sprawne przekazywanie informacji oraz łączność z bazami danych i elementami kontrolującymi, w czasie rzeczywistym bądź jak najbardziej zbliżonym do niego. Telematykę wykorzystuje się w wielu dziedzinach, takich jak: telematyka przemysłowa, medyczna, gospodarcza, finansowa czy transportowa [1].

Głównymi zadaniami telematyki w transporcie, jest wykorzystanie jej do sprawnego przekazywania informacji mających na celu:

- eliminację opóźnień, zbędnych postojów;
- wybieranie odpowiednich tras, gwarantujących szybki transport i omijanie zatłoczonych dróg;
- poprawę bezpieczeństwa i higieny pracy;
- wspomaganie przedsiębiorstw transportowych w kontrolowaniu;
- ograniczenie energochłonności oraz emitowanych zanieczyszczeń;
- pomoc w realizowaniu celów i lepszą automatykę pracy[2].

2.3. FLEETBOARD

System telematyczny FleetBoard to narzędzie służące do zarządzania transportem. Zaopatrzony jest w GPS w pojazdach, dzięki czemu kierowcy wskazana zostanie najbardziej ekonomiczna trasa do celu oraz w komunikator do utrzymania kontaktu kierowcy z menadżerami przedsiębiorstwa. System wykorzystuje stacjonarną

instalację w pojeździe DispoPilot.guide z ekranem dotykowym, nawigacją, komputerem pokładowym FleetBoard, oraz przenośny skaner Dispo.Pilot.mobile, który wyposażony jest dodatkowo w czytnik kodów kreskowych i nawigację. Do zalet systemu należy efektywna realizacja zleceń transportowych, zmniejszenie zużycia paliwa i części pojazdu oraz minimalizacja papierowego obiegu dokumentów. [7]

3. WSKAŹNIKI ANALIZY EKOLOGICZNEJ JAZDY

Do wskaźników ekologicznej jazdy zaliczamy:

Styl jazdy [1-10] – jest wypadkową sześciu najważniejszych wskaźników takich jak: jazda przewidująca, jazda ze stałą prędkością, ruch pedału przyspieszenia, postoje, hamowanie, jazda odpowiadająca charakterystyce wykreślonej oraz użycie wszystkich biegów prócz najwyższego.

Ruch pedału przyspieszenia [1-10] – monitoruje odchylenia pedału gazu w zakresie 10%-70%. Im wyższa ocena, tym zmian jest mniej.

Styl hamowania [1-10] – wskaźnik pokazuje jak kierowca korzysta z układu hamulcowego – mierzone w głównej mierze na podstawie wytracania prędkości przez masę, uruchomienie opóźniacza/retardera, czy pedału hamulca.

Trudność użytkowania [1-10] – (nie wchodzi do oceny za styl jazdy) wskazuje w jakich warunkach samochód ciężarowy pracuje – do oceny wchodzi w głównej mierze topografia, ciężar i liczba zatrzymań. W niewielkim stopniu kierujący może wpływać na zmianę wskaźnika ograniczając liczbę zatrzymań. [10]

Kolejnymi parametrami są wypadkowe złożone z wartości fizycznych, czyli wskaźniki takie jak: przebyta droga (km), średnia prędkość (km/h), droga hamowania z pedałem hamulca (%), droga hamowania silnikiem (%), trasa przejazdu > 85 km/h (%), czas uruchomionego silnika na postoju (hh:mm:ss), czas jazdy (hh:mm:ss), zużycie paliwa (l), średnie zużycie paliwa (l/100km), średnie zużycie paliwa podczas jazdy (l/100km), zużycie paliwa podczas postoju (l), zużycie AdBlue (l), udział zużycia AdBlue (%), emisja CO₂ (kg), średnia emisja CO₂ (g/100km), hamowanie silnikiem (%), toczenie się (%), załączony i wyłączony tempomat (%), PPC załączony i wyłączony (%).

Dla większej przejrzystości pracy, warto wytłumaczyć dwa zagadnienia mogące sprawić problem w analizie: AdBlue oraz PPC.

Pierwszy, czyli AdBlue, jest to dodatek chemiczny o roztworze mocznika, który wykorzystywany jest w katalizatorach by reagować z toksycznymi związkami – tlenkami azotu - i przekształcać je w tlen i azot.

PPC - Predictive Powertrain Control – jest to system pozwalający na automatyczne utrzymywanie prędkości, mający na celu odpowiednie przełożenie biegów i użytkowanie systemu hamowania względem topografii czy warunków panujących na drodze aby zredukować koszty przejazdu. Często nazywany jest przewidującym tempomatem [6].

4. PRZEPROWADZONE BADANIA

Podmiotem badań jest przedsiębiorstwo X branży transportowej. Założone zostało 1992 roku. Przedsiębiorstwo X specjalizuje się zarówno w transporcie krajowym, jak i międzynarodowym. Dodatkowo świadczone są także usługi spedycyjne w formie outsourcingu. Flota zaopatrzona jest w 50 ciągników siodłowych i 50 naczepep MegaLight.

Od początku roku sukcesywnie był aktywowany nowy system telematyczny FleetBorad, monitorujący wskaźniki ecodrivingu. Pod koniec czerwca 2019 r. kierowcy odbyli rozmowę z dyspozytorem dotyczącą wskazań ecodrivingu, zasad ekonomicznej i ekologicznej jazdy. Zaznajomieni zostali z obsługą nowego systemu telematycznego oraz z rodzajami komunikatów wyświetlanych przez system. Komunikaty zawierają swego rodzaju wskazówki dla kierującego, m.in. dotyczące zmiany biegu, zalecanej prędkości itp.

Analiza dotyczy 12 tych samych zestawów ciągników siodłowych Mercedes Actros i naczepep MegaLight.

Badania polegały na wygenerowaniu raportów miesięcznych dla dwunastu pojazdów na koniec czerwca, z okresu trzech miesięcy (od kwietnia do czerwca 2019r.), kiedy kierowcy nie znali jeszcze zasad ecodrivingu – bądź nie byli w tym kierunku przeszkoleni oraz na koniec września, czyli po okresie trzech miesięcy (od lipca do września 2019) jazdy po odbytych rozmowach z dyspozytorem transportu. Trzymiesięczne okresy – czyli przed i po rozmowie z dyspozytorem transportu – zostały podzielone na „okres I” oraz „okres II”. W dalszej pracy, w głównej mierze będą wykorzystywane podziały danych na „okres I” i okres II”. Uzyskane wartości wskaźników pozwolą na zaobserwowanie zmian oraz odrzucenie bądź potwierdzenie hipotezy: wprowadzenie ecodrivingu przyczynia się do poprawy eksploatacji floty transportowej.

5. WYNIKI BADAŃ

Tabela 1 przedstawia wartości wybranych wskaźników ecodrivingu uzyskane dla dwunastu pojazdów na koniec I okresu – od kwietnia do czerwca.

Na podstawie uzyskanych danych z tabeli 1 oraz z tabeli 2 zauważyć można, że prowadzenie pojazdów po szkoleniu i zaznajomieniu kierujących z zasadami ecodrivingu jest przyczyną uzyskania odpowiednio lepszych wyników wskaźników w porównaniu do wyników uzyskanych przez kierujących bez doświadczenia z ekologiczną i ekonomiczną jazdą.

Tabela 1. Wartości wybranych wskaźników ecodrivingu na koniec I okresu
Table 1. Values of selected ecodriving indicators at the end of the first period

I OKRES	Styl jazdy (ocena)	Trudność użytkowania	Droga (km)	Średni ciężar (t)	Średnia prędkość (km/h)	Średnie zużycie paliwa całkowite (l/100km)	Średnie zużycie paliwa - jazda (l/100km)	Zużycie całkowite (l)	Emisja CO2 (kg)	Średnia wartość emisji CO2 (g/km)
1	7,72	4,42	23427	23	64,1	24,76	24,34	5800,2	15256	651,2
2	8,16	4,76	27535	34	73,3	27,78	27,65	7647,9	20117	730,6
3	8,58	4,48	31191	25	69,7	25,11	24,86	7830,9	20598	660,4
4	8,01	5,07	34047	31	74,3	27,34	27,07	9307,8	24481	719
5	7,49	4,34	28100	25	72,4	24,68	24,51	6935,1	18239	649,1
6	8,82	4,94	23363	28	68,4	25,65	25,28	5991,6	15761	674,6
7	8,11	5,13	29915	31	71,1	27,22	26,96	8143,5	21416	715,9
8	8,79	4,51	26999	26	70,8	24,44	24,22	6597,6	17354	642,8
9	8,79	4,92	28160	25	65,4	24,13	23,79	6794,1	17871	634,6
10	8,86	4,63	29011	26	68,6	24,81	24,49	7197	18930	652,5
11	8,15	4,89	35886	29	74,9	26,08	25,75	9360,3	24614	685,9
12	6,23	4,43	31017	25	72,9	24,4	24,17	7567,2	19904	641,7
ŚREDNIA	8,14	4,71	29054	27,33	70,49	25,53	25,26	7431,10	19545	671,53

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X
Source: Own elaboration based on Company X data

Tabela 2 prezentuje wartości wybranych wskaźników ecodrivingu otrzymane dla dwunastu pojazdów na koniec II okresu – od lipca do września:

Tabela 2. Wartości wybranych wskaźników ecodrivingu na koniec II okresu
Table 2. Values of selected ecodriving indicators at the end of the second period

II OKRES	Styl jazdy (ocena)	Trudność użytkowania	Droga (km)	Średni ciężar (t)	Średnia prędkość (km/h)	Średnie zużycie paliwa całkowite (l/100km)	Średnie zużycie paliwa - jazda (l/100km)	Zużycie całkowite (l)	Emisja CO2 (kg)	Średnia wartość emisji CO2 (g/km)
1	8,41	4,27	13 271	23	69,6	22,85	22,53	1010,7	2658,3	601
2	7,67	4,86	23 559	33	71,2	28,34	28,23	677,4	17560	745,3
3	8,04	4,47	32 937	26	69,1	24,38	24,11	2031,6	21119	641,2
4	7,63	4,67	36 873	27	75,3	25,42	25,23	9374,4	24653	668,5
5	8,26	4,59	33 927	26	72,3	25,43	25,27	8628,9	22691	668,8
6	9	4,25	34 278	24	71,1	22,79	22,54	7813,5	20546	599,4
7	8,37	5,14	29 763	32	72,4	26,58	26,34	7911,9	20806	699,1
8	8,99	4,36	32 808	24	75,2	23,49	23,36	7707,3	20270	617,8
9	8,88	4,51	16 875	24	70,5	22,94	22,74	3871,8	10183	603,3
10	9,29	3,84	19 497	19	72,3	20,81	20,56	4058,1	10672	547,3
11	7,15	5,01	10 620	29	71,5	27,07	26,68	2874,6	1561,5	711,9
12	6,73	4,2	15 876	23	74,4	23,24	23,04	3690,6	9704,7	611,2
ŚREDNIA	8,20	4,51	25024	25,83	72,08	24,45	24,22	4970,90	15202	642,90

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X
Source: Own elaboration based on Company X data

Tabela 3 ilustruje zmiany zachodzące we współczynnikach ecodrivingu dla obu okresów:

Tabela 3. Zmiany wartości wybranych wskaźników ecodrivingu dla okresu I i okresu II
Table 3. Changes in the value of selected ecodriving indicators for period I and period II

	Styl jazdy (ocena)	Trudność użytkowania	Droga (km)	Średni ciężar (t)	Średnia prędkość (km/h)	Średnie zużycie paliwa całkowite (l/100km)	Średnie zużycie paliwa jazda (l/100km)	Zużycie całkowite (l)	Emisja CO ₂ (kg)	Średnia wartość emisji CO ₂ (g/km)
ŚREDNIA OKRESU I	8,14	4,71	29054	27,33	70,49	25,53	25,26	7431,10	19545	671,53
ŚREDNIA OKRESU II	8,20	4,51	25024	25,83	72,08	24,45	24,22	4970,90	15202	642,90
RÓŻNICA	0,06	-0,20	-4030,65	-1,50	1,58	-1,09	-1,04	-2460,20	-4343,2	-28,63
PROCENT	0,73%	-4,16%	-13,87%	-5,49%	2,25%	-4,26%	-4,11%	-33,11%	-22,22%	-4,26%

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X

Source: Own elaboration based on Company X data

Zaobserwowana ocena stylu jazdy uległa poprawie o 0,06 punktów, co stanowi 0,73%. Średnia prędkość prowadzenia pojazdu wzrosła o 1,58 km/h, czyli 2,25 %, co wynika ze spadku trudności użytkowania pojazdu o 4,16 %. Związane jest to z łagodniejszym ukształtowaniem terenu oraz ze spadkiem średniego ciężaru o 1,5 tony czyli o 5,49 %. Średnia prędkość prowadzenia pojazdu jest odwrotnie proporcjonalna do trudności prowadzenia pojazdu oraz jest odwrotnie proporcjonalna do średniego ciężaru.

Istotne z punktu widzenia przedsiębiorstwa i analizy implementacji ecodrivingu jest zaobserwowanie zmniejszenia średniego zużycia paliwa. Pojazdy po zaimplementowaniu zasad ecodrivingu spalanie zmalało o 1,09 l na każde przejechane 100 km, co przekłada się na realne oszczędności dla przedsiębiorstwa. W II okresie pojazdy przejechały łącznie 25023,63 km, przyjmując ceny paliwa na średnim poziomie 5 zł przekłada się na oszczędność:

Zaoszczędzone paliwo (l) =

$$25023,63 \text{ km} \cdot 1,09 \text{ l/100 km} = 272,76 \text{ l}$$

Zaoszczędzony kapitał przedsiębiorstwa (zł) =

$$272,76 \text{ l} \cdot 5 \text{ zł/l} = 1363,79 \text{ zł}$$

Jednak by statystyka nie była obarczona błędem należy zwrócić uwagę, że w tymże okresie spadło obłożenie samochodów ciężarowych o średnio 1.5 tony. Stąd przyjmując do analizy wartości spalania, należy odjąć odpowiednią wartość i oszacować jak waga transportu wpływa na zużycie paliwa. Tym sposobem, została przedstawiona analiza spalania względem podobnych ocen stylu jazdy prowadzenia samochodu ciężarowego, co prezentuje tabela 4:

Tabela 4. Iloraz różnicy średniego zużycia i różnicy wag z podobnymi ocenami za styl jazdy
 Table 4. The quotient of the difference in average wear and weight difference with similar ratings for driving style

Okres:	Kierowca	Styl jazdy	Średni ciężar	Średnie podczas jazdy (l/100km)	Różnica wag:	Różnica spalania:	Iloraz różnicy spalania i różnicy wag:
1	10	8,86	26	24,49	2	0,79	0,395
	6	8,82	28	25,28			
1	8	8,79	26	24,22	1	0,43	0,43
	9	8,79	25	23,79			
1	2	8,16	34	27,65	5	1,9	0,38
	11	8,15	29	25,75			
2	6	9	24	22,54	0	0,82	0,82
	8	8,99	24	23,36			
2	1	8,41	23	22,53	9	3,81	0,423
	7	8,37	32	26,34			
2	2	7,67	33	28,23	6	3	0,5
	4	7,63	27	25,23			
Średnia ilorazów:							0,49

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X

Source: Own elaboration based on Company X data

Opierając się na wartości średniej ilorazu różnicy spalania i różnicy wag należy przeprowadzić jeszcze raz obliczenia związane z oszczędnościami:

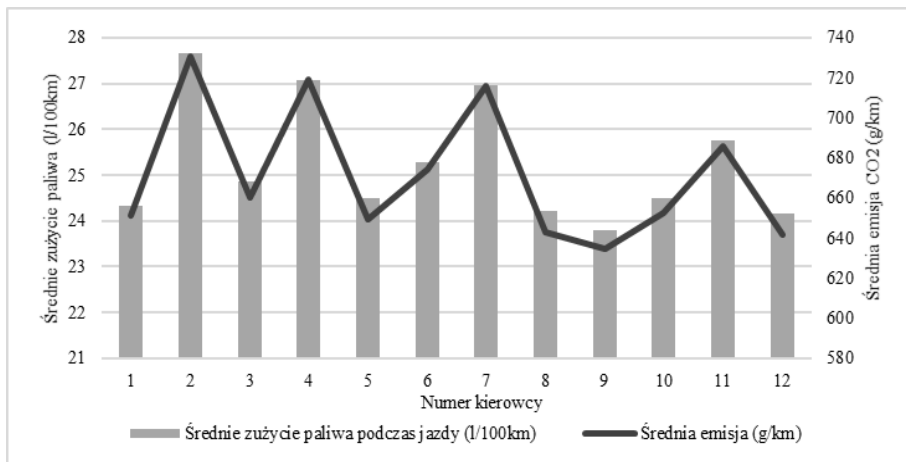
Zaoszczędzone paliwo (l) =

$$25023,63 \text{ km} \cdot (1,09 \text{ l}/100 \text{ km} - 1,5 \text{ t} \cdot 0,49 \text{ l}/(100 \text{ km} \cdot \text{t})) = \mathbf{88,83 \text{ l}}$$

Zaoszczędzony kapitał przedsiębiorstwa (zł) =

$$88,83 \text{ l} \cdot 5 \text{ zł}/\text{l} \text{ (średnia cena paliwa diesel)} = \mathbf{444,16 \text{ zł}}$$

Z powyższych obliczeń wynika, że przedsiębiorstwo X w okresie II w porównaniu do okresu I zaoszczędzi 444,16 zł na dwunastu zestawach pojazdów. Spadek ilości zużycia całkowitego paliwa (l) oraz spadek emisji CO₂ (kg) nie może być przesłanką samą w sobie o skuteczności ecodrivingu, ponieważ zmniejszenie tych wskaźników wynika przede wszystkim ze zmniejszonego dystansu oraz zmniejszonej wagi w II okresie w porównaniu do okresu I. Jednak by sprawdzić współzależność, należy zestawić ze sobą wartości średniego spalania podczas jazdy oraz wartości wyemitowanego CO₂ na każdy kilometr – dla przykładu, został podany wykres zależności wskazanych współczynników z wartości z okresu I, co przedstawia rysunek 1:



Rys. 1. Średnia wartość zużycia paliwa do średniej emisji CO₂ (g/km)

Fig. 1. The Average value of fuel consumption up to average CO₂ emissions (g / km)

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X

Source: Own elaboration based on Company X data

Warto obliczyć średnią wartość emisji CO₂ z uwzględnieniem przebytej przez pojazd drogi oraz średniego ciężaru. Tabela 5 przedstawia obliczoną średnią emisją CO₂ w przeliczeniu na 1 tonokilometr:

Tabela 5. Średnia emisja CO₂ w przeliczeniu na 1 tonokilometr

Table 5. Average CO₂ emissions per tone-kilometer

	Droga (km)	Średni ciężar (t)	Emisja CO ₂ (kg)	Średnia wartość emisji CO ₂ (g/(km*t))
ŚREDNIA OKRESU I	29054	27,33	19545150	24,61
ŚREDNIA OKRESU II	25024	25,83	15202000	23,52
RÓŻNICA	-4031	-1,50	-4343150	-1,10
PROCENT	-13,87%	-5,49%	-22,22%	-4,45%

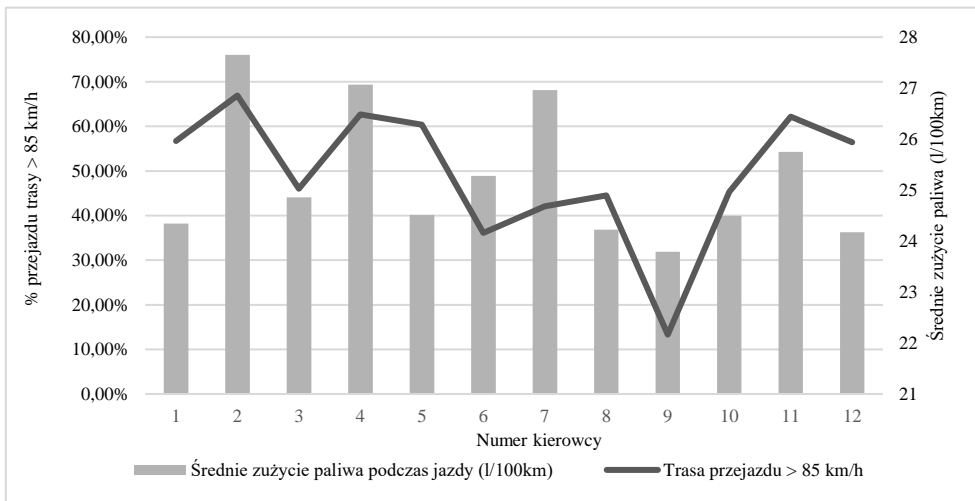
Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X

Source: Own elaboration based on Company X data

Średnia emisja CO₂ w przeliczeniu na 1 tonokilometr stanowi podstawę do wyciągnięcia wniosku, że niezależnie od przebytego dystansu oraz załadowanego ciężaru na pojazd, średnia wartość emisji CO₂ jest mniejsza o 1,10 g na każdy 1 tonokilometr, co stanowi spadek o 4,45%, a całkowita emisja CO₂ zmalała o 4343,150

kg po zaimplementowaniu ecodrivingu w przedsiębiorstwie X, co stanowi spadek o 22,22%.

W kolejnej analizie warto przybliżyć się ku sprawdzeniu porównania, jak wpływa jednostajna prędkość samochodów ciężarowych na zużycie paliwa. W zasadach ecodrivingu, należy zwracać uwagę by utrzymywać jak najdłużej daną prędkość na odpowiednim biegu – najbardziej efektywna pod względem transportu jest oczywiście najwyższa dopuszczalna prędkość przez samochód ciężarowy i dlatego jest często uwzględniana w analizach dotyczących zużycia paliwa.



Rys. 2. Porównanie średniego zużycia paliwa podczas jazdy z % trasy przejazdu > 85km/h
Fig. 2. The comparison of average fuel consumption while driving with % of the route > 85km/h

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X

Source: Own elaboration based on Company X data

Rysunek 2 wskazuje małą lecz widoczną zależność pomiędzy średnim zużyciem paliwa a procentem przejazdu trasy z prędkością większą niż 85km/h. Może to świadczyć o różnych wagach samochodów ciężarowych bądź o innych umiejętnościach ecodrivingu kierowców. By sprawdzić, czy korelacja występuje, należy wykorzystać współczynnik określający zależność liniową między dwoma zmiennymi losowymi – współczynnik Pearsona, który ma postać:

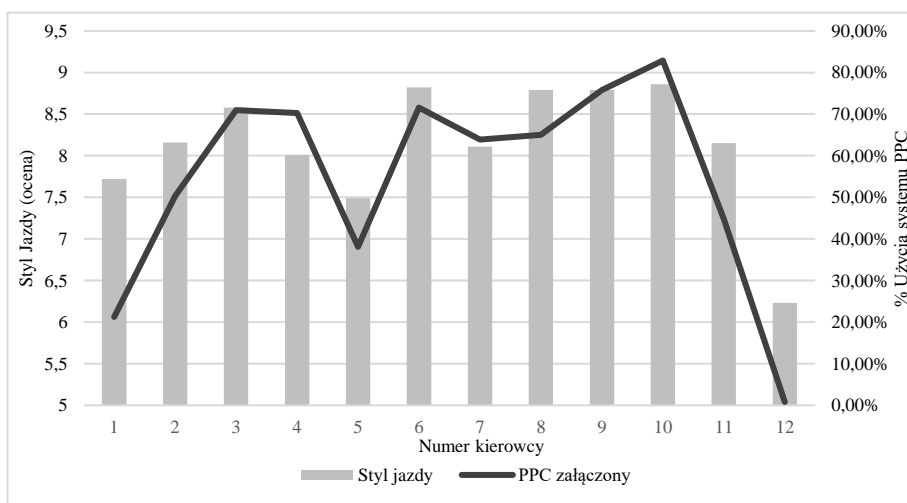
$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \mathbf{0,465} \quad (1)$$

gdzie:

x = średnie zużycie paliwa podczas jazdy (l/100 km)

y = trasa przejazdu > 85 km/h

Współczynnik korelacji Pearsona wskazuje, że zmienne losowe są umiarkowanie zależne od siebie. System PPC, który ma na celu wspieranie kierowcy w użytkowaniu skrzyni biegów oraz układu hamulcowego może pozytywnie wpływać na Styl Jazdy. W celu potwierdzenia tej tezy, należy przeanalizować wartości – przykładowo podane dla I okresu – od kwietnia do czerwca włącznie.



Rys. 3. Porównanie wskaźnika Styl Jazdy z użyciem systemu PPC

Fig. 3. The comparison of the Driving Style indicator using the PPC system

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X

Source: Own elaboration based on Company X data

Na rysunku 3 zauważyć można podobieństwo linii z wartościami słupkowymi – zatem można zauważyć, że pomimo braku we broszurze informacyjnej Styl Jazdy, koreluje ona z wynikiem za ocenę wraz z częstością korzystania z systemu Predictive Powertrain Control. By potwierdzić przypuszczenia należy ponownie skorzystać z współczynnika korelacji Pearsona:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \mathbf{0,904} \quad (2)$$

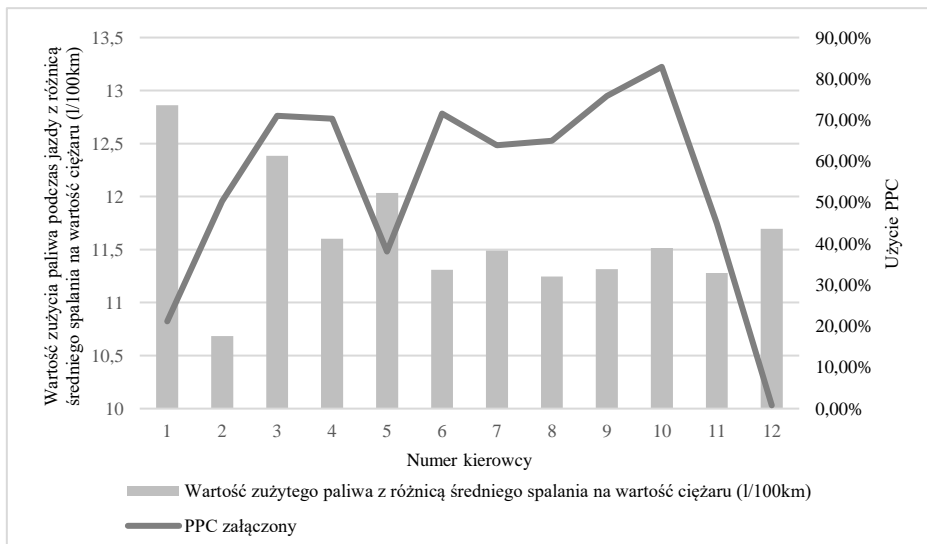
gdzie:

x = ocena Stylu Jazdy

y = użycie systemu PPC (%)

Wartość współczynnika korelacji Pearsona na poziomie 0,904 wskazuje, że zmienne są od siebie silnie zależne i potwierdza to przypuszczenia o powiązaniu oceny Stylu Jazdy z użyciem asystenta jazdy jakim jest system PPC.

Należy również sprawdzić, czy podobna współzależność występuje wraz z uwzględnieniem średniej wartości zużycia paliwa podczas jazdy. Jednak by analiza ta była jak najbardziej przybliżona do wartości względem spalania paliwa podczas jazdy oraz wagi, należy ponownie skorzystać z analizy zawartej w tabeli 5, która wskazuje współczynnik jak zmienia się wartość zużycia paliwa na jedną tonę ciężaru.



Rys. 4. Porównanie wskaźnika zużytego paliwa z różnicą średniego spalania na wartość ciężaru oraz jazdy z użyciem systemu PPC

Fig. 4. The comparison of the fuel consumption indicator with the difference in average fuel consumption per weight and driving with the use of the PPC system.

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X
Source: Own elaboration based on Company X data

Rysunek 4 przedstawia porównanie wskaźnika zużytego paliwa z różnicą średniego spalania na wartość ciężaru oraz jazdy z użyciem systemu PPC. Dodatkowo, prócz sprawdzenia wizualnego wykresu, należy posłużyć się statystyczną metodą porównania zmiennych – współczynnikiem korelacji Pearsona.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = -0,34 \quad (3)$$

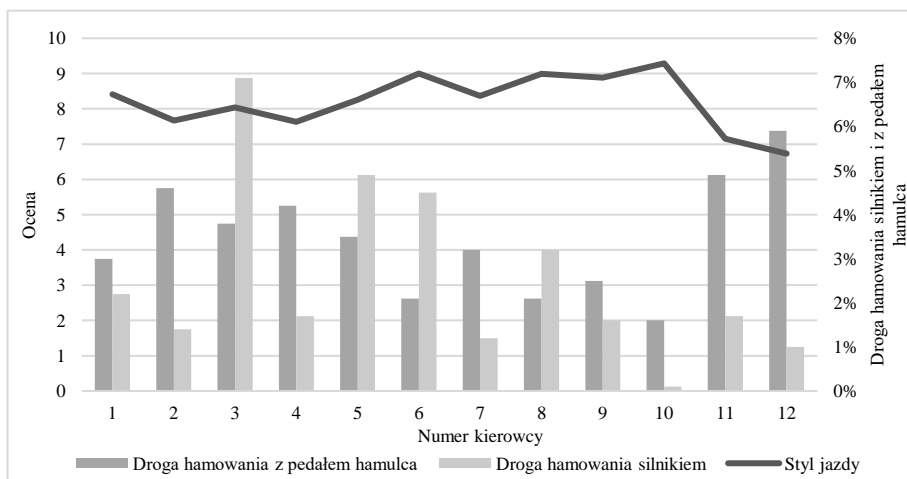
gdzie:

x = wartość zużytego paliwa z różnicą średniego spalania na ciężar [l/100km]

y = użycie systemu PPC [%]

Analiza pomimo tego, że nie jest dokładna oraz współczynnik zmienności wagi od spalania – 0.49l/100km na każdą tonę - nie jest idealny, tak wskazuje na słabą zależność ujemną użycia systemu PPC od zużycia paliwa – wartości zużycia są odwrotnie proporcjonalne do wartości użycia PPC.

Wyróżnia się kilka sposobów utraty prędkości, a są to między innymi: hamulec zasadniczy (typowy hamulec nożny występujący w większości pojazdów, nawet osobowych), hamulec silnikowy czy zwalniacz (retarder). Hamowanie powinno zaczynać się od hamulca silnikowego bądź retardera (w drugim wypadku należy uważać na warunki pogodowe), natomiast hamulec zasadniczy powinien być używany w sytuacjach, gdy nie można użyć dwóch wyżej wymienionych zasad. Kolejnym wskaźnikiem, który może decydować o poruszaniu się zgodnie z zasadą ecodrivingu jest umiejętność używania pojazdu do wytracania prędkości – hamowania. W tym celu, został stworzony wykres kombi obrazujący wpływ użycia hamulca silnikowego oraz pedału hamulca (urządzenie zasadnicze) do Stylu Jazdy kierowcy, który określany jest przez wytwórcę oprogramowania.



Rys.5. Wpływ hamowania pedałem hamulca i silnikiem na Styl Jazdy
Fig. 5. The impact of brake pedal and engine braking on Driving Style

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X
Source: Own elaboration based on Company X data

Zauważyć można na rysunku 5 obrazującym wytracanie prędkości z II okresu – od lipca do września, że używanie systemu hamowania silnikiem nie wpływa na ocenę Stylu Jazdy kierowcy. Natomiast inną obserwacją można zauważyć z pedałem hamulca – im wyższa wartość procentowa drogi pokonanej z użyciem hamulca zasadniczego, tym niższa ocena Stylu Jazdy kierowcy – by to potwierdzić, ponownie należy wrócić do statystycznego porównania zmiennych:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = -0,993 \quad (4)$$

gdzie:

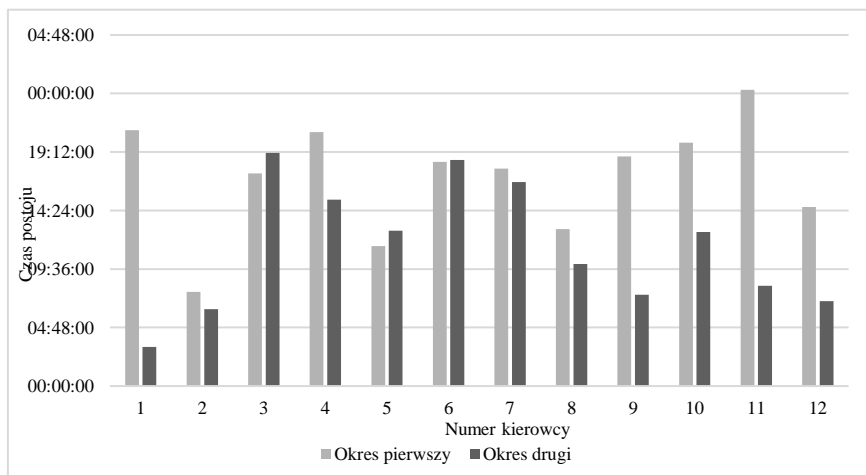
x = ocena Stylu Jazdy

y = droga hamowania z pedałem hamulca

Obliczenia potwierdzają obserwacje – współczynnik korelacji Pearsona wskazuje na silną zależność ujemną Stylu Jazdy do drogi hamowania z pedałem hamulca.

Analizie poddano również wskaźnik AdBlue – jednak w każdym z wypadków jest on zgodny z zaleceniami producenta i wynosi on około 5%, dzięki czemu można stwierdzić, że samochody ciężarowe będące w flocie przedsiębiorstwa spełniają normy emisji spalin poprzez neutralizowanie tlenków azotu.

Dodatkowo czas jazdy kierowcy w cyklu miesięcznym nie został przekroczony i oscylował w okolicy 130-170 godzin w miesiącu – co gwarantuje, że kierowca nie był przemęczony w związku z nadmiarem pracy i mógł skupić się na zasadach eco-drivingu, co wyklucza się udział przemęczenia pracownika w finalnym raporcie.



Rys.6. Czas postoju z włączonym silnikiem
Fig. 6. The time of stand with running engine

Źródło: Opracowanie własne na danych z Przedsiębiorstwa X
Source: Own elaboration based on Company X data

Kolejną wartością zawartą na rysunku 6, która może świadczyć o zasadności rozmowy i edukacji pracowników w działaniach pro-ekologicznych jest zmniejszenie wartości czasu jaki kierowcy spędzili na postoju z włączonym silnikiem względem okresu I i II. Wartość średnia postoju zmniejszyła się z 17:06:43 do 11:26:24.

Wartości toczenia się, nie zostały użyte w analizie w związku z brakiem współzależności z innymi współczynnikami, które zostały omówione.

6. ANALIZA EKONOMICZNA

Przedsiębiorstwo nie udzieliło informacji na temat kosztu wdrożenia systemu telematycznego, z którego korzysta, między innymi dlatego, że nie posiada dokładnych informacji na temat, różnicy w cenie przy zakupie ciągników Mercedes Actros bez systemu. Ponadto przy zaledwie półrocznej eksploatacji, można tylko teoretycznie rozpatrywać zachodzące procesy ecodrivingu i korzyści z nich związanych. Oszczędności w wysokości 444 zł na dwanaście zestawów przy obecnej ilości samochodów ciężarowych (50) daje możliwość do zaoszczędzenia 1800 zł na samym zużyciu paliwa. Nie wyklucza się ponadto poprawienia wyniku oszczędności zużycia paliwa w dalszym okresie czasu – na przykład poprzez dalsze rozmowy z kierowcami, systemy gratyfikacyjne czy kierując pracowników na profesjonalne szkolenia z zakresu ecodrivingu.

Część oszczędności ponadto trudno wyliczyć – takich jak: ogumienie, układ hamulcowy czy elementy mechaniki pojazdów, które również mogą być mniej lub bardziej eksploatowane podczas korzystania z zasad ekologicznej jazdy.

Na podstawie przedsiębiorstwa, charakteryzującego się podobną specyfiką oraz znajdującego się w bliskiej odległości z Przedsiębiorstwem X, można wskazać, że stopa zwrotu wynosi około 14 miesięcy. [3]

7. WNIOSKI

Implementacja ecodrivingu przyczynia się do poprawy eksploatacji floty transportowej. Ecodriving niewątpliwie jest zasadą, która wpływa na zwiększenie oszczędności przedsiębiorstwa w związku ze zmniejszeniem zużycia paliwa czy różnych układów wchodzących w skład samochodów ciężarowych. Stosowanie się do tych zasad zwiększa świadomość kierowców w ekologicznym podejściu do zarządzania całym przedsiębiorstwem. Poprawa wskaźników takich jak: zmniejszenie zużycia paliwa, zwiększenia używania asystentów prowadzenia (PPC), zwiększenie używania hamowania silnikiem i innych. Dzięki temu ograniczymy wymianę części eksploatacyjnych pojazdów, emitujemy mniej substancji powodujących globalne ocieplenie i smog do atmosfery oraz dbamy o sytuację finansową firmy. Dokonana w pracy analiza wskaźników z systemu telematycznego pozwala stwierdzić, że z punktu widzenia ekologicznego wprowadzenie ecodrivingu, korzystnie wpływa na środowisko naturalne poprzez zmniejszenie emisji CO₂ o 1,1g na każdy

tonokilometr. Chcąc dokonać analizy ekonomicznej wpływu implementacji *ecodrivingu* do przedsiębiorstwa, należy przeprowadzać kolejne badania i porównywać je z poprzednimi okresami by analiza była bardziej dokładna i uwzględniała większą ilość miesięcy bądź wartości.

LITERATURA

- [1] MIKULSKI J., Telematyka przyszłość transportu i logistyki?, *Logistyka* 2/2010.
- [2] SAŁEK R., KLIŚ M., Zastosowanie systemów telematycznych w zarządzaniu przedsiębiorstwem transportowym, Politechnika Częstochowska, https://www.researchgate.net/publication/317057461_Zastosowanie_systemow_telematycznych_w_zarzadzaniu_przedsiębiorstwem_transportowym, (dostęp: 28.10.2019 r.).
- [3] MICHALSKA J., KUBICZEK A., Zintegrowane systemy zarządzania transportem drogowym na podstawie firmy Piomar, *Journal Of Translogistics*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2017.
- [4] SANGUINETTI A., KURANI K., DAVIES J., The many reasons your mileage may vary: Toward a unifying typology of eco-driving behaviors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 52, Part A (2017) 73-84.
- [5] SŁOWIŃSKI P., BURDZIK R., FOŁĘGA P., DOMIN J., *Eco-driving – nowe podejście do transportu w logistyce*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2016.
- [6] https://roadstars.mercedes-benz.com/pl_PL/magazine/route/03-2013/better-driving-with-predictive-powertrain-control.html, (dostęp: 29.10.2019 r.).
- [7] https://www.fleetboard.pl/fileadmin/content/international/Brochures/Poland/TrM_Broschure_PL_online.pdf, Dostęp: 22.10.2019r.
- [8] <https://www.transics.com/glossary/eco-driving/>, (dostęp: 22.10.2019 r.).
- [9] EcoDriving USA. Alliance of Automobile Manufacturers. <http://www.ecodrivingUSA.com>. Accessed June 3, 2011. (dostęp: 22.10.2019 r.).
- [10] Dane na podstawie broszury informacyjnej Fleetboard Deimler od Przedsiębiorstwa X

ANALYSIS AND EVALUATION OF THE IMPLEMENTATION OF ECODRIVING IN A TRANSPORT COMPANY

Key words: *ecodriving, ecological driving, transport, telematics*

Article shows analysis of implemented telematic system FleetBoard in transportation company X. The values of gauges were evaluated, there generated in monthly reports. The gauges include such as criteria like: driving style, difficulty to use, distance, average weight, average of fuel consumption, CO₂ emissions, average of speed and other. Each of report concerns of one truck and semi-trailer. Research include data and information for monthly reports for 12 trucks from six months, which splitted to two three month duration parts. The aim of article is affirm or override hypothesis: Include *ecodriving* contribute to improvement exploitation transportation fleet.

The article witch splitted to two parts. First parts shows review of literature, second parts contains results of conducted analysis, scores and conclusions.