

**Aneks do opracowania:
Wytyczne projektowania obciążeń drogowych obiektów
mostowych wg Eurokodów w celu zastąpienia wymagań opartych
na normie PN-85/S-10030**

Zamawiający:

Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, Departament Dróg Publicznych
Ul. Chałubińskiego 4/6, 00-928 Warszawa

Wykonawca:

Konsorcjum firm:

PROMOST CONSULTING Sp. z o.o. Sp.k. Ul. Bohaterów 10 Sudeckiej Dywizji Piechoty 4, 35-307 Rzeszów	POLITECHNIKA RZESZOWSKA Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
---	---

Opracował:

Lp.	Tytuł, imię i nazwisko	Firma	Stanowisko	Uprawnienia
1	Dr hab. inż. Tomasz SIWOWSKI	Politechnika Rzeszowska Zakład Dróg i Mostów	Profesor ndzw. Kierownik Zakładu	Rzeczoznawca budowlany w zakresie mostów nr 66/01/R. Uprawnienia budowlane do projektowania obiektów mostowych M-ty-32/90, UW Rzeszów.

Rzeszów, kwiecień 2017 r.

SPIS TREŚCI

1. Podstawa i przedmiot opracowania
2. Szczegółowe odpowiedzi na uwagi zawarte w opiniach
3. Podsumowanie opinii
4. Wytyczne projektowania obciążeń drogowych obiektów mostowych zgodnie z systemem Eurokodów
5. Propozycja nowelizacji rozporządzenia MTiGM z 30 maja 2000 r.
6. Podsumowanie

1. PODSTAWA I PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Podstawą opracowania jest umowa nr DDP-U-121 z dnia 4.10.2016 r. zawarta w Warszawie pomiędzy Skarbem Państwa – Ministrem Infrastruktury i Budownictwa a konsorcjum firm: Promost Consulting T.Siwowski Sp.J. i Politechniki Rzeszowskiej.

Przedmiotem opracowania są opinie uzyskane przez Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, dotyczące opracowania pt.: Wytyczne projektowania obciążeń drogowych obiektów mostowych wg Eurokodów w celu zastąpienia wymagań opartych na normie PN-85/S-10030”, wykonanego przez konsorcjum firm: Promost Consulting T.Siwowski Sp.J. i Politechniki Rzeszowskiej w listopadzie 2016 r.

MIB w procesie opiniowania opracowania uzyskało opinie następujących podmiotów:

- a) ośrodki (zespoły) naukowe:
 - a. Politechnika Warszawska
 - b. Politechnika Wroclawska
 - c. Politechnika Poznańska
 - d. Politechnika Śląska
 - e. Politechnika Lubelska
 - f. Rada Naukowa GDDKiA
- b) biura projektowe:
 - a. Transprojekt Warszawa
 - b. Promost Warszawa
- c) stowarzyszenia naukowo – techniczne:
 - a. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP
- d) administracja drogowa:
 - a. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad

Trzy z wymienionych podmiotów opiniujących, tj.: Politechnika Śląska, Politechnika Lubelska oraz Transprojekt Warszawa, zaakceptowały opracowanie bez uwag merytorycznych. Pozostałe podmioty opiniujące wyraziły uwagi na piśmie. Autorzy opracowania odnieśli się do tych uwag w p. 2 i 3 aneksu.

Po analizie uwag zostały zmodyfikowane wytyczne projektowania obciążeń drogowych obiektów mostowych zgodnie z systemem Eurokodów (p.4). Sporządzono także powtórnie propozycję nowelizacji rozporządzenia MTiGM z 30 maja 2000 r. (p.5).

2. ANALIZA PORÓWNAWCZA REGULACJI PRAWNYCH W ZAKRESIE PROJEKTOWANIA MOSTÓW

Politechnika Warszawska

Uwaga 1: Dlaczego proponowane dla Polski współczynniki dostosowawcze tak mocno różnią się od współczynników niemieckich; ruch na polskich drogach coraz bardziej przypomina ten na drogach Niemiec; należy zwiększyć wartości polskich współczynników dostosowawczych do wartości niemieckich (w trosce o trwałość polskich dróg i mostów).

Prawdopodobna przyczyna różnic pomiędzy wartościami współczynników przyjętych w Niemczech (a także w W. Brytanii i Holandii) oraz wartościami w pozostałych krajach europejskich jest fakt, że w tych 3 krajach wykonano niedawno (lata 2005-2010) **rekalibrację współczynników oryginalnych**, bazując na pomiarach WIM, mikrosymulacji ruchu i analizie statystycznej.

Autorzy opracowania **nie znają wyników badań** pokazujących, że struktura ruchu na drogach w Niemczech jest zbliżona do struktury ruchu w Polsce. Wnioskowanie o tym tylko na podstawie sąsiedztwa tych państw jest naszym zdaniem mało uzasadnionym powodem wprowadzenia analogicznych współczynników jak w Niemczech.

Uwaga 2: Postulat opracowania polskiego modelu drogowych obciążeń ruchomych (tzw. widma obciążeń) bazującego na pomiarach obciążeń rzeczywistych.

Podobny postulat sformułowali autorzy opracowania we wnioskach końcowych: „Najbardziej racjonalnym sposobem ustalenia współczynników dostosowawczych powinno być przyjęcie modelu ruchu drogowego na polskich mostach przez opracowanie modeli obciążeń równoważnych statystycznie obciążeniom rzeczywistym, **zidentyfikowanym na podstawie pomiarów WIM**”.

Jedyny znany autorom „polski” przykład ustalenia wartości współczynników dostosowawczych na podstawie pomiarów WIM opisano w pracy [21]. Podano tam ocenę efektów ruchu pojazdów ciężkich w Polsce, bazując na pomiarach WIM z autostrady A-4 w pobliżu Wrocławia i stosując metodę mikrosymulacji. Obliczono efekty dla trzech wybranych obiektów mostowych, symulując 1000-godzinny ruch w zatorze (reprezentujący 1 rok ruchu pojazdów ciężkich, zawierający 250 dni roboczych i 4 godziny zatoru dziennie. Wyniki zostały ekstrapolowane dla 1000-letniego okresu powrotu, przyjmowanego w Eurokodzie 1 dla ustalenia wartości charakterystycznych obciążeń. Pomimo uwzględnienia ruchu ciężkiego w zatorze otrzymano wartości od 19% do 29% niższe od tych, które wyznaczano tą samą metodą dla oryginalnego modelu LM-1. Oznacza to, że średnie współczynniki dostosowawcze α powinny być na poziomie 0,71 - 0,81.

Politechnika Wroclawska

Uwaga 1: Przyjęty zakres analizy jest niewystarczający. Prawidłowa kalibracja wymaga wszechstronnych analiz w zakresie: (a) rzeczywistych obciążeń polskich mostów, określonych na podstawie badań; (b) zasad tworzenia kombinacji normowych obciążeń obiektów mostowych; (c) zasad określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych.

Założenie metody przyjętej do kalibracji współczynników opisano w opracowaniu. Jest rzeczą oczywistą, że nie mogła ona dotyczyć **indywidualnie**:

- wszystkich rodzajów obiektów mostowych,
- wszystkich możliwych schematów statycznych,
- wszystkich możliwych szerokości użytkowych,
- wszystkich elementów obiektu mostowego,
- wszystkich stanów granicznych, jakie powinny spełniać poszczególne elementy.

Analiza obejmująca wszystkie te zmienne jest po prostu **niemożliwa do wykonania**. Dlatego, kierując się własnym doświadczeniem, rozeznaniem polskiego rynku projektowego, wymaganiami stawianymi przez inwestora (GDDKiA) w specyfikacjach na projektowanie i budowę oraz znajomością stanów granicznych decydujących o bezpieczeństwie konstrukcji mostowych, ograniczono analizę do: najczęściej budowanych rodzajów obiektów mostowych i ich schematów statycznych, zalecanych przez GDDKiA szerokości użytkowych, dźwigarów głównych, jako najważniejszych elementów obiektu mostowego oraz SGN w zakresie zginania i ścinania tych elementów. Ten sposób analizy był także przyjmowanych w innych krajach, a także w podobnych opracowaniach krajowych (patrz piśmiennictwo podane w opracowaniu).

Ponadto:

ad (a): Jak napisano we wnioskach opracowania: „Najbardziej racjonalnym sposobem ustalenia współczynników dostosowawczych dla polskiego Załącznika Krajowego do PN-EN 1991-2 powinno być przyjęcie modelu ruchu drogowego na polskich mostach przez opracowanie modeli obciążeń równoważnych statystycznie obciążeniom rzeczywistym, zidentyfikowanym na podstawie pomiarów WIM”.

ad (b): Reguły kombinacji obciążeń w przypadku mostów są opisane w Eurokodzie 0, tj. PN-EN 1990. Obowiązują one w całym systemie norm europejskich i nie podlegają zmianie w załącznikach krajowych. Decydując się na stosowanie Eurokodów przyjmujemy z założenia podane w nich reguły kombinacji obciążeń.

ad (c): Eurokody nie obejmują problematyki nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych. Zasady jej określania są w Polsce ustalone zarządzeniem GDDKiA i tam mogą być modyfikowane.

Uwaga 2: Analiza współczynników dostosowawczych powinna być przeprowadzona równocześnie z analizą globalnych współczynników bezpieczeństwa konstrukcji w świetle teorii niezawodności.

Analiza globalnych współczynników bezpieczeństwa konstrukcji w świetle teorii niezawodności została wykonana przez autorów Eurokodów. Poziom bezpieczeństwa zapewniany przez system Eurokodów jest narzucony z góry i nie podlega on zmianie w załącznikach krajowych. Wyraża się on przez przyjęcie z góry narzuconych wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa: obciążeniowych γ_f i materiałowych γ_m oraz reguł kombinacji obciążeń. Jeżeli chcemy stosować Eurokody – a taki jest chyba główny cel zamawiającego – musimy zaakceptować współczynniki bezpieczeństwa narzucone przez PN-EN.

Niewielkie zmiany oryginalnych współczynników bezpieczeństwa są możliwe jedynie w przypadku niektórych współczynników materiałowych γ_m , dla których poszczególne Eurokody dopuszczają ustalenie własnych wartości w załączniku krajowym. W aktualnych polskich normach PN-EN zapisano, że do czasu opracowania załączników krajowych jest zalecane stosowanie wartości proponowanych w normie oryginalnej. Jeżeli zatem chcemy regulować globalny poziom bezpieczeństwa mostów, **należy regulować te współczynniki bezpieczeństwa**, a nie współczynniki dostosowawcze.

Uwaga 3: Przed wprowadzeniem do praktyki (rozporządzenia) propozycje powinny być zweryfikowane na reprezentatywnym zbiorze obiektów mostowych; powinny zostać ocenione skutki zmian w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji i użytkowników oraz skutki ekonomiczne w perspektywie życia technicznego mostu (utrzymanie, trwałość).

Ocena w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji np. przez ocenę globalnej miary bezpieczeństwa nie jest związana ze współczynnikami dostosowawczymi α , lecz z częściowymi współczynnikami bezpieczeństwa (γ_f i γ_m). Taka ocena – dla współczynników proponowanych w oryginalnych Eurokodach jest znana i była wielokrotnie publikowana. Np.: H. Gulvanessian, J.-A. Calgaro, M. Holický: Designers' Guide to EN 1990 Eurocode: Basis of Structural Design. ICE Publishing, London, 2012 (second edition).

Próba oceny skutków ekonomicznych wprowadzenia współczynników dostosowawczych została przedstawiona w opracowaniu. Ze względu na wielokryterialność zagadnienia i jego mocne uzależnienie od warunków rynkowych, wiarygodna i rzetelna ocena ekonomiczna takich zmian jest praktycznie niemożliwa. Pośrednio o tym, że stosowanie Eurokodów jest korzystne ekonomicznie świadczą coraz liczniejsze głosy wykonawców kontraktów D&B, którzy domagają się zgody na projektowanie obiektów mostowych wg Eurokodów.

Z tych samych powodów praktycznie niemożliwe jest rzetelne i wiarygodne porównanie skutków ekonomicznych w cyklu życia.

Politechnika Poznańska

Uwaga 1: W opracowaniu nie podano kryteriów wg jakich obliczono współczynniki dostosowawcze; najważniejsze jest, aby przyjęta miara bezpieczeństwa była nie mniejsza, niż miara bezpieczeństwa aktualnie eksploatowanych obiektów mostowych.

W opracowaniu zdefiniowano to jednoznacznie: miara bezpieczeństwa jest przyjęta zgodnie z fundamentalnymi założeniami systemu Eurokodów, przedstawionymi w PN-EN 1990. Oznacza to **przyjęcie bez zmian** z góry narzuconych wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa: obciążeniowych γ_f i materiałowych γ_m . Jeżeli chcemy stosować Eurokody – a taki jest główny cel wykonanych analiz – musimy zaakceptować współczynniki bezpieczeństwa (tj. miarę bezpieczeństwa) narzucone przez PN-EN. Eurokody nie pozostawiają tutaj możliwości regulacji na poziomie krajowym (poza kilkoma wartościami współczynników materiałowych γ_m).

Czy globalna miara bezpieczeństwa wg systemu norm nowych (PN-EN) może być mniejsza niż taka miara wg norm starych (PN)? Pomijając merytoryczne uzasadnienie (odsyłamy do bardzo bogatego piśmiennictwa w tym zakresie) należy podkreślić, że wprowadzenie na poziomie europejskim (28 państw) regulacji **zmniejszających bezpieczeństwo** europejskiej infrastruktury drogowej byłoby sprzeczne z interesami państw członkowskich (m.in. Niemiec, UK, Francji, itp.), które wszystkie (w tym Polska) zgodziły się na globalny poziom bezpieczeństwa infrastruktury, zaproponowany w Eurokodach.

Uwaga 2: Wykonana kalibracja opiera się na uproszczonych i ograniczonych analizach statycznych; nie uwzględnia efektów, jakie może wywołać jej skutek np. na pomost, podpory, czy w innych SGN; należy przeprowadzić bardziej szczegółową analizę skutków wprowadzenia współczynników na siły wewnętrzne, wszystkie podstawowe elementy mostów, pozostałe stany graniczne, itp.

Założenie metody przyjętej do kalibracji współczynników opisano w opracowaniu. Jest rzeczą oczywistą, że nie mogła ona dotyczyć **indywidualnie**:

- wszystkich rodzajów obiektów mostowych,
- wszystkich możliwych schematów statycznych,
- wszystkich możliwych szerokości użytkowych,
- wszystkich elementów obiektu mostowego,
- wszystkich stanów granicznych, jakie powinny spełniać poszczególne elementy.

Analiza obejmująca wszystkie te zmienne jest po prostu **niemożliwa do wykonania**. Dlatego, kierując się własnym doświadczeniem, rozeznaniem polskiego rynku projektowego, wymaganiami stawianymi przez inwestora (GDDKiA) w specyfikacjach na projektowanie i budowę oraz znajomością stanów granicznych decydujących o bezpieczeństwie konstrukcji mostowych, ograniczono analizę do: najczęściej budowanych rodzajów obiektów mostowych i ich schematów statycznych, zalecanych przez GDDKiA szerokości użytkowych, dźwigarów głównych jako najważniejszych elementów obiektu mostowego oraz SGN w zakresie zginania i ścinania tych elementów. Dla takich założeń wykonano w analizie numerycznej (nie licząc podejścia analitycznego) 384 modeli obliczeniowych. Autorzy uważają, że wyniki otrzymane w ten sposób (tj. dla takiej liczby obiektów) są wystarczające do wyciągnięcia wniosków dla całej populacji obiektów mostowych w Polsce. Ten sposób analizy był także przyjmowanych w innych krajach, a także w podobnych opracowaniach krajowych (patrz piśmiennictwo podane w opracowaniu).

Uwaga 3: Zaproponowane dostosowanie obciążenia LMI niesie ryzyko obniżenia bezpieczeństwa nowoprojektowanych konstrukcji.

Przedstawione przez PP uproszczone obliczenia globalnych współczynników bezpieczeństwa **nie mają nic wspólnego ze współczynnikami dostosowawczymi**, lecz są wynikiem przyjętych w systemach norm PN-S i PN-EN częściowych współczynników bezpieczeństwa: obciążeniowych γ_f i materiałowych γ_m . Nie należy mylić tych dwóch grup współczynników.

Wbrew przedstawionym wyliczeniom, Eurokody nie obniżają globalnych współczynników bezpieczeństwa dla mostów drogowych, a na pewno nie w stopniu wyliczonym przez PP. W załączonych obliczeniach są dwa zasadnicze błędy w założeniach:

- charakterystyczny efekt oddziaływań uwzględnia znacznie więcej rodzajów obciążeń (i ich częściowych współczynników γ_f), niż tylko obciążenie ruchome, jak założono w porównaniu wykonanym przez PP;
- częściowe współczynniki materiałowe γ_m dla nośności charakterystycznej wynoszą przykładowo dla konstrukcji stalowej od 1,0 do 1,25; a więc mogą być znacznie wyższe, niż przyjęto w porównaniu PP, co w sposób oczywisty zwiększa globalny poziom bezpieczeństwa.

Należy także podkreślić, że częściowe współczynniki materiałowe γ_{Mi} dla mostów można określić w załączniku krajowym. W aktualnych polskich normach PN-EN zapisano, że do czasu opracowania załącznika krajowego zalecane jest stosowanie wartości proponowanych w normie oryginalnej. Jeżeli zatem chcemy zwiększyć globalną miarę bezpieczeństwa obiektów, **należy regulować współczynniki bezpieczeństwa**, a nie współczynniki dostosowawcze.

Uwaga 4: Niezrozumiała jest propozycja wprowadzenia trzech klas obciążenia mostów i przyporządkowania klas określonym kategoriom dróg.

Propozycję tą uzasadniono w opracowaniu dwukrotnie:

- w p.5 wnioskując o „wprowadzenie w Polsce min. dwóch klas obciążalności mostów (wprowadzono w 37% państw UE) jest uzasadnione obecną praktyką krajową”;
- w p.7 uzasadniając: „wprowadzenie trzech klas I-III obciążeń ruchomych mostów drogowych jest zgodne ze stanem dotychczasowych; obecnie są stosowane także jedynie trzy klasy A-C wg normy [1] i rozporządzenia [10]”.

Można się z tym uzasadnieniem nie zgadzać, ale należałoby podać inne uzasadnione rozwiązanie. Na pewno nie powinno ono bazować na kategorii dróg, która jest związana z administratorem, lecz raczej na **klasie drogi**, która związana jest z jej parametrami technicznymi.

Uwaga 5: Alternatywą dla zaproponowanych współczynników może być przyjęcie współczynników w oparciu o kryteria obowiązujące w innych krajach o zbliżonej strukturze ruchu i zbliżonym klimacie, np. wartości obowiązujące w Niemczech.

Autorzy opracowania **nie znają wyników badań** pokazujących, że struktura ruchu na drogach w Niemczech jest zbliżona do struktury ruchu w Polsce. Natomiast klimat **nie ma żadnego znaczenia** w ustalaniu wartości współczynników dostosowawczych dla obciążenia ruchomego mostów.

Rada Naukowa GDDKiA

Uwaga 1: Zastosowana w opracowaniu kalibracja analityczna nie jest dokładna i ma wiele ograniczeń (m.in. zastosowano modele obciążeń, a nie wiadomo obciążeń rzeczywistych, tylko wybrane schematy statyczne, nie uwzględniono innych elementów mostów, porównano tylko wybrane stany graniczne).

Założenie metody przyjętej do kalibracji współczynników opisano w opracowaniu. Jest rzeczą oczywistą, że nie mogła ona dotyczyć indywidualnie:

- wszystkich rodzajów obiektów mostowych,
- wszystkich możliwych schematów statycznych,
- wszystkich możliwych szerokości użytkowych,
- wszystkich elementów obiektu mostowego,
- wszystkich stanów granicznych, jakie powinny spełniać poszczególne elementy.

Analiza obejmująca wszystkie te zmienne jest po prostu niemożliwa do wykonania. Dlatego, kierując się własnym doświadczeniem, rozeznaniem polskiego rynku projektowego, wymaganiami stawianymi przez inwestora (GDDKiA) w specyfikacjach na projektowanie i budowę oraz znajomością stanów granicznych decydujących o bezpieczeństwie konstrukcji mostowych, ograniczono analizę do: najczęściej budowanych rodzajów obiektów mostowych i ich schematów statycznych, zalecanych przez GDDKiA szerokości użytkowych, dźwigarów głównych jako najważniejszych elementów obiektu mostowego oraz SGN w zakresie zginania i ścinania tych elementów. Dla takich założeń wykonano w analizie numerycznej (nie licząc podejścia analitycznego) 384 modeli obliczeniowych. Autorzy uważają, że wyniki otrzymane w ten sposób (tj. dla takiej liczby obiektów) są wystarczające do wyciągnięcia wniosków dla całej populacji obiektów mostowych w Polsce. Ten sposób analizy był także przyjmowanych w innych krajach, a także w podobnych opracowaniach krajowych (patrz piśmiennictwo podane w opracowaniu).

Ponadto jak napisano we wnioskach opracowania: „Najbardziej racjonalnym sposobem ustalenia współczynników dostosowawczych dla polskiego Załącznika Krajowego do PN-EN 1991-2 powinno być przyjęcie modelu ruchu drogowego na polskich mostach przez

opracowanie modeli obciążeń równoważnych statystycznie obciążeniom rzeczywistym, zidentyfikowanym na podstawie pomiarów WIM”.

Uwaga 2: Zaproponowane współczynniki odpowiadają obciążeniu wg normy z 1985 r., czyli realiom lat 80-tych poprzedniego wieku. Mosty powinny być projektowane na obciążenie odpowiadające obecnemu ruchowi drogowemu, dlatego należy przyjąć współczynniki wg propozycji niemieckiej (lub równoważną).

Modele obciążeń mostów drogowych zdefiniowane w normie PN-EN 1991-2 zostały dobrane i skalibrowane w taki sposób, aby ich skutki (wraz z nadwyżką dynamiczną) przedstawiały skutki ruchu rzeczywistego w krajach europejskich **w roku 2000**. Od połowy lat 80-tych ruch drogowy w krajach UE znacząco się zwiększył, a jego ciężar wzrósł ponad dwukrotnie. Dlatego konieczna jest kalibracja modeli, uwzględniająca aktualny ruch oraz jego prognozę na przyszłość. Efekty tej kalibracji w kilku krajach opisano w opracowaniu (p.6).

W kilku krajach (Niemcy, W. Brytania, Holandia) podjęto proces rekalkibracji modeli LM-1 i LM-2 (co oznacza w praktyce ustalenie krajowych wartości współczynników dostosowawczych α_{Qi} oraz α_{qi}). Prace nad rekalkibracją modeli LM-1 i LM-2 były prowadzone w oparciu o znacząco zwiększoną bazę pomiarową WIM (*wegiht-in-motion*), uwzględniającą aktualne natężenie ruchu, jego kompozycję oraz ciężar i wielkość pojazdów (patrz poz. [16], [17], [21], [22] w opracowaniu). Wyniki tej kalibracji są następujące:

Państwo	Norma / Klasa obciążenia	Wartości współczynników dostosowawczych α						
		α_{Q1}	α_{Q2}	α_{Qi} $i \geq 3$	α_{q1}	α_{q2}	α_{qi} $i \geq 3$	α_{qr}
Niemcy	I	1,0	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Anglia	I	1,0	1,0	1,0	0,61	2,2	2,2	2,2
Holandia	I	1,0	1,0	1,0	1,15	1,4	1,4	1,0

Autorzy opracowania nie znają wyników badań pokazujących, że struktura ruchu na drogach w Niemczech jest zbliżona do struktury ruchu w Polsce. Wnioskowanie o tym tylko na podstawie sąsiedztwa tych państw jest naszym zdaniem mało uzasadnionym powodem wprowadzenia analogicznych współczynników. Jak pokazuje tabela powyżej, wyniki takiej rekalkibracji nawet w krajach o podobnym poziomie rozwoju gospodarczego mogą się znacznie różnić.

Jedyny znany autorom „polski” przykład ustalenia wartości współczynników dostosowawczych na podstawie pomiarów WIM opisano w pracy [21]. Podano tam ocenę efektów ruchu pojazdów ciężkich w Polsce, bazując na pomiarach WIM z autostrady A-4 w pobliżu Wrocławia i stosując metodę mikrosymulacji. Obliczono efekty dla trzech wybranych obiektów mostowych, symulując 1000-godzinny ruch w zatorze (reprezentujący 1 rok ruchu pojazdów ciężkich, zawierający 250 dni roboczych i 4 godziny zatoru dziennie). Wyniki zostały ekstrapolowane dla 1000-letniego okresu powrotu, przyjmowanego w Eurokodzie 1 dla ustalenia wartości charakterystycznych obciążeń. Pomimo uwzględnienia ruchu ciężkiego w zatorze otrzymano wartości od 19% do 29% niższe od tych, które wyznaczano tą samą metodą dla oryginalnego modelu LM-1. Oznacza to, że średnie współczynniki dostosowawcze α powinny być na poziomie 0,71 - 0,81.

Uwaga 3: Opracowanie nie uwzględnia dopuszczonych do ruchu po drogach publicznych pojazdów nienormalywnych o masie całkowitej 60 ton. Mosty powinny być projektowane w taki sposób, aby po każdym pasie ruchu mógł odbywać się ruch pojazdów o masie 60 ton.

System Eurokodów przewiduje dopuszczenie do ruchu po mostach pojazdów o masie 60 t. Są to tzw. pojazdy specjalne (nienormatywne), których model opisano jako Model Obciążenia 3 (LM3). Jest to zbiór zestawów nacisków osi przedstawiający pojazdy specjalne (np. do transportu przemysłowego), które mogą poruszać się po drogach dopuszczonych do obciążeń nienormatywnych. W załączniku krajowym można określić Model Obciążenia 3 oraz warunki jego stosowania. Załącznik A do PN-EN 1991-2 zawiera wytyczne dotyczące modeli typowych (w tym pojazdu 60 t) oraz warunki ich stosowania. Reguły kombinacji pojazdów specjalnych z normalnym ruchem (obejmującym modele LM1 i LM2) oraz z innymi oddziaływaniami zmiennymi mogą być zawarte w załączniku krajowym lub uzgodnione w indywidualnej dokumentacji technicznej.

Promost Warszawa

Uwaga 1: Założenie porównywania wartości charakterystycznych wg PN i PN-EN nie jest prawidłowe; będzie to miało wpływ na obniżenie poziomu bezpieczeństwa i trwałości konstrukcji; należy porównywać wartości obliczeniowe (tj. z częściowym współczynnikiem bezpieczeństwa γ_f).

Poziom bezpieczeństwa zapewniany przez system Eurokodów jest narzucony z góry i nie podlega on dyskusji na poziomie krajowym. Wyraża się on przez przyjęcie z góry narzuconych wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa: obciążeniowych γ_f i materiałowych γ_m . oraz reguł kombinacji obciążeń. Jeżeli chcemy stosować Eurokody – a taki jest chyba główny cel zamawiającego – musimy zaakceptować współczynniki bezpieczeństwa narzucone przez PN-EN. Niewielkie zmiany są możliwe jedynie w przypadku niektórych współczynników materiałowych γ_m , dla których poszczególne Eurokody dopuszczają ustalenie wartości w załączniku krajowym.

Celem wykonanego porównania są wartości i układ obciążenia ruchomego mostów drogowych wg PN-S i PN-EN. W tym przypadku Eurokod dopuszcza przyjęcie różnych wartości (lecz nie układu) obciążenia na poziomie krajowym przez wprowadzenie krajowych współczynników dostosowawczych α . Celem analizy było znalezienie takich współczynników, aby efekt obciążenia wg obu norm był porównywalny. Analiza dotyczyła zetem wartości obciążeń, a nie poziomu bezpieczeństwa, który w Eurokodach jest zdeterminowany z góry. Dlatego porównywano wartości charakterystyczne (z nadwyżką dynamiczną), a nie wartości obliczeniowe (ze współczynnikami bezpieczeństwa).

Przyjęcie do kalibracji wartości obliczeniowych oznaczałoby, że w wynikowych wartościach α uwzględniony byłby już częściowy współczynnik bezpieczeństwa. Należy zwrócić uwagę, że te wartości byłyby **powtórnie mnożone** przez obciążeniowy współczynnik bezpieczeństwa γ_f wg PN-EN na etapie sprawdzania SGN. Pomijając niepoprawność metodologiczną takiego działania, prowadziłoby ono do bezzasadnego zwiększania sił wewnętrznych w konstrukcji, prowadząc do jej przewymiarowania i związanych z tym skutków finansowych.

Przyjęcie współczynników bezpieczeństwa wg Eurokodów (γ_f i γ_m) wcale nie oznacza obniżenia poziomu bezpieczeństwa budowli. Ich kalibracja w UE była długotrwała i wnikliwa, a efekt zawarty w Eurokodach uwzględnia współczesny poziom analiz projektowych, adekwatność prowadzonych symulacji obciążeń, a także poziom jakości materiałów, wykonawstwa, itp.

Uwaga 2: Kalibracja współczynników α w PN-EN miała miejsce około 20 lat temu i odpowiada ruchowi ciężkiemu z tamtych lat; dlatego mając na uwagę 100-letni okres przewidywanej użyteczności mostów, należałoby przyjąć $\alpha > 1,0$.

Modele obciążeń mostów drogowych zdefiniowane w normie PN-EN 1991-2 zostały dobrane i skalibrowane w taki sposób, aby ich skutki (wraz z nadwyżką dynamiczną) przedstawiały skutki ruchu rzeczywistego w krajach europejskich **w roku 2000**. Szczegółowy opis kalibracji modelu LM-1 wg Eurokodu 1 można znaleźć w pracy [13]. W kilku krajach podjęto proces rekalkibracji modeli LM-1 i LM-2 (co oznacza w praktyce ustalenie krajowych wartości współczynników dostosowawczych α_{Qi} oraz α_{qi}). Prace nad rekalkibracją modeli LM-1 i LM-2 były prowadzone w oparciu o znacząco zwiększoną bazę pomiarową WIM (wagi-in-motion), uwzględniającą aktualne natężenie ruchu, jego kompozycję oraz ciężar i wielkość pojazdów (patrz poz. [16], [17], [21], [22] w opracowaniu). Od połowy lat 80-tych ruch drogowy w krajach UE znacząco się zwiększył, a jego ciężar wzrósł ponad dwukrotnie. Dlatego konieczna jest kalibracja modeli, uwzględniająca aktualny ruch oraz jego prognozę na przyszłość. Efekty tej kalibracji w kilku krajach opisano w opracowaniu (p.6).

Zdając sobie sprawę z konieczności uwzględnienia aktualnego poziomu ruchu na polskich drogach autorzy opracowania we wnioskach końcowych zaproponowali: „Najbardziej racjonalnym sposobem ustalenia współczynników dostosowawczych dla polskiego Załącznika Krajowego do PN-EN 1991-2 powinno być przyjęcie modelu ruchu drogowego na polskich mostach przez opracowanie modeli obciążeń równoważnych statystycznie obciążeniom rzeczywistym, zidentyfikowanym na podstawie pomiarów WIM”.

Uwaga 3: Badania niemieckie wykazały, że nastąpił około 80% wzrost przewozów realizowanych transportem samochodowym, co skutkowało wprowadzeniem nowych współczynników dostosowawczych.

Bazą do rekalkibracji niemieckich obciążeń mostów drogowych były **aktualne pomiary WIM rzeczywistego ruchu pojazdów ciężkich** na niemieckich mostach [16]. Pomiary wykonano w 2005 r. w tych samych punktach pomiarowych, jak 20 lat wcześniej przy kalibracji modelu LM-1 w normie DIN. Na bazie tych pomiarów, z wykorzystaniem specjalnego oprogramowania do symulacji ruchu drogowego, sporządzono prognozy ruchu do roku 2025 i przyjęto nowe współczynniki.

Można tylko po raz kolejny zacytować jeden z wniosków opracowania: „Najbardziej racjonalnym sposobem ustalenia współczynników dostosowawczych powinno być przyjęcie modelu ruchu drogowego na polskich mostach przez opracowanie modeli obciążeń równoważnych statystycznie obciążeniom rzeczywistym, **zidentyfikowanym na podstawie pomiarów WIM**”.

Badania takie należy jednak zrobić na polskich drogach, a nie na niemieckich. Autorzy opracowania **nie znają wyników badań** pokazujących, że struktura ruchu na drogach w Niemczech jest zbliżona do struktury ruchu w Polsce.

Uwaga 4: Możliwe jest wyznaczenie współczynników α , aby w efekcie ich stosowania otrzymać identyczne rozwiązanie projektowe pod względem ilości i rodzaju zastosowanego materiału wg PN i PN-EN.

Ze względu na wielokryterialność porównania tego typu analiza jest praktycznie niemożliwa do realizacji. Poza tym niezrozumiałe jest założenie, że obiekty projektowane w 2017 r. miałyby być zbudowane z takiej samej ilości materiału jak te, budowane w 1985 r. (tj. 30 lat wcześniej).

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP

Uwaga 1: Należy uwzględnić dopuszczenie do ruchu pojazdów nienormatywnych o masie 60 t, przekraczających klasę A, zgodnie z ustawą Prawo o ruchu drogowym, znowelizowaną w 2011 r.

System Eurokodów przewiduje dopuszczenie do ruchu po mostach pojazdów o masie 60 t. Są to tzw. pojazdy specjalne (nienormatywne), których model opisano jako Model Obciążenia 3 (LM3). Jest to zbiór zestawów nacisków osi przedstawiający pojazdy specjalne (np. do transportu przemysłowego), które mogą poruszać się po drogach dopuszczonych do obciążeń nienormatywnych. W załączniku krajowym można określić Model Obciążenia 3 oraz warunki jego stosowania. Załącznik A do PN-EN 1991-2 zawiera wytyczne dotyczące modeli typowych (w tym pojazdu 60 t) oraz warunki ich stosowania. Reguły kombinacji pojazdów specjalnych z normalnym ruchem (obejmującym modele LM1 i LM2) oraz z innymi oddziaływaniami zmiennymi mogą być zawarte w załączniku krajowym lub uzgodnione w indywidualnej dokumentacji technicznej.

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad

Uwaga 1: Określenie współczynników dostosowawczych poprzez porównanie jedynie sił wewnętrznych wywołanych przez charakterystyczne obciążenia ruchome w obu systemach norm budzi wątpliwości.

Zaproponowane w opracowaniu współczynniki dostosowawcze zostały określone na podstawie:

- analizy porównawczej regulacji prawnych w zakresie projektowania mostów w kilku krajach europejskich;
- analizy porównawczej wartości współczynników dostosowawczych w 19 krajach europejskich;
- krytycznej oceny metod rekalkibracji współczynników dostosowawczych w kilku krajach europejskich;
- autorskiej metody kalibracji współczynników dostosowawczych;
- szacunkowej oceny skutków wpływu nowych współczynników dostosowawczych na koszty realizacji inwestycji drogowych.

Punkt d) jw. autorzy wykonali, kierując się własnym doświadczeniem, rozeznaniem polskiego rynku projektowego, wymaganiami stawianymi przez inwestora (GDDKiA) w specyfikacjach na projektowanie i budowę oraz znajomością stanów granicznych decydujących o bezpieczeństwie konstrukcji mostowych, ograniczono analizę do: najczęściej budowanych rodzajów obiektów mostowych i ich schematów statycznych, zalecanych przez GDDKiA szerokości użytkowych, dźwigarów głównych jako najważniejszych elementów obiektu mostowego oraz SGN w zakresie zginania i ścinania tych elementów. Dla takich założeń wykonano w analizie numerycznej (nie licząc podejścia analitycznego) 384 modeli obliczeniowych. Autorzy uważają, że wyniki otrzymane w ten sposób (tj. dla takiej liczby obiektów) są wystarczające do wyciągnięcia wniosków dla całej populacji obiektów mostowych w Polsce. Ten sposób analizy był także przyjmowanych w innych krajach, a także w podobnych opracowaniach krajowych (patrz piśmiennictwo podane w opracowaniu).

Uwaga 2: Czy punktem odniesienia w porównaniu powinna być klasa obciążenia A wg PN-S-10030, czy należałoby poszukiwać innych założeń wyjściowych do określenia współczynników dostosowawczych (np. pojazdy nienormatywne 60 t, które mogą poruszać się w ruchu praktycznie niekontrolowanym (pozwolenia abonamentowe)).

Zgodnie z założeniem zamawiającego, punktem odniesienia był model obciążenia mostów drogowych wg PN-S-10030 i jego porównanie z modelem LM-1 wg PN-EN 1991-2. Jest to założenie racjonalne, gdyż w pewnym sensie „wyrównuje nośność” obiektów projektowanych wg obu systemów norm. Decyzja o przyjęciu **wyższego poziomu obciążalności mostów** od obecnej klasy A powinna być podjęta przez MIB w porozumieniu z GDDKiA. Jest to decyzja o **bardzo dużym znaczeniu finansowym** dla budżetu państwa i powinna zostać dobrze uzasadniona.

Mosty po których mogą poruszać się pojazdy ponadnormatywne powinny być projektowane dodatkowo na obciążenie modelem LM 3 wg PN-EN-1991-2. Są to tzw. pojazdy specjalne (nienormatywne). Model LM-3 jest to zbiór zestawów nacisków osi przedstawiający pojazdy specjalne (m.in. o masie 60 t), które mogą poruszać się po drogach dopuszczonych do obciążeń nienormatywnych. W załączniku krajowym można określić Model Obciążenia 3 oraz warunki jego stosowania. Załącznik A do PN-EN 1991-2 zawiera wytyczne dotyczące modeli typowych (w tym pojazdu 60 t) oraz warunki ich stosowania. Reguły kombinacji pojazdów specjalnych z normalnym ruchem (obejmującym modele LM1 i LM2) oraz z innymi oddziaływaniami zmiennymi mogą być zawarte w załączniku krajowym lub uzgodnione w indywidualnej dokumentacji technicznej.

Uwaga 3: Oszczędności powstające w związku z wykonaniem projektów obiektów wg Eurokodów z zastosowaniem współczynników dostosowawczych będą miały wpływ na trwałość obiektów, (mniejszą) w stosunku do obiektów budowanych obecnie wg norm starego systemu PN-S.

Jednym z podstawowych założeń systemu Eurokodów jest projektowy okres użytkowania budowli (tabela 2.1 wg PN-EN-1990). Mosty zalicza się do najwyższej kategorii 5, dla której projektowy okres użytkowania wynosi 100 lat. Oznacza to, że mosty prawidłowo zaprojektowane wg Eurokodów (abstrahując od innych czynników) powinny mieć zapewniony taki właśnie okres użytkowania.

Eurokod 0 zaleca, aby dla uzyskania wymaganej trwałości mostu przy projektowaniu uwzględniać (oprócz projektowego okresu użytkowania oraz wymaganych kryteriów projektowych, w tym współczynników dostosowawczych, także:

- oczekiwanych warunków środowiskowych;
- skład, właściwości i zachowanie się materiałów i wyrobów;
- właściwości gruntów;
- rodzaj ustroju konstrukcyjnego;
- kształt elementów i szczegóły konstrukcyjne;
- jakość wykonania i poziom kontroli;
- szczególne środki zabezpieczające;
- zamierzone utrzymanie w projektowym okresie użytkowania.

Większość w/w czynników oraz sposób ich uwzględnienia w projektowaniu ma nieporównywalnie większy wpływ na trwałość mostów niż racjonalnie przyjęte modele obciążeniowe (współczynniki dostosowawcze). A najlepszym dowodem na to jest bardzo duża liczba obiektów mostowych, zaprojektowanych wg PN-S-10030 i rozebranych po 15 -20 latach eksploatacji. Świadczy to jednoznacznie, że to nie projektowa klasa obciążenia mostu ma decydujący wpływ na trwałość obiektu.

Uwaga 4: GDDKiA wprowadziła do Wzorcowych Dokumentów Kontraktowych dla systemu „projektuj i buduj” możliwość projektowania mostów wg Eurokodów z zastosowaniem niemieckich współczynników dostosowawczych; powodem tej decyzji jest bezpośrednio sąsiedztwo, identyczne warunki klimatyczne, bardzo duży ruch pojazdów ciężarowych w relacji wschód – zachód; powyższe dotyczy obiektów zlokalizowanych w ciągach najważniejszych dróg, o znaczeniu strategicznym dla żywotności systemu transportowego Państwa.

Autorzy opracowania nie znają wyników badań pokazujących, że struktura ruchu na drogach w Niemczech jest zbliżona do struktury ruchu w Polsce. Wnioskowanie o tym tylko na podstawie sąsiedztwa tych państw jest naszym zdaniem mało uzasadnionym powodem wprowadzenia analogicznych współczynników. Natomiast klimat nie ma żadnego znaczenia w ustalaniu wartości współczynników dostosowawczych dla obciążenia ruchomego mostów (patrz: odpowiedź na uwagę 3, dotyczącą trwałości).

3. PODSUMOWANIE OPINII

Analizując zbiorczo stanowiska podmiotów opiniujących opracowanie (łącznie 10 opinii) można wskazać najczęściej podnoszone propozycje i/lub jej ograniczenia. Są to:

- A. Opcja niemiecka – w 5 opiniach proponuje się przyjęcie niemieckich współczynników dostosowawczych.
- B. Metodyka i zakres analizy – w 4 opiniach zakres wykonanej analizy uznano za zbyt ograniczony.
- C. Poziom odniesienia przyjęty w analizie – w 3 opiniach uznano, że przyjęty poziom odniesienia (model obciążenia z lat 80-tych, klasa A-50 ton) jest nieodpowiedni.
- D. Brak uwzględnienia pojazdów nienormatywnych 60 ton – w 3 opiniach uznano, że należy uwzględnić to obciążenie za pomocą współczynników dostosowawczych.
- E. Miara globalnego bezpieczeństwa konstrukcji – w 2 opiniach uznano, że przyjęte współczynniki dostosowawcze mogą obniżać globalne bezpieczeństwo konstrukcji.
- F. Kilka pojedynczych sugestii zawarto w 3 opiniach: zmniejszenie liczby klas obciążenia, obawa o zmniejszenie trwałości obiektów, niezbędna szersza weryfikacja skutków wprowadzenia współczynników.

Po szczegółowej analizie wszystkich zgłoszonych uwag i propozycji autorzy opracowania proponują:

- a) przyjąć wartości niemieckie jako polskie współczynniki dostosowawcze dla klasy I; głównym uzasadnieniem jest ich aktualna rekalkulacja, wykonana w 2005 r. i uwzględniająca wzrost ruchu do 2025 r. oraz bliskie sąsiedztwo obu krajów;
- b) zaniechać dalszych analiz porównawczych PN-S i PN-EN, lecz wykonać pilotażowe badania w zakresie współczynników dostosowawczych, bazujące na wynikach pomiarów WIM, mikrosymulacji ruchu drogowego oraz analizie statystycznej (metodyka zastosowana przy rekalkulacji współczynników niemieckich i angielskich); w przypadku uzyskania wyników znacząco różnych od wyników badań niemieckich należy zweryfikować wartości przyjęte wg p. a);
- c) przyjąć model obciążenia LM-3 wg PN-EN 1991-2 jako obligatoryjny w projektowaniu mostów w ciągu dróg, na których przewidziany jest niekontrolowany (abonamentowy) ruch pojazdów nienormatywnych o masie do 60 ton;
- d) wykonać analizę wartości materiałowych współczynników bezpieczeństwa γ_m w poszczególnych Eurokodach mostowych w aspekcie globalnej miary bezpieczeństwa obiektów mostowych i w uzasadnionych przypadkach skorygować oryginalne wartości w załącznikach krajowych;
- e) przyjąć dwie klasy obciążeń mostowych.

4. WYTYCZNE PROJEKTOWANIA OBCIĄŻEŃ DROGOWYCH OBIEKTÓW MOSTOWYCH ZGODNIE Z SYSTEMEM EUROKODÓW

Bazując na pracach naukowo – badawczych wykonanych w ramach opracowania podstawowego oraz na wnioskach wyciągniętych z uwag zawartych w opiniach zaproponowano polskie współczynniki dostosowawcze, umożliwiające projektowanie mostów wg Eurokodów.

Wprowadzenie **docelowych współczynników dostosowawczych**, które mogłyby zostać wprowadzone w Załączniku Krajowym do PN-EN 1991-2 wymaga nowelizacji rozporządzenia w zakresie nowych klas obciążenia mostów w zależności od kategorii i klasy drogi. Propozycje w tym zakresie zawierają tablice 4-1 i 4-2.

Tabela 4-1. Propozycja klas obciążenia mostów drogowych oraz współczynników dostosowawczych wg PN-EN 1991-2 do wprowadzenia w załączniku krajowym

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze wg PN-EN 1991-2					
	α_{Q1}	$\alpha_{Qi}, i \geq 2$	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{qi}, i \geq 3$	α_{qr}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-2. Klasy obciążeń ruchomych drogowych obiektów mostowych w zależności od kategorii i klasy drogi

Kategoria drogi	Klasa drogi	Klasa obciążenia mostów wg tablicy 4-1
Drogi krajowe	A, S, GP, G	klasa I
Drogi wojewódzkie	GP, G, Z	klasa I
Drogi powiatowe	G ¹⁾ , Z, L	klasa II
Drogi gminne	Z, L, D	klasa II

1) w przypadku dużego udziału ruchu ciężkiego administrator może wprowadzić klasę I;

5. PROPOZYCJA NOWELIZACJI ROZPORZĄDZENIA MTiGM Z 30 MAJA 2000 R.

Wprowadzenie nowych klas ruchomych obciążeń mostów drogowych wymaga pilnej nowelizacji rozporządzenia MTiGM z 30 maja 2000 r. Nowelizacja dotyczy zapisów w trzech częściach rozporządzenia: Dziale I, Rozdziale 2 i Załączniku nr 2. Poniżej przedstawiono propozycje znowelizowanych zapisów w/w części rozporządzenia.

Dział I

Przepisy ogólne

W §1 dodać nowy ustęp 4:

4. Polskie Normy projektowania wprowadzające europejskie normy projektowania konstrukcji – Eurokody, zatwierdzone i opublikowane w języku polskim, mogą być stosowane do projektowania drogowego obiektu inżynierskiego, jeżeli obejmują one wszystkie niezbędne aspekty związane z zaprojektowaniem tej konstrukcji, tj. stanowią kompletny zestaw norm umożliwiający projektowanie. Projektowanie każdego rodzaju drogowego obiektu inżynierskiego wymaga stosowania PN-EN 1990 i PN-EN 1991.

Rozdział 2.

Klasy obciążeń

§ 150.1. Wykreślić „ust.3”

2. Wykreślić cały ustęp, zmienić numerację pozostałych ustępów w § 150.

4. Wykreślić „z zastrzeżeniem ust.2”

§ 151 – wykreślić w całości (anachronizm)

Załącznik 2

KLASY OBCIĄŻEŃ TABOREM SAMOCHODOWYM OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH

1. (Zmiana treści) Klasy obciążeń taborem samochodowym obiektów inżynierskich zależne od kategorii i klasy drogi określa tabela:

Kategoria drogi	Klasa drogi	Klasa obciążenia taborem samochodowym
Drogi krajowe	A, S, GP, G	klasa I
Drogi wojewódzkie	GP, G, Z	klasa I
Drogi powiatowe	G ¹⁾ , Z, L	klasa II
Drogi gminne	Z, L, D	klasa II

1) w przypadku dużego udziału ruchu ciężkiego zarządca może wprowadzić klasę II;

2. Wykreślić w całości.

3. Wykreślić w całości.

4. Wykreślić w całości.

Dodać nowy ustęp:

2. Współczynniki dostosowawcze dla modelu LM-1 wg Polskiej Normy dla poszczególnych klas obciążenia taborem samochodowym określa tabela:

Klasa obciążenia mostu	Współczynniki dostosowawcze wg PN-EN 1991-2					
	α_{Q1}	$\alpha_{Qi}, i \geq 2$	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{qi}, i \geq 3$	α_{qr}
Klasa I	1,0	1,0	1,33	2,4	1,2	1,2
Klasa II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Dodać dwa nowe ustępy:

3. Obiekty mostowe położone w ciągu dróg publicznych, na których jest przewidziany ruch pojazdów nienormatywnych o masie do 60 ton powinny być dodatkowo zaprojektowane na obciążenie pojazdem specjalnym LM-3 wg Załącznika A do PN-EN 1991-2.
4. Pomosty obiektów mostowych powinny być dodatkowo zaprojektowane na obciążenie pojazdem specjalnym STANAG według załącznika nr 3 do rozporządzenia, ze współczynnikiem obciążenia $\gamma_r=1,35$, w obiektach mostowych:
 - a) klasy I – pojazd specjalny klasy 150;
 - b) klasy II - pojazd specjalny klasy 100.

6. PODSUMOWANIE

Podsumowując wyniki analizy, mającej na celu uwzględnienie uwag opinii podmiotów wskazanych przez MIB należy zwrócić uwagę na kilka bardzo ważnych aspektów proponowanych rozwiązań końcowych.

Proponowane wartości współczynników dostawczych przyjęte wg opcji niemieckiej są najwyższe spośród wszystkich państw Unii Europejskiej. Ich przyjęcie w Polsce będzie miało określony skutek ekonomiczny, z czego należy sobie zdawać sprawę. Autorzy opracowania proponując to rozwiązanie kierują się w tym zakresie głównie stanowiskiem GDDKiA oraz Rady Naukowej GDDKiA.

W celu modyfikacji tych współczynników w przyszłości (zakłada się rekalicację współczynników co kilkanaście lat) należy pilnie wykonać kompleksowe badania WIM, i na ich podstawie przy pomocy mikrosymulacji ruchu drogowego oraz analizy statystycznej ocenić zasadność przyjętych wartości współczynników a przede wszystkim stworzyć bazę danych niezbędną do przyszłej ich rekalicacji.

W związku z zaleceniem stosowania w projektowaniu niektórych mostów modelu obciążenia LM-3 (pojazd specjalny, ponadnormatywny) należy ciągi drogowe dla których przejazdy pojazdów ponadnormatywnych powinny być uwzględniane w projektowaniu mostów.