

Spis treści:

<b>1. Podstawa formalna wykonania opracowania</b>	2
<b>2. Cel i zakres opracowania</b>	2
<b>3. Zadania do realizacji w ramach opracowania</b>	2
<b>4. Analiza przepisów prawnych i technicznych oraz dokumentów normalizacyjnych i wiedzy technicznej w zakresie dopuszczenia do ruchu pojazdów o maksymalnej masie całkowitej nie większej niż 60 ton</b>	3
<b>4.1. Parametry techniczne pojazdów dopuszczonych do ruchu po obiektach mostowych w Polsce na podstawie różnych normatywów obciążenia</b>	3
<b>4.1.1. Wprowadzenie</b>	3
<b>4.1.2. Maksymalna masa całkowita i maksymalny nacisk osi pojazdu</b>	4
<b>4.2. Parametry techniczne pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie</b>	5
<b>4.2.1. Maksymalna masa całkowita i maksymalny nacisk osi pojazdu</b>	5
<b>4.2.2. Maksymalne wymiary pojazdu</b>	8
<b>4.3. Parametry techniczne pojazdów nienormatywnych dopuszczonych do ruchu drogowego w Polsce na podstawie zezwolenia kategorii V i VI</b>	10
<b>4.3.1. Wprowadzenie</b>	10
<b>4.3.2. Rzeczywista masa całkowita, nacisk osi i wymiary pojazdów nienormatywnych</b>	10
<b>4.4. Analiza parametrów technicznych pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie i pojazdów nienormatywnych dopuszczonych do ruchu drogowego w Polsce na podstawie zezwolenia</b>	11
<b>5. Analiza parametrów technicznych pojazdów nienormatywnych wykonana na podstawie zestawienia przekazanego przez GDDKiA</b>	13
<b>5.1. Założenia i dane ogólne</b>	13
<b>5.2. Masa pojazdów nienormatywnych</b>	15
<b>5.3. Szerokość nienormatywnych pojazdów z ładunkiem</b>	15
<b>5.4. Szerokość nienormatywnych pojazdów o masie 60 t</b>	17
<b>5.5. Długość nienormatywnych pojazdów o masie 60 t</b>	21
<b>5.6. Wysokość nienormatywnych pojazdów o masie 60 t</b>	24
<b>5.7. Obciążenie osi pojazdów nienormatywnych o masie 60 t</b>	26
<b>5.8. Obciążenie osi a długość pojazdów nienormatywnych</b>	31
<b>6. Analiza sił wewnętrznych przy obciążaniu jednego pasa ruchu pojazdem normatywnym i wybranymi pojazdami nienormatywnymi</b>	35
<b>6.1. Parametry techniczne pojazdów przyjętych do analizy</b>	35
<b>6.2. Analiza sił wewnętrznych przy obciążaniu jednego pasa ruchu</b>	35
<b>6.3. Zależność między maksymalną masą całkowitą pojazdu a rozstawem skrajnych osi</b>	45
<b>6.4. Analiza sił wewnętrznych przy obciążeniu pojazdami rzeczywistymi oraz przy obciążeniu zastępczym uwzględniającym współczynnik <math>R</math></b>	46
<b>7. Analiza sił wewnętrznych przy obciążaniu dwóch pasów ruchu według normy z 1985 r. i pojazdami nienormatywnymi o masie 60 t</b>	52
<b>8. Uwagi końcowe i wnioski</b>	55
<b>Bibliografia</b>	57

## 1. Podstawa formalna wykonania opracowania

Podstawą formalną wykonania opracowania jest umowa nr 3245/2012 zawarta między Skarbem Państwa – Generalnym Dyrektorem Dróg Krajowych i Autostrad, z siedzibą przy ul. Żelaznej 59 w Warszawie, a Instytutem Badawczym Dróg i Mostów, z siedzibą przy ul. Instytutowej 1 w Warszawie.

## 2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest określenie zasad kwalifikowania i oznakowania drogowych obiektów mostowych, pozwalających na bezpieczne przejazdy po tych obiektach pojazdów o maksymalnej masie całkowitej nie większej niż 60 ton. Przejazdy takie będą realizowane przez przewoźników na podstawie zezwoleń kategorii V lub VI, wydanych na podstawie zapisów ustawy o zmianie ustawy – Prawo o ruchu drogowym oraz niektórych innych ustaw [3].

Zakres opracowania obejmuje:

- analizę przepisów prawnych i technicznych oraz wiedzy technicznej w zakresie przejazdu pojazdów o maksymalnej (rzeczywistej) masie całkowitej nie większej niż 60 ton;
- opracowanie metody oceny drogowych obiektów mostowych, pod kątem dopuszczenia do ruchu pojazdów o maksymalnej masie całkowitej (rzeczywistej) nie większej niż 60 ton;
- ustalenie kryteriów i warunków przejazdu pojazdów o maksymalnej masie całkowitej nie większej niż 60 ton po obiektach mostowych oraz propozycję oznakowania obiektów.

## 3. Zadania do realizacji w ramach opracowania

W ramach opracowania należy zrealizować następujące zadania:

Zadanie 1:

**Analiza przepisów prawnych i technicznych oraz dokumentów normalizacyjnych i wiedzy technicznej** w zakresie dopuszczenia do ruchu pojazdów o maksymalnej masie całkowitej (rzeczywistej) nie większej niż 60 ton.

Zadanie 2:

**Opracowanie metody oceny drogowych obiektów mostowych, określającej możliwość bezpiecznego przejazdu pojazdów** o maksymalnej (rzeczywistej) masie całkowitej nie większej niż 60 ton, **z określeniem zasad ich poruszania się** po obiektach (oznakowanie pionowe).

Przy opracowywaniu metody należy wykorzystać następujące bazy danych:

- **bazę SGM** obiektów mostowych zlokalizowanych w ciągach dróg krajowych, zarządzanych przez Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad;
- **wojskowe klasy obciążenia MLC** obiektów mostowych wyznaczone metodą MILORY i **nośności użytkowe** obiektów mostowych wyznaczone metodą RYM-IBDiM;
- **baza wniosków o zezwolenie na przejazd pojazdów nienormatywnych** o maksymalnej masie całkowitej nie większej niż 60 ton.

Zadanie 3:

**Zasady klasyfikacji drogowych obiektów mostowych** na podstawie opracowanej metody, z uwagi na możliwość i sposób przejazdu pojazdów o maksymalnej masie całkowitej nie większej niż 60 ton.

Zadanie 4:

**Kryteria i warunki przejazdu pojazdów** o maksymalnej masie całkowitej nie większej niż 60 ton po obiektach mostowych **oraz propozycja oznakowania obiektów eksploatowanych i nowoprojektowanych**. Przedstawienie niezbędnych zmian w obowiązujących przepisach oraz podanie kierunków dalszych prac dotyczących ruchu pojazdów o maksymalnej masie całkowitej nie większej niż 60 ton.

Praca jest podzielona na dwa etapy:

Etap I

**Realizacja zadań w zakresie działań doraźnych**, zapewniających bezpieczeństwo konstrukcji obiektów mostowych i ich użytkowników  
Termin realizacji etapu I – 15 września 2012 r.

Etap II

**Realizacja zadań w zakresie działań docelowych**, zapewniających bezpieczeństwo konstrukcji obiektów mostowych i ich użytkowników  
Termin realizacji etapu II – 15 grudnia 2012 r.

Niniejsze opracowanie stanowi realizację etapu I.

#### **4. Analiza przepisów prawnych i technicznych oraz dokumentów normalizacyjnych i wiedzy technicznej w zakresie dopuszczenia do ruchu pojazdów o maksymalnej masie całkowitej nie większej niż 60 ton.**

##### **4.1. Parametry techniczne pojazdów dopuszczonych do ruchu po obiektach mostowych w Polsce na podstawie różnych normatywów obciążenia**

###### **4.1.1. Wprowadzenie**

Sieć dróg publicznych w Polsce liczy 406 122 km, z czego 18 368 km stanowią drogi krajowe, a pozostałą część – 387 514 km - drogi samorządowe (informacje o stanie sieci dróg publicznych są z kwietnia 2012 r.). Drogi krajowe, na których średni dobowy ruch SDR wynosi 9 888 pojazdów, można podzielić na:

- autostrady, które liczą 1 127 km, przy SDR wynoszącym 23 285 pojazdów,
- drogi ekspresowe, które liczą 793 km, przy SDR wynoszącym 19 567 pojazdów,
- drogi główne ruchu przyspieszonego i główne, które liczą 16 449 km.

Drogi krajowe, mimo że stanowią tylko 5% dróg w sieci dróg publicznych, przenoszą aż 60% całego ruchu drogowego (czyli, że drogi samorządowe, stanowiące 95% dróg publicznych, przenoszą tylko 40% ruchu drogowego).

Autostrady i drogi ekspresowe tworzą sieć dróg szybkiego ruchu. Obecnie sieć tych dróg liczy 1 920 km. W budowie jest 1 268 km dróg, w tym: autostrad - 529 km, a dróg ekspresowych – 739 km. Do 2020 r. planuje się wybudowanie sieci dróg szybkiego ruchu na poziomie 4 400 km. Docelowo sieć ta będzie liczyła około 7 300 km dróg, w tym autostrad będzie około 2 000 km, a dróg ekspresowych – około 5 300 km. Jeżeli zostaną wykonane drogi będące obecnie w budowie, docelowa sieć drogowa będzie zrealizowana w 83% - w odniesieniu do autostrad i w 29% - w odniesieniu do dróg ekspresowych.

W Polsce w ciągach dróg publicznych znajduje się ponad 30 000 obiektów mostowych. Przy projektowaniu tych obiektów na przestrzeni prawie 100 lat korzystano z 8. różnych normatywów dotyczących obciążenia. Były to normatywy wydane w latach: 1920 [10], 1926 [11], 1945 [13], 1952 [14], 1956 [15], 1966 [16] i 1985 [17], a na obszarach zachodniej i północnej części kraju - była to niemiecka norma DIN – 1072 [12], wydana w 1931 r.

Obiekty mostowe są zlokalizowane na drogach różnych kategorii. Tylko w odniesieniu do dróg krajowych, zarządzanych przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad, został utworzony system zarządzania obiektami mostowymi. Od lat 80. XX w. do zarządzania obiektami mostowymi znajdującymi się w sieci tych dróg jest stosowany System Gospodarki Mostowej - SGM. Tak więc charakterystykę obiektów mostowych zlokalizowanych w sieci dróg krajowych można przeprowadzić na podstawie danych, zawartych w SGM, m.in. takich jak: schemat statyczny, przekrój poprzeczny przęsła, materiał konstrukcyjny i rozpiętość przęsła.

W normatywach obciążania, oprócz obciążenia normowego stosowanego przy projektowaniu obiektów mostowych, zazwyczaj podawano również maksymalny nacisk osi i maksymalną masę pojazdów, które mogą bez ograniczeń poruszać się po obiekcie mostowym zaprojektowanym według danego normatywu lub, które stanowiły podstawę przyjęcia określonego obciążenia normatywnego.

Z uwagi na fakt, że im normatyw był później wydany, tym dopuszczano na jego podstawie do przejazdu po obiektach większe obciążenie eksploatacyjne, uznano, że obecnie ruch pojazdów ciężkich powinien odbywać się z zasady po obiektach wybudowanych po 1945 r.

#### **4.1.2. Maksymalna masa całkowita i maksymalny nacisk osi pojazdu**

W tabelicy 1 podano rok wydania normatywu, normatywną klasę obciążania oraz maksymalną masę całkowitą i maksymalny nacisk osi pojazdów, które mogą poruszać się po obiekcie mostowym zaprojektowanym na dane obciążenie normatywne.

W ciągach dróg publicznych od 1945 r. projektowano obiekty mostowe na różne klasy obciążania. Po obiektach tych mogły poruszać się pojazdy o masie ściśle związanej z klasą obciążania. Na przykład na podstawie normatywów projektowania z roku 1956 i 1966 po obiektach zaprojektowanych na najwyższą klasę mogły poruszać się pojazdy o masie 30 t, a najniższą klasę – 10 t.

Zazwyczaj w ciągach dróg krajowych znajdują się obiekty mostowe zaprojektowane na najwyższą klasę obciążenia (pierwszą lub A). Po obiektach zaprojektowanych na tę klasę obciążenia w latach od 1945 r. do 1956 r. były dopuszczone do ruchu na podstawie zapisów normowych pojazdy o masie do 20 t, od 1956 r. do 1985 r. - pojazdy o masie do 30 t, a od 1985 r. do chwili obecnej – pojazdy o masie do 50 t.

**Tablica 4.1. Zestawienie maksymalnej masy i maksymalnego nacisku osi pojazdów dopuszczonych do ruchu po obiektach mostowych na podstawie różnych normatywów obciążania**

Rok wydania Normatywu	Klasa obciążenia	Masa pojazdu	Nacisk osi
[rok]	[-]	[t]	[t]
1945	I	20	12
	II	15	9
	III	10	6
	IV	5	3
1952	I	20	14,4
	II	15	10,4
	III	10	7,2
1956	I	30	2 × 12,0
	II	15	12,0
	III	10	8,0
1966	I	30	2 × 12,0
	II	15	10,0
	III	10	6,0
1985	A	50	
	B	40	
	C	30	
	D	20	
	E	15	

## 4.2. Parametry techniczne pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie

### 4.2.1. Maksymalna masa całkowita i maksymalny nacisk osi pojazdu

Obciążanie eksploatacyjne na europejskiej sieci drogowej można scharakteryzować podając maksymalną masę całkowitą i maksymalny nacisk osi, w rozumieniu rozporządzenia [5], pojazdów ciężarowych biorących udział w międzynarodowym ruchu drogowym. W odniesieniu do infrastruktury drogowej maksymalny nacisk osi pojazdów jest zdeterminowany przez konstrukcję nawierzchni drogowej, natomiast maksymalna masa całkowita pojazdów jest uzależniona od nośności obiektów mostowych, w rozumieniu rozporządzenia [4], usytuowanych w sieci drogowej.

W tablicy 2 zestawiono parametry techniczne dotyczące maksymalnej masy i nacisku osi pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w krajach europejskich, według danych uzyskanych z Międzynarodowego Forum Transportu.

W ostatnich dwóch wierszach tablicy podano wymagania dotyczące pojazdów poruszających się na terytorium Wspólnoty Europejskiej, zgodne z wymaganiami dyrektywy Rady 96/53/WE [1] oraz na terytorium Polski, zgodnie z wymaganiami rozporządzenia ministra właściwego ds. transportu [5]. W dyrektywie zarówno masa, jak i nacisk osi jest wyrażony w tonach, przy czym według art. 2 dyrektywy [1] tona oznacza ciężar wywołany obciążeniem masą jednej tony, który odpowiada 9,8 kiloniutona.

**Tablica 4.2. Zestawienie maksymalnej masy i maksymalnego nacisku osi pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie**

Kraj europejski	A <sub>B1</sub>	A <sub>D1</sub>	M <sub>L2</sub>	M <sub>L3</sub>	M <sub>R4</sub>	M <sub>R(5-7)</sub>	M <sub>T(5-7)</sub>
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
Albania	10	11,5	18	26	36	40	44
Armenia	10	10	18	22	36	36	36
Austria	10	11,5	18	26	36	40	40
Azerbejdżan	10	10	18	24	36	42	44
Belgia	10	12	19	26	39	44	44
Białoruś	10	11,5	20	25	40	40/42	42/44
Bośnia i Hercegowina	10	11,5	19	26	38	40	40
Bułgaria	10	11,5	18	26	36	40	40
Chorwacja	10	11,5	18	24	36	40	40
Czarnogóra	10	-	16	24	36	40	40
Republika Czeska	10	11,5	18	26	36	44	42/48
Dania	10	11,5	18	26	38	42/48	42/48
Estonia	10	11,5	18	26	36	40	40
Finlandia	10	11,5	18	26	36	44/60	42/48
Francja	13	13	19	26	38	40	40
FYROM	10	11,5	18	24	31	40	40
Grecja	10	13	19	26	33	40	40
Gruzja	10	11,5	-	-	44	44	44
Hiszpania	10	11,5	18	26	36	40	42/44
Holandia	10	11,5	21,5	33	40	50	50
Islandia	10	11,5	18	26	36	40	44
Irlandia	10	11,5	18	26	36	44	44
Lichtenstein	10	11,5	18	26	36	40	40
Litwa	10	11,5	18	26	36	40	40/44
Luksemburg	10	12	19	26	44	44	44
Łotwa	10	11,5	18	26	40	40	40
Malta	10	11,5	18	25	36	40	40/44
Mołdowa	10	10	18	24	36	40	40
Niemcy	10	11,5	18	26	36	40	40

**(c.d.) Tablica 4.2. Zestawienie maksymalnej masy i maksymalnego nacisku osi pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie**

Kraj europejski	$A_{B1}$	$A_{D1}$	$M_{L2}$	$M_{L3}$	$M_{R4}$	$M_{R(5-7)}$	$M_{T(5-7)}$
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
Norwegia	10	11,5	19	26	37	42	44
Polska	10	11,5	18	26	36	40	40
Portugalia	10	12	19	26	37	40	40
Rosja	10	10	18	25	36	38	38
Rumunia	10	11,5	18	25	36	40	40
Serbia	10	11,5	18	26	32	40	40
Słowacja	10	11,5	18	26	36	40	40
Słowenia	10	11,5	18	26	36	40	40
Szwajcaria	10	11,5	18	26	36	40	40
Szwecja	10	11,5	18	26	38	48/60	48/60
Turcja	10	11,5	18	26	36	40	40/44
Ukraina	11	11	16	22	38	38	38
Węgry	10	11,5	18	25	30	40	40/44
Wielka Brytania	10	11,5	18	26	36	40	40/44
Włochy	12	12	18	26	40	44	44
WE	10	11,5	18	26	36	40	44
Polska	10	11,5	18	26	36	40	44

Oznaczenia przyjęte w tablicy:

$A_{B1}$  – nacisk pojedynczej osi nienapędowej

$A_{D1}$  – nacisk pojedynczej osi napędowej

$M_{L2}$  – masa 2-osiowego pojazdu samochodowego

$M_{L3}$  – masa 3-osiowego pojazdu samochodowego

$M_{R4}$  – masa 4-osiowego zespołu pojazdów

$M_{R(5-7)}$  – masa 5, 6 lub 7-osiowego zespołu pojazdów

$M_{T(5-7)}$  – masa 5, 6 lub 7-osiowego pojazdu członowego.

Należy zauważyć, że zgodnie z dyrektywą Rady WE [1] w krajach europejskich są obecnie dopuszczone do ruchu po drogach publicznych pojazdy pięćosiowe o dopuszczalnej masie całkowitej do 40 t i sześćosiowe o masie do 44 t, przewożące 40-stopowy kontener według normy ISO. Zgodnie z art. 4 ust. 2 dyrektywy [1] Państwa Członkowskie na swoim terytorium mogą dopuścić do ruchu pojazdy o większej masie, niż podana w dyrektywie. Na tej podstawie w niektórych krajach europejskich dopuszczono do ruchu pojazdy o maksymalnej masie całkowitej równej: 48 t – w Republice Czeskiej i Danii, 50 t – w Holandii oraz 60 t – w Finlandii i Szwecji. W Polsce w rozporządzeniu ministra właściwego ds. transportu [5] dopuszczono do ruchu po drogach publicznych pojazdy o parametrach takich, jak w dyrektywie Rady.

#### 4.2.2. Maksymalne wymiary pojazdu

W tabelicy 3 porównano parametry techniczne dotyczące maksymalnych wymiarów pojazdów ciężarowych według danych uzyskanych z Międzynarodowego Forum Transportu. W ostatnich dwóch wierszach tabelicy podano wymagania dotyczące pojazdów poruszających się na terytorium Wspólnoty Europejskiej, zgodne z wymaganiami dyrektywy Rady 96/53/WE [1] oraz na terytorium Polski, zgodnie z wymaganiami rozporządzenia ministra właściwego ds. transportu [5].

**Tabela 4.3. Zestawienie maksymalnych wymiarów pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie**

Kraj europejski	H	W	L <sub>L</sub>	L <sub>R</sub>	L <sub>T</sub>
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Albania	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Armenia	4,00	2,55	12,00	20,00	20,00
Austria	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Azerbejdżan	4,00	2,55	12,00	20,00	-
Belgia	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Białoruś	4,00	2,55	12,00	20,00	24,00
Bośnia i Hercegowina	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Bułgaria	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Chorwacja	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Czarnogóra	4,00	2,50	12,00	18,00	16,50
Republika Czeska	4,00	2,50	16,50	18,75	18,75
Dania	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Estonia	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Finlandia	4,20	2,60	12,00	25,25	16,50
Francja	-	2,55	12,00	18,75	16,50
FYROM	4,10	2,60	12,00	18,75	16,50
Grecja	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Gruzja	4,00	2,55	12,00	20,00	20,00
Hiszpania	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Holandia	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Islandia	4,20	2,55	12,00	22,00	18,75
Irlandia	4,65	2,55	12,00	18,75	16,50
Lichtenstein	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Litwa	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Luksemburg	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Łotwa	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Malta	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50



**(c.d.) Tablica 4.3. Zestawienie maksymalnych wymiarów pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie**

Mołdowa	4,00	2,50	12,00	20,00	16,50
Niemcy	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Norwegia	-	2,55	12,00	19,50	17,50
Polska	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Portugalia	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Rosja	4,00	2,55	12,00	20,00	20,00
Rumunia	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Serbia	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Słowacja	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Słowenia	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Szwajcaria	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Szwecja	-	2,55	24,00	24,00	25,25
Turcja	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Ukraina	4,00	2,60	22,00	22,00	22,00
Węgry	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
Wielka Brytania	-	2,55	12,00	18,75	16,50
Włochy	4,00	2,55	12,00	18,75	16,50
WE	4,00	2,60	12,00	18,75	16,50
Polska	4,00	2,60	12,00	18,75	16,50

Oznaczenia przyjęte w tablicy:

H – wysokość pojazdu

W – szerokość pojazdu

L<sub>L</sub> – długość pojazdu samochodowego

L<sub>R</sub> – długość zespołu pojazdów

L<sub>T</sub> – długość pojazdu członowego

Należy zauważyć, że zgodnie z dyrektywą Rady 96/53/WE [1] do ruchu po drogach publicznych są obecnie dopuszczone pojazdy członowe o długości do 16,50 m i zespoły pojazdów o długości do 18,75 m. W Polsce w rozporządzeniu ministra właściwego ds. transportu [5] dopuszczono do ruchu po drogach publicznych pojazdy o parametrach takich, jak w dyrektywie Rady (należy zauważyć, że w rozporządzeniu [5] dopuszczono do ruchu również zespół pojazdów o długości do 22,00 m, złożony z trzech pojazdów, w którym pojazdem ciągnącym jest pojazd wolnobieżny lub ciągnik rolniczy).

### **4.3. Parametry techniczne pojazdów nienormatywnych dopuszczonych do ruchu drogowego w Polsce na podstawie zezwolenia kategorii V i VI**

#### **4.3.1. Wprowadzenie**

W ustawie z dnia 18 sierpnia 2011 r. [3] zawarto wiele zapisów dotyczących przejazdu po drogach publicznych pojazdów nienormatywnych. Między innymi są zapisy zasadniczo zmieniające dotychczasowy stan prawny. Na przykład, zezwolenia kategorii V i VI na przejazd pojazdu nienormatywnego (o masie do 60 t) mogą być wydawane na okres: 1 miesiąca, 6, 12 lub 24 miesięcy (zezwolenia takie wydaje Generalny Dyrektor Dróg Krajowych i Autostrad). Ponadto są podane parametry pojazdu nienormatywnego, po przekroczeniu których przejazd pojazdu powinien być pilotowany.

Według art. 64 ust. 1 ppkt 3), przejazd pojazdu nienormatywnego jest pilotowany, gdy jest przekroczona co najmniej jedna z następujących wielkości:

- długość – 23,0 m,
- szerokość – 3,2 m,
- wysokość – 4,5 m,
- maksymalna (rzeczywista) masa całkowita – 60 t.

W ustawie [3] podano parametry pojazdów wymagających zezwolenia na przejazd różnych kategorii – od I do VII, w tym kategorii V i VI dotyczą przejazdu pojazdów o masie do 60 ton.

#### **4.3.2. Rzeczywista masa całkowita, nacisk osi i wymiary pojazdów nienormatywnych**

Parametry pojazdu, który wymaga zezwolenia na przejazd kategorii V są następujące:

- wysokość jest nie większa niż 4,3 m;
- długość jest nie większa niż:
  - 15 m, w odniesieniu do pojedynczego pojazdu,
  - 23 m, w odniesieniu do zespołu pojazdów,
  - 30 m, w odniesieniu do zespołu pojazdów o skrętnych osiach;
- szerokość jest nie większa niż 3,4 m;
- nacisk osi jest nie większy niż dopuszczalny na danej drodze;
- masa całkowita jest nie większa niż 60 t.

Parametry pojazdu, który wymaga zezwolenia na przejazd kategorii VI:

- wysokość i długość pojazdu oraz masa całkowita są takie, jak w zezwoleniu kategorii V;
- szerokość jest nie większa niż:
  - 3,4 m, w odniesieniu do drogi jednojezdniowej,
  - 4,0 m, w odniesieniu do drogi dwujezdniowej klasy A, S i GP;
- nacisk osi jest nie większy niż 11,5 t.

#### 4.4. Analiza parametrów technicznych pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie i pojazdów nienormatywnych dopuszczonych do ruchu drogowego w Polsce na podstawie zezwolenia

W tabelicy 4 porównano parametry techniczne:

- pojazdów, które można uznać za normatywne, dopuszczonych do ruchu w krajach europejskich na podstawie dyrektywy WE [1] i w Polsce na podstawie rozporządzenia [5],
- pojazdów nienormatywnych, których przejazd wymaga zezwolenia na podstawie ustawy [3] oraz
- pojazdów nienormatywnych, których przejazd wymaga zezwolenia i pilotowania, na podstawie ustawy [3].

**Tablica 4.4. Porównanie parametrów technicznych pojazdów ciężarowych dopuszczonych do ruchu drogowego w Europie i pojazdów nienormatywnych dopuszczonych do ruchu drogowego w Polsce na podstawie zezwolenia**

Parametr		Pojazdy ciężarowe	N	NN	P
wysokość	[m]	Pojazdy wszystkie	$\leq 4,00$	$\leq 4,30$	$> 4,50$
szerokość	[m]	Pojazdy wszystkie,	$\leq 2,55^{**})$	$\leq 3,40$ lub $4,00$	$> 3,20$
		z wyjątkiem z izolacją termiczną	$\leq 2,60$		
długość	[m]	Pojazd samochodowy	$\leq 12,00$	$\leq 15,00$	$> 23,00$
		Pojazd członowy	$\leq 16,50$	$\leq 23,00$ $\div 30,00^{***})$	
		Zespół pojazdów,	$\leq 18,75$		
		z wyjątkiem złożonego z 3 pojazdów *)	$\leq 22,00$		
nacisk osi	[t]	Pojazdy wszystkie	$\leq 11,5$	$\leq 11,5$	-
masa	[t]	Pojazdy 5. Osiowe	$\leq 40,0$	$\leq 60,0$	$> 60,0$
		Pojazdy 6. osiowe, przewożące 40-stopowy kontener ISO	$\leq 44,0$		

\*) według rozporządzenia [5] pojazdem ciągnącym jest pojazd wolnobieżny lub ciągnik rolniczy

\*\*) w ustawie [3] za normatywny uznano pojazd o szerokości do 3,00 m

\*\*\*) zespół pojazdów o osiach skrętnych

W tabelicy przyjęto następujące oznaczenia:

N – pojazd normatywny dopuszczony do ruchu po drogach publicznych w Europie na podstawie dyrektywy [1] i Polsce na podstawie rozporządzenia [5]

NN – pojazd nienormatywny dopuszczony do ruchu po drogach publicznych na mocy zezwoleń V lub VI kategorii, wydawanych na okres do 24 miesięcy na podstawie ustawy [3]

P – pojazd nienormatywny dopuszczony do ruchu po drogach publicznych na podstawie ustawy [3] pod warunkiem pilotowania.

Według załącznika do ustawy [3] zezwolenie V kategorii pozwala na przejazd po wszystkich drogach publicznych, natomiast zezwolenie kategorii VI – tylko po drogach krajowych, zgodnie z wykazem dróg krajowych, po których może odbywać się przejazd pojazdu nienormatywnego. Zapis ten jest skutecznie zmieniony zapisem art. 64c ust. 6 ustawy [3], według którego zezwolenie kategorii VI uprawnia do poruszania się drogami określonymi w zezwoleniu kategorii V. Tak więc, zgodnie z zapisami ustawy [3] pojazdy o nacisku osi do 11,5 t oraz o masie do 60 t będą mogły poruszać się po wszystkich drogach publicznych w Polsce. Podobnie jak przejazd pojazdów o nacisku osi do 11,5 t, na które otrzymano zezwolenie IV kategorii będzie mógł odbywać się po wszystkich drogach publicznych w Polsce (art. 64c ust. 5). Ponadto, zgodnie z art. 64e ust. 1 ppkt 2) pojazd z ładunkiem o szerokości do 3,00 m nie jest nienormatywny.

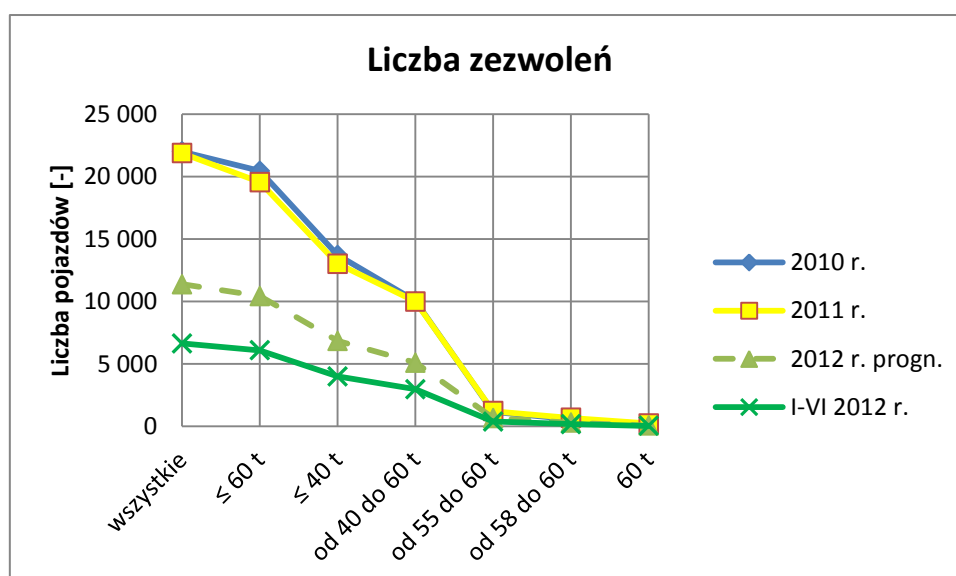
## 5. Analiza parametrów technicznych pojazdów nienormatywnych wykonana na podstawie zestawienia przekazanego przez GDDKiA

### 5.1. Założenia i dane ogólne

Analizę parametrów technicznych pojazdów przeprowadzono odnośnie do pojazdów nienormatywnych uprawnionych do poruszania się po drogach publicznych na podstawie zezwoleń wydanych przez Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad. Wykorzystano dane, które GDDKiA przekazała, pismem nr GDDKiA-DZ-WZM-pb-060-08/2012 z dnia 12 sierpnia 2012 r., na nośniku CD-R. Są to zestawienia wydanych zezwoleń na przejazd pojazdu nienormatywnego, z programu PPN za rok 2010, 2011 oraz I półrocze 2012 r. w zakresie pojazdów o masie całkowitej pojazdu z ładunkiem do 60 ton włącznie. Zezwolenia dotyczą ponad 50 000 pojazdów o różnych gabarytach i parametrach technicznych. Zestawienie liczby pojazdów nienormatywnych w rozbiciu na lata i masę całkowitą przedstawiono w tabelicy 5.1. oraz na rys. 5.1.÷5.3.

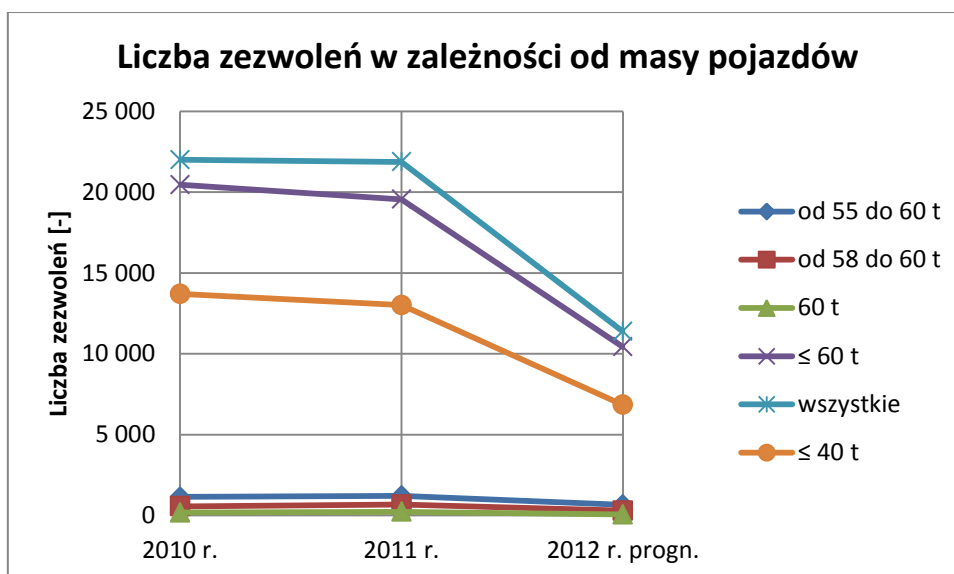
**Tablica 5.1. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń, sporządzone w dniu 30.07.2012 r.**

Pojazdy o masie całkowitej [t]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
wszystkie	22 008	21 875	6 641
do 60	20 461	19 559	6 086
od 40 do 60	10 043	10 000	2 975

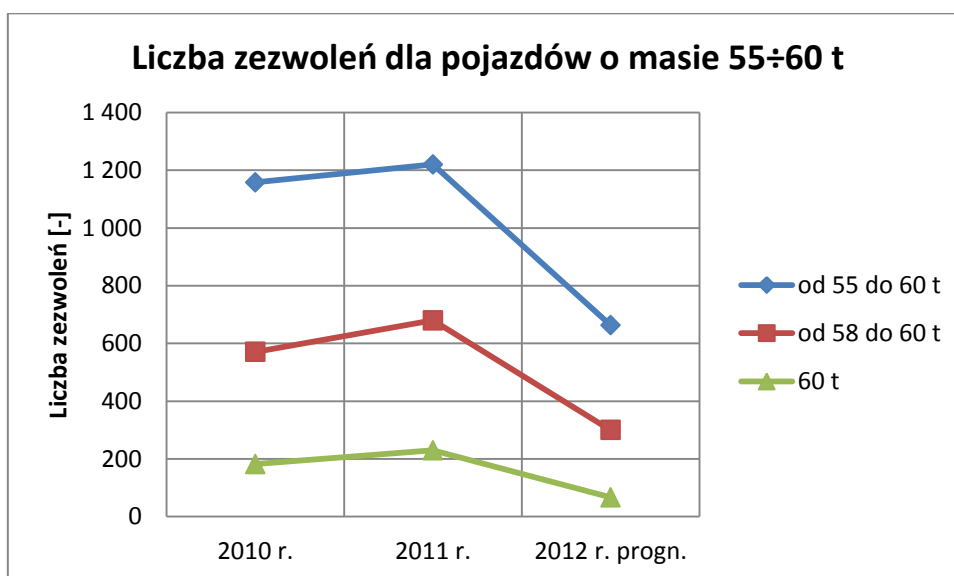


**Rys. 5.1. Zestawienie liczby zezwoleń wydanych na pojazdy nienormatywne w rozbiciu na różne przedziały masy całkowitej**

W wypadku niektórych analiz, w celu lepszego porównania danych dotyczących roku 2012, dokonano ekstrapolacji danych z I półrocza na 12 miesięcy. Z tego względu dane są przedstawiane, jako dane za okres I-VI 2012 lub jako – 2012 r. prognoza.



Rys. 5.2. Liczba zezwoleń wydanych w latach 2010, 2011 i 2012 w rozbiciu na masę całkowitą pojazdów



Rys. 5.3. Liczba zezwoleń wydanych w latach 2010, 2011 i 2012 na przejazd pojazdów o masie całkowitej od 55 do 60 t włącznie.

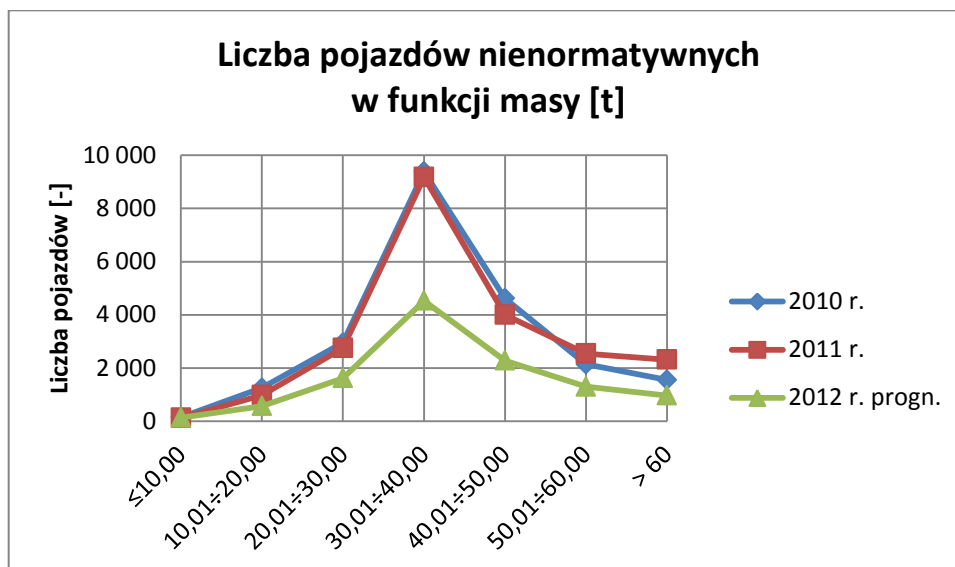
Jak wynika z przedstawionych wykresów w roku 2011 wystąpił przyrost liczby wydanych zezwoleń w stosunku do roku 2010. Natomiast w roku 2012 odnotowano drastyczny spadek liczby wydanych zezwoleń. Tendencja ta dotyczy wszystkich przedziałów masy całkowitej i może świadczyć np. o ograniczeniu liczby przejazdów nienormatywnych, albo o nie występowaniu o zezwolenia.

Szczegółową analizę wybranych parametrów technicznych zaprezentowano w następujących podpunktach. Analiza ma na celu przede wszystkim wskazanie pojazdów typowych, a jednocześnie mogących w ekstremalny sposób oddziaływać na obiekty mostowe.

Z tego względu w analizie skoncentrowano się na masie i szerokości wszystkich pojazdów nienormalnych, na które wydano zezwolenie oraz na pojazdach o masie 60 ton, które będą od 18 października 2012 r. uzyskiwać pozwolenia na przejazd na okres do 24 miesięcy.

## 5.2. Masa pojazdów nienormalnych

Uzupełnieniem ogólnych danych dotyczących liczby i masy pojazdów nienormalnych jest wykres zaprezentowany na rys. 5.4.



Rys. 5.4. Liczba pojazdów nienormalnych w funkcji masy całkowitej

Jak wynika, z rys. 5.4. w roku 2010 i 2011 najczęściej zezwoleń (odpowiednio 9380 i 9179) wydano na pojazdy o masie całkowitej w przedziale od 30,01 do 40,00 t. Natomiast prognoza na rok 2012 przewiduje liczbę ok. 4,5 tysiąca zezwoleń.

Około 4 tys. pojazdów o masie od 40,01 do 50 t i ok. 2,5 tys. pojazdów o masie od 50,01 do 60,00 t uzyskało zezwolenia w latach 2010 i 2011, w roku 2012 prognozowanych jest ok. 1 300 zezwoleń.

W przedziale pojazdów o największej masie całkowitej, tj. większej niż 60 t, odnotowano zwiększenie liczby zezwoleń z 1547 w roku 2010 do 2 316 w roku 2011 oraz liczbę 965 prognozowanych zezwoleń w roku 2012. Liczba jest mniejsza niż w roku 2011, ale jest zachowana tendencja udziału tej kategorii pojazdów w całkowitej liczbie pojazdów (por. rys. 5.4.).

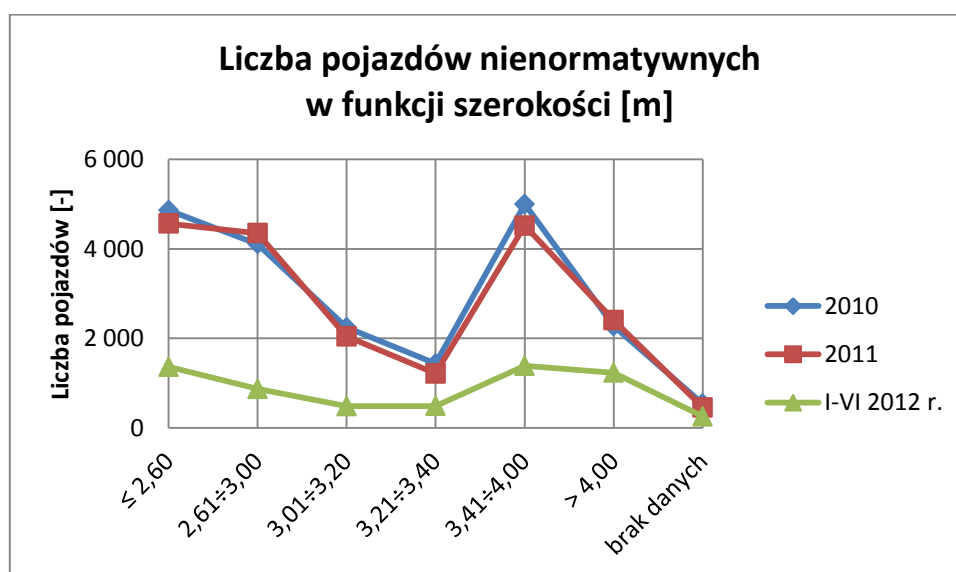
## 5.3. Szerokość nienormalnych pojazdów z ładunkiem

Analizę szerokości pojazdów z ładunkiem, przeprowadzono przyjmując następujące przedziały długości (analiza szerokości pojazdów dopuszczonych do ruchu drogowego na podstawie różnych przepisów jest przeprowadzona w punkcie 4.2.):

- ≤ 2,60 - pojazd dopuszczony do ruchu bez ograniczeń,,
  - 2,61÷3,00 - pojazd normatywny wg ustawy [3],
  - 3,01÷3,20 - pojazd nienormatywny nie wymagający pilotowania,
  - 3,21÷3,40 - pojazd nienormatywny wymagający pilotowania i pozwolenia kategorii V lub VI, dopuszczony na drodze jednojezdniowej,
  - 3,41÷4,00 - pojazd nienormatywny wymagający pilotowania i pozwolenia kategorii VI, dopuszczony na drodze dwujezdniowej klasy A,S i GP
  - > 4,00 - pojazd nienormatywny wymagający pilotowania i pozwolenia kategorii VII.
- Wyniki analizy zaprezentowano w tablicy 5.2. i na rys. 5.5.

**Tablica 5.2. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych, w zależności od przedziałów szerokości pojazdów z ładunkiem**

Szerokość pojazdu z ładunkiem [m]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
≤ 2,60	4 862	4 567	1 366
2,61÷3,00	4 110	4 352	872
3,01÷3,20	2 244	2 044	486
3,21÷3,40	1 435	1 214	489
3,41÷4,00	4 998	4 521	1 387
> 4,00	2 272	2 405	1 232
brak danych	540	456	254



**Rys. 5.5. Liczba pojazdów nienormatywnych w funkcji szerokości pojazdu z ładunkiem**



Jak wynika z przedstawionych danych (rys. 5.5. i tab. 5.2.) w roku 2010 i 2011 liczba wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów o szerokości do 2,6m była zbliżona do liczby zezwoleń wydanych na przejazd pojazdów o szerokości od 3,41 do 4,00m.

Stosunkowo dużo wydano zezwoleń dla pojazdów o szerokości większej niż 4m (2 272 i 2 405 odpowiednio w roku 2010 i 2011 oraz 1 232 w I połowie 2012 r.). W kontekście węższego niż taki pojazd pasa ruchu na drodze klasy A, S lub GP, wprowadzenie na drogę tak dużej liczby pojazdów o szerokości większej niż pas ruchu wymaga dużej rozwagi.

Niepokojący wydaje się brak danych (na poziomie około 500 pojazdów w skali każdego roku. Może to świadczyć o niestarym wypełnieniu formularzy lub o świadomym nieujawnianiu wartości tego parametru.

#### 5.4. Szerokość nienormalnych pojazdów o masie 60 t

Analizę szerokości pojazdów o masie całkowitej 60 t, przeprowadzono przyjmując podział na:

- pojazd bez ładunku,
- pojazd z ładunkiem,

oraz przedziały szerokości opisane w pkt. 5.3.

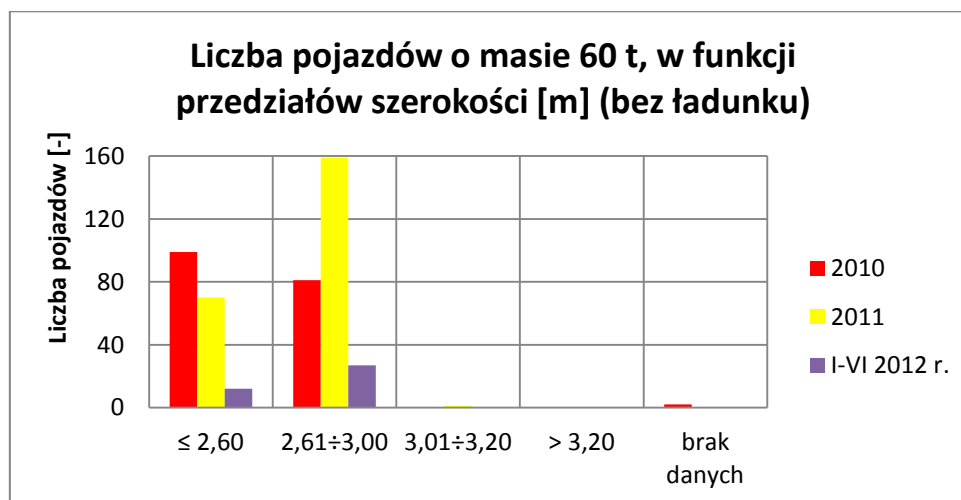
Wyniki analizy zaprezentowano w tablicy 5.3. i 5.4. oraz na rys. 5.6. i 5.7.

**Tablica 5.3. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów nienormalnych, w zależności od przedziałów szerokości pojazdu bez ładunku**

Szerokość pojazdu bez ładunku [m]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
≤ 2,60	99	70	12
2,61÷3,00	81	159	27
3,01÷3,20	0	1	0
> 3,20	0	0	0
brak danych	2	0	0
maksymalna (liczba)	3 (69)	3,2 (1)	3,0 (3)
minimalna	2,45	2,50	2,55

**Tablica 5.4. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych, w zależności od przedziałów szerokości pojazdu z ładunkiem**

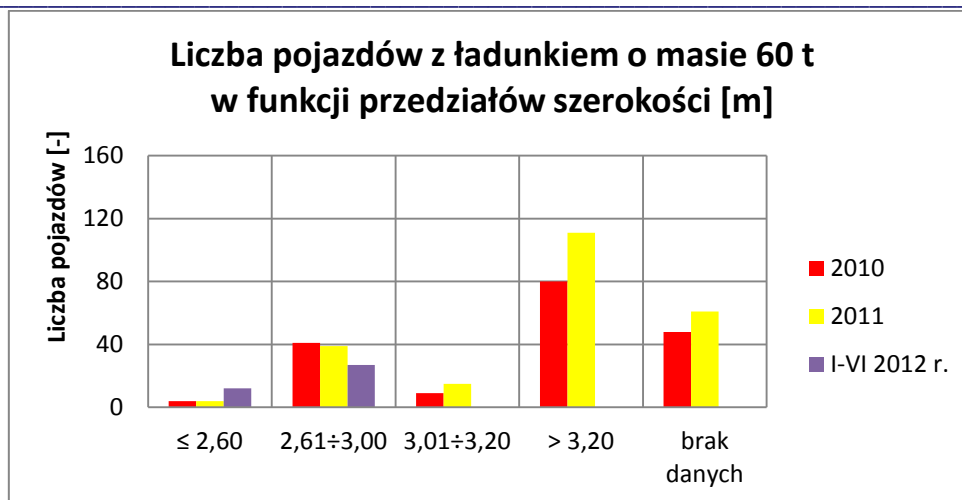
Szerokość pojazdu z ładunkiem [m]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
$\leq 2,60$	4	4	5
2,61÷3,00	41	39	20
3,01÷3,20	9	15	2
$> 3,20$	80	111	9
brak danych	48	61	3
maksymalna (liczba)	5,55 (1)	4,5 (2)	4,45 (1)
minimalna	2,50	2,55	2,55



**Rys. 5.6. Liczba pojazdów nienormatywnych o masie 60 t, w funkcji szerokości pojazdu bez ładunku**

Pojazdy bez ładunku charakteryzuje szerokość nie większa niż 3,0m, natomiast pojazdy z ładunkiem mają szerokość większą niż 3,2m. Przy czym maksymalna szerokość pojazdu z ładunkiem w 2010 r. to 5,55m, a w 2011 i 2012 r. to odpowiednio 4,5 i 4,45m.

Niepokojąco duża jest liczba pojazdów z ładunkiem, które nie mają zadeklarowanej szerokości (opisanych jako: brak danych). Łącznie w latach 2010 i 2011 jest to liczba ponad 100 pojazdów.



**Rys. 5.7. Liczba pojazdów nienormatywnych o masie 60 t, w funkcji szerokości pojazdu z ładunkiem**

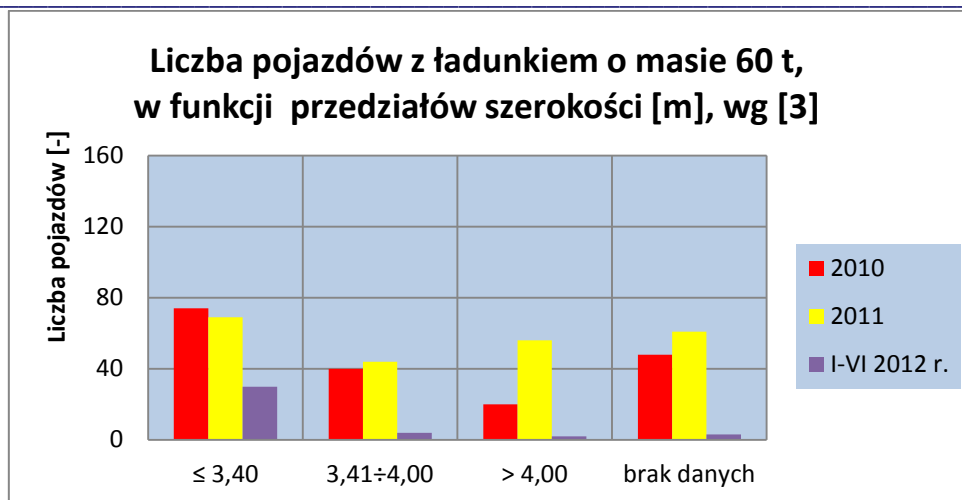
W związku z zapisami ustawy [3], przeprowadzono także analizę szerokości pojazdów z ładunkiem dla następujących przedziałów szerokości:

- ≤ 3,40 - pojazd nienormatywny wymagający pozwolenia kategorii V lub VI, dopuszczony na drodze jednojezdniowej,
- 3,41÷4,00 - pojazd nienormatywny wymagający pozwolenia kategorii VI, dopuszczony na drodze dwujezdniowej klasy A,S i GP,
- > 4,00 - pojazd nienormatywny wymagający pozwolenia kategorii VII.

Wyniki analizy zaprezentowano w tabelicy 5.5. oraz na rys. 5.8.

**Tablica 5.5. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych, w zależności od przedziałów szerokości pojazdu z ładunkiem, według [3]**

Szerokość pojazdu z ładunkiem [m] podział wg [3]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
≤ 3,40	74	69	30
3,41÷4,00	40	44	4
> 4,00	20	56	2
brak danych	48	61	3



**Rys. 5.8. Liczba pojazdów nienormatywnych o masie 60 t, w funkcji szerokości pojazdu z ładunkiem, przedziały wg [3]**

Jak wynika z przedstawionych danych (rys. 5.8. i tab. 5.5.) w latach 2010 i 2011 liczba pojazdów o szerokości większej niż 3,4m była większa (odpowiednio 60 i 110 pozwoleń) od liczby pojazdów o szerokości  $\leq 3,4$ m tj. dopuszczonych do ruchu na drodze jednojezdniowej (odpowiednio 74 i 69). Natomiast w roku 2012 jest ich zdecydowanie mniej (6 w stosunku do 30).

Stosunkowo liczna jest kategoria pojazdów, dla których nie podano szerokości 48 i 61 odpowiednio w latach 2010 i 2011. Natomiast w 2012 r. zaledwie w odniesieniu do 3 pojazdów nie określono ich szerokości.

Z porównania wyników analizy dotyczącej przedziałów szerokości zdefiniowanych w rozporządzeniu [5] oraz w ustawie [3], przeprowadzonej w odniesieniu do pojazdów, na które wydano zezwolenia wynika, że:

- praktycznie wszystkie pojazdy bez ładunku miały szerokość mniejszą od 3m, lecz w przybliżeniu połowa z nich miała szerokość większą od 2,6m – czyli większą niż pojazdu dopuszczonego do ruchu bez ograniczeń,
- zaledwie kilka pojazdów z ładunkiem miało szerokość mniejszą niż 2,6m,
- w wypadku przedziałów szerokości pojazdów wynikających z rozporządzenia [5] prawie 100% pojazdów z ładunkiem należy zakwalifikować do nienormatywnych,
- w wypadku przedziałów szerokości pojazdów wynikających z ustawy [3] pojazdy z ładunkiem wymagające zezwolenia kategorii V lub VI dopuszczone do ruchu po drogach jednojezdniowych stanowią 30÷40% pojazdów, pozostałe to pojazdy jeszcze szersze lub bez określonej szerokości,
- w kontekście szerokości pasa ruchu na drogach różnych klas, zezwolenie na przejazd uzyskały pojazdy o szerokości z ładunkiem znacznie przewyższającej szerokości pasa ruchu, a więc wymagające zachowania szczególnej ostrożności podczas przejazdu.

### 5.5. Długość nienormalnych pojazdów o masie 60 t

Omówienie długości pojazdów dopuszczonych do ruchu drogowego na podstawie różnych przepisów przedstawiono w punkcie 4.2. Analizę długości nienormalnych pojazdów o masie całkowitej 60 t przeprowadzono przyjmując podziały długości według:

- rozporządzenia [5],
- ustawy [3].

Zgodnie z rozporządzeniem [5] przyjęto następujące przedziały:

- 12,01÷16,50 - pojazd członowy,
- 16,51÷18,75 - zespół pojazdów,
- 18,76÷22,00 - zespół złożony z trzech pojazdów,
- > 22,00 - pojazd nienormalny.

Wyniki analizy według [5] zaprezentowano w tablicy 5.6. oraz na rys. 5.9.

Zgodnie z ustawą [3] przyjęto następujące przedziały:

- ≤ 15 - nienormalny pojazd samochodowy, wymagający zezwolenia kategorii V lub VI,
- 15,01÷23,00 - nienormalny zespół pojazdów, wymagający zezwolenia kategorii V lub VI,
- 23,01÷30,00 - nienormalny zespół pojazdów o osiach skrętnych, wymagający zezwolenia kategorii V lub VI,
- > 30,00 - pojazd nienormalny, wymagający zezwolenia kategorii VII.

Wyniki analizy według [3] zaprezentowano w tablicy 5.7. oraz na rys. 5.10.

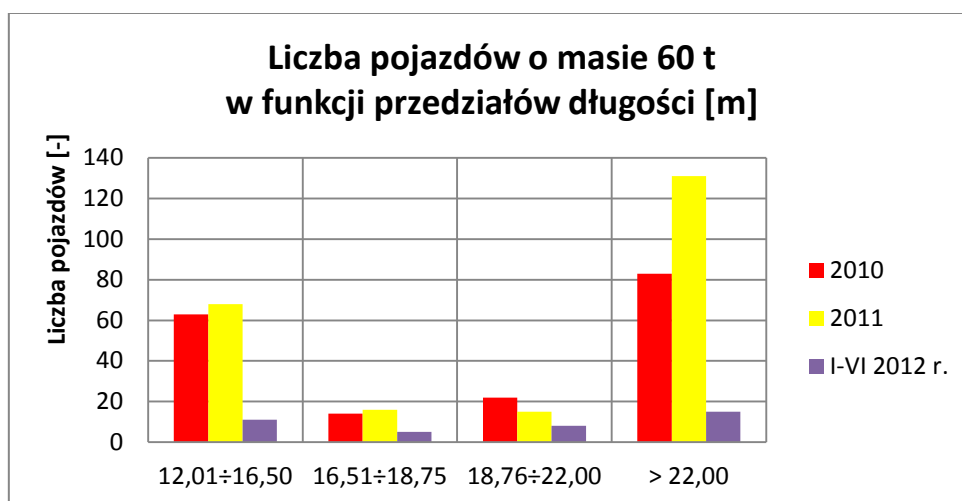
Dodatkowo na rys. 5.11. i 5.12. przedstawiono porównanie udziału pojazdów w poszczególnych przedziałach, rozpatrywanego łącznie dla całego okresu 2010÷VI 2012.

**Tablica 5.6. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów nienormalnych, w zależności od przedziałów długości pojazdu z ładunkiem, według [5]**

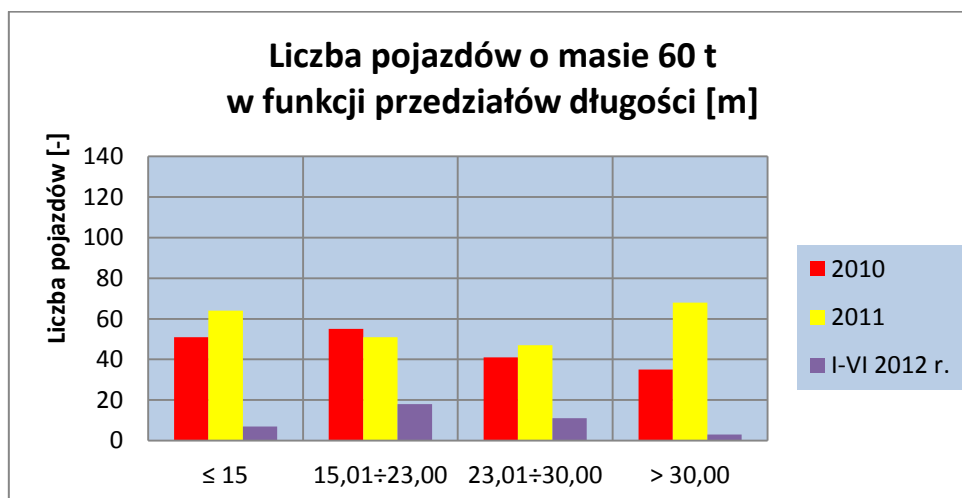
Długość pojazdu z ładunkiem [m] podział wg [5]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
12,01÷16,50	63	68	11
16,51÷18,75	14	16	5
18,76÷22,00	22	15	8
> 22,00	83	131	15
maksymalna [m] (liczba)	38 (3)	50,00 (1)	36 (2)
minimalna [m]	13,63	13,69	13,69

**Tablica 5.7. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów nienormalnych, w zależności od przedziałów długości pojazdu z ładunkiem, według [3]**

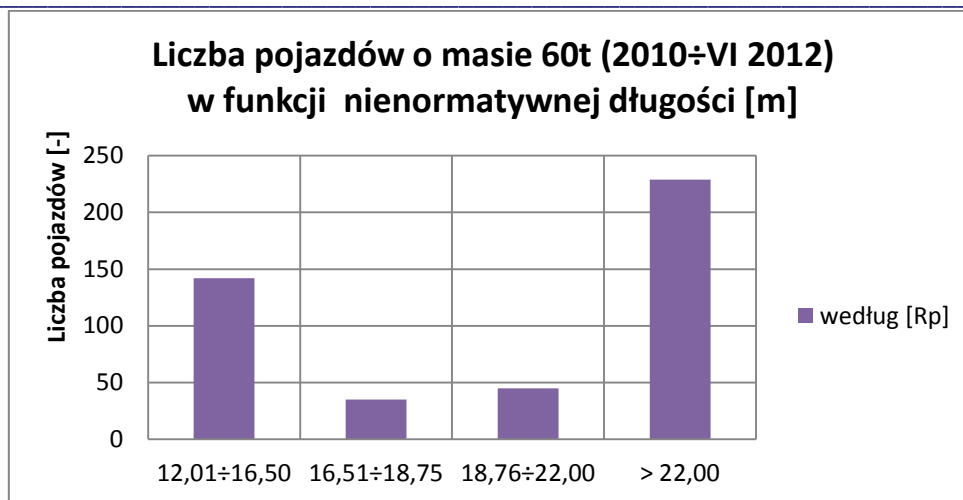
Długość pojazdu z ładunkiem [m] podział wg [3]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
≤ 15	51	64	7
15,01÷23,00	55	51	18
23,01÷30,00	41	47	11
> 30,00	35	68	3



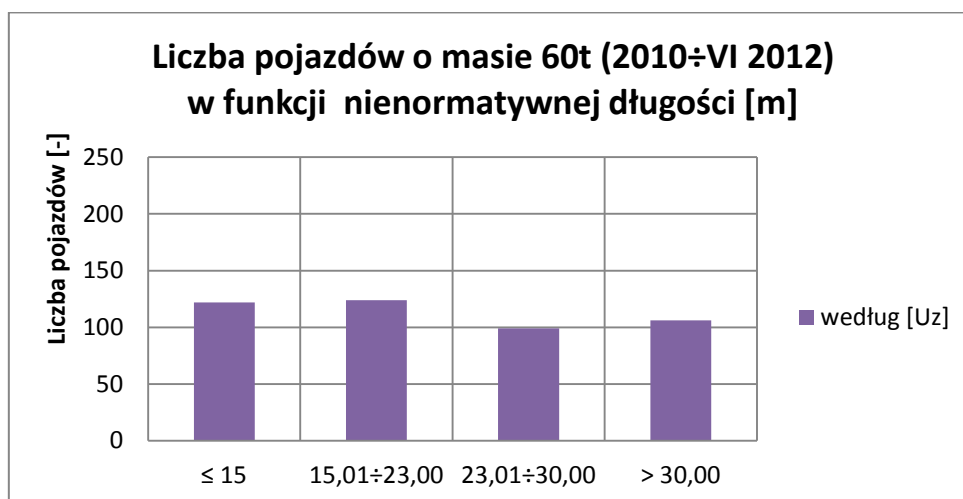
**Rys. 5.9. Liczba pojazdów nienormalnych o masie 60 t, w funkcji długości pojazdu z ładunkiem, przedziały wg [5]**



**Rys. 5.10. Liczba pojazdów nienormalnych o masie 60 t, w funkcji długości pojazdu z ładunkiem, przedziały wg [3]**



Rys. 5.11. Sumaryczna liczba pojazdów nienormalnych o masie 60 t w okresie 2010÷VI 2012, w funkcji długości pojazdu z ładunkiem, przedziały wg [5]



Rys. 5.12. Sumaryczna liczba pojazdów nienormalnych o masie 60 t w okresie 2010÷VI 2012, w funkcji długości pojazdu z ładunkiem, przedziały wg [3]

W odniesieniu do długości pojazdów wskazanie pojazdów nienormalnych ze względu na przekroczenie dopuszczalnej długości pojazdu jest bardziej skomplikowane niż w wypadku szerokości pojazdów, ponieważ warunek ten jest uzależniony od rodzaju pojazdu.

Nie mniej jednak maksymalna granica dopuszczalnej długości (maximum maximorum) w wypadku rozporządzenia [5] wynosi 22m, a w wypadku ustawy [3] można uznać, że 30m.

Z porównania zbiorczych zestawień zaprezentowanych na rys. 5.11. i 5.12. wynika, że:

- w wypadku rozporządzenia [5] blisko 50% pozwoleń dotyczyło pojazdów o długości większej od maksymalnie dopuszczalnej (> 22m),
- w wypadku ustawy [3] jedynie około 25% pozwoleń dotyczyło pojazdów o długości większej niż uznana za maksymalną dla uzyskania zezwoleń kategorii V lub VI (> 30m).

Zagadnienie ekstremalnych długości pojazdów stanowi problem w większym stopniu z zakresu ruchu pojazdu (np. problem przejeźdźności przez ronda, promień skrętu) niż nośności obiektów inżynierskich. W związku z tym ekstremalna długość pojazdu w mniejszym stopniu

wpływa na bezpieczeństwo konstrukcji niż na bezpieczeństwo ruchu, a jednocześnie stanowi mniejsze zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu niż nienormalna szerokość pojazdu.

### 5.6. Wysokość nienormalnych pojazdów o masie 60 t

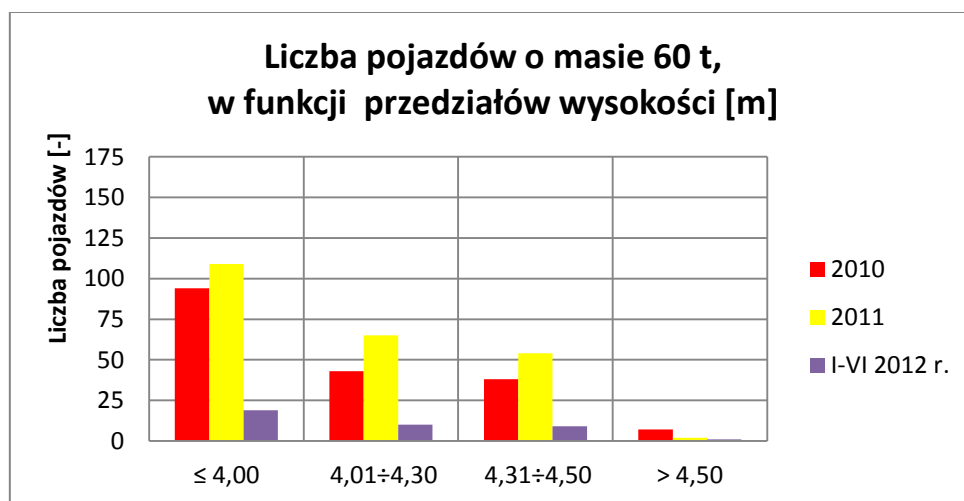
Analizę wysokości nienormalnych pojazdów o masie całkowitej 60 t, przeprowadzono przyjmując, zgodnie z rozporządzeniem [3], następujące przedziały:

- $\leq 4,00$  - pojazd dopuszczony do ruchu bez ograniczeń,
- $4,01 \div 4,30$  - pojazd nienormalny, wymagający zezwolenia kategorii V lub VI,
- $4,31 \div 4,50$  - pojazd nienormalny, wymagający zezwolenia kategorii VII,
- $> 4,50$  - pojazd nienormalny, wymagający zezwolenia kategorii VII oraz pilotowania.

Wyniki analizy zaprezentowano w tabelicy 5.8. oraz na rys. 5.13. i 5.14.

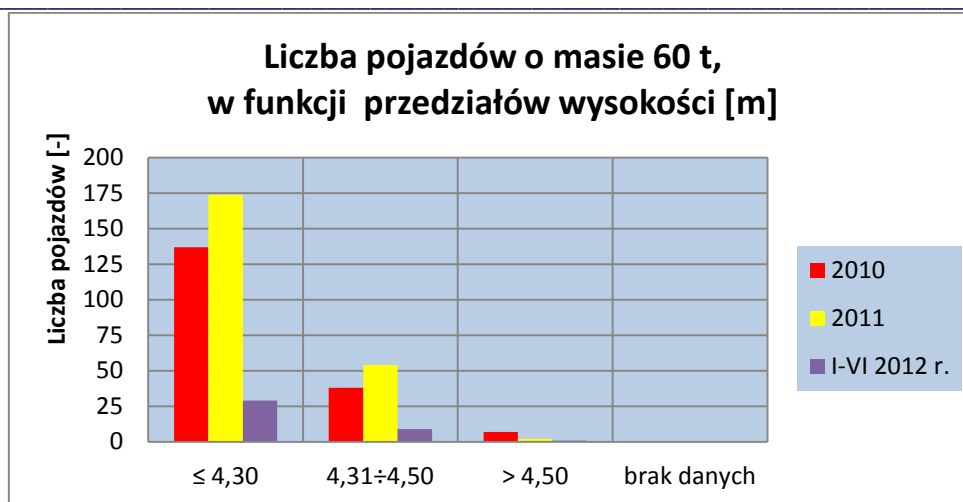
**Tablica 5.8. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów nienormalnych, w zależności od przedziałów długości pojazdu z ładunkiem, według [3]**

Wysokość pojazdu z ładunkiem [m]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
$\leq 4,00$	94	109	19
$4,01 \div 4,30$	43	65	10
$4,31 \div 4,50$	38	54	9
$> 4,50$	7	2	1
brak danych	0	0	0



**Rys. 5.13. Liczba pojazdów nienormalnych o masie 60 t, w funkcji wysokości pojazdu z ładunkiem (wydzielono pojazdy dopuszczone do ruchu bez ograniczeń  $h \leq 4m$  [5])**





**Rys. 5.14. Liczba pojazdów nienormatywnych o masie 60 t, w funkcji wysokości pojazdu z ładunkiem (wydzielono pojazdy dopuszczone do ruchu bez zezwoleń  $h \leq 4,3\text{m}$  [3])**

Wysokość pojazdów, które uzyskały zezwolenie na przejazd w 50% przekracza wysokość uważaną zgodnie z rozporządzeniem [5] za wartość dopuszczalną ( $\leq 4\text{m}$ ).

W tym miejscu należy przypomnieć, że wymiar ten wynika z ograniczenia minimalnej wysokości skrajni obiektów inżynierskich. Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie [6] wymagania dotyczące skrajni są zapisane w § 54 następującej treści:

**§ 54. 1.** *Nad drogą powinna być zachowana wolna przestrzeń, zwana dalej "skrajnią drogi", o wymiarach określonych w załączniku nr 1.*

**2.** *Wysokość skrajni drogi, o której mowa w załączniku nr 1, powinna być, z zastrzeżeniem ust. 3, nie mniejsza niż:*

- 1) 4,70 m - nad drogą klasy A, S lub GP,*
- 2) 4,60 m - nad drogą klasy G lub Z,*
- 3) 4,50 m - nad drogą klasy L lub D.*

**3.** *Wysokość skrajni drogi może być zmniejszona do:*

- 1) 4,50 m - jeżeli jest przebudowywana albo remontowana droga klasy A, S lub GP, natomiast obiekty nad tymi drogami nie są objęte tymi robotami,*
- 2) 4,20 m - jeżeli jest przebudowywana albo remontowana droga klasy G lub Z, natomiast obiekty nad tymi drogami nie są objęte tymi robotami,*
- 3) 3,50 m - nad drogą klasy L lub D, za zgodą zarządcy tych dróg.*

Z porównania wyników analizy można wyciągnąć następujące wnioski:

- około 50% pojazdów ma wysokość większą niż dopuszczalna według rozporządzenia [5],
- w ustawie [3] jako pojazd nienormatywny, wymagający zezwolenia kategorii VII oraz pilotowania przyjęto pojazd o wysokości większej niż 4,5m, tymczasem na sieci dróg są zlokalizowane obiekty inżynierskie o minimalnej wysokości skrajni 3,5m, 4,2m lub 4,5m,

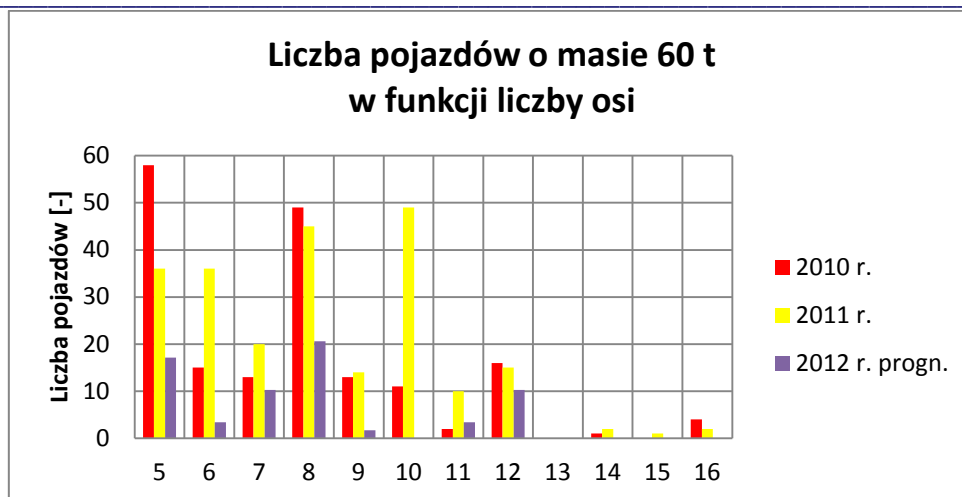
- 20÷30% pojazdów to pojazdy, które mają wysokość większą niż dopuszczalna wg rozporządzenia [5], a zgodnie z ustawą [3] są kwalifikowane jako pojazdy nienormatywne, wymagające zezwolenia kategorii V lub VI.

### 5.7. Obciążenie osi pojazdów nienormatywnych o masie 60 t

W odniesieniu do pojazdów o masie całkowitej 60 t, przeprowadzono analizę dotyczącą obciążenia osi pojazdu. Obciążenie osi zostało określone stosownie do liczby osi pojazdów. Liczebność osi przedstawiono w tabelicy 5.9. i na rys. 5.15. Natomiast maksymalny nacisk osi zaprezentowano w tabelicy 5.10 i na rys. 5.16.

**Tablica 5.9. Zestawienie liczby wydanych zezwoleń na przejazd pojazdów nienormatywnych, w zależności od liczby osi**

Liczba osi pojazdu o masie całkowitej 60 t [-]	Liczba zezwoleń wydanych w okresie:			
	2010 r.	2011 r.	2012 r. progn.	2010÷2012
1	2	3	4	5
5	58	36	17	111
6	15	36	3	54
7	13	20	10	43
8	49	45	21	115
9	13	14	2	29
10	11	49	0	60
11	2	10	3	15
12	16	15	10	41
13	0	0	0	0
14	1	2	0	3
15	0	1	0	1
16	4	2	0	6



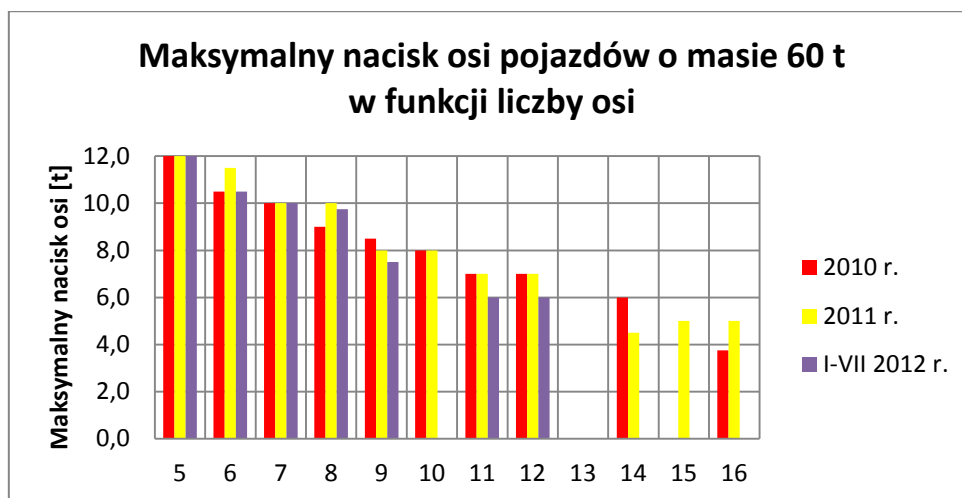
**Rys. 5.15. Liczba pojazdów nienormalnych o masie 60 t,  
w funkcji liczby osi (5÷16 osi)**

**Tablica 5.10. Maksymalny nacisk osi pojazdu o masie całkowitej 60 t**

Liczba osi pojazdu [-]	Maksymalny nacisk osi pojazdu o masie całkowitej 60 t [t]		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r..
1	2	3	4
5	12,0	12,0	12,0
6	10,5	11,5	10,5
7	10,0	10,0	10,0
8	9,0	10,0	9,8
9	8,5	8,0	7,5
10	8,0	8,0	(-)
11	7,0	7,0	6,0
12	7,0	7,0	6,0
13	(-)	(-)	(-)
14	6,0	4,5	(-)
15	(-)	5,0	(-)
16	3,8	5,0	(-)

W ocenie oddziaływania osi pojazdów nienormalnych na obiekty mostowe istotna jest odległość między osiami. Z tego względu w tablicy 5.11 i 5.12. oraz na rys. 5.16. i 5.17

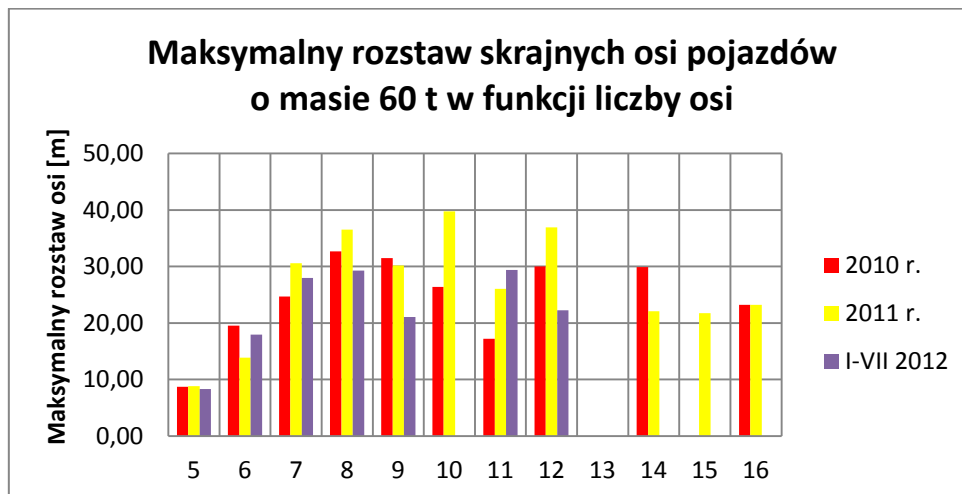
przedstawiono odpowiednio wartość maksymalnego i minimalnego rozstawu skrajnych osi pojazdów o masie 60 ton.



**Rys. 5.16. Maksymalny nacisk osi pojazdów nienormalnych o masie 60 t, w funkcji liczby osi (5÷16 osi)**

**Tablica 5.11. Maksymalny rozstaw skrajnych osi pojazdów nienormalnych o masie 60 t, w zależności od liczby osi**

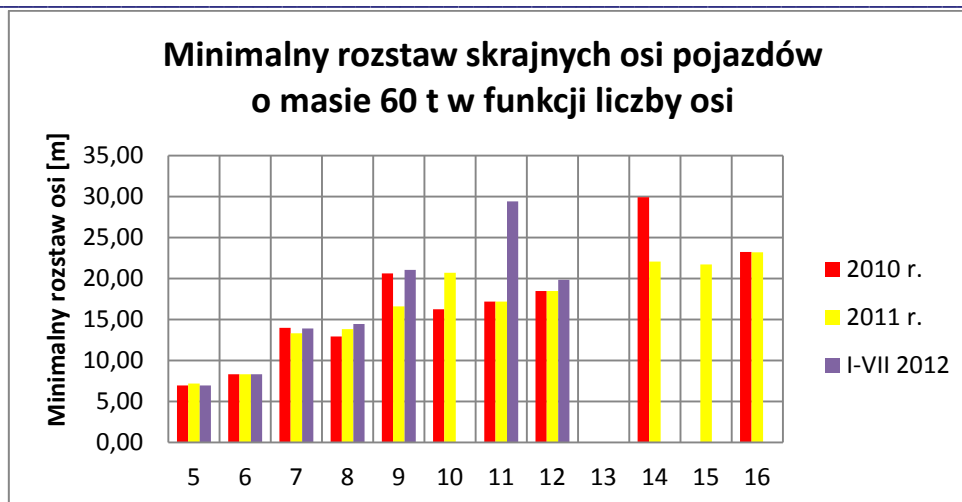
Liczba osi pojazdu [-]	Maksymalny rozstaw skrajnych osi pojazdu o masie całkowitej 60 t [m]		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r.
1	2	3	4
5	8,70	8,85	8,35
6	19,55	13,87	17,95
7	24,72	30,58	27,98
8	32,66	36,54	29,28
9	31,50	30,18	21,08
10	26,40	39,74	(-)
11	17,21	26,07	29,41
12	30,02	36,92	22,27
13	(-)	(-)	(-)
14	29,92	22,10	(-)
15	(-)	21,73	(-)
16	23,25	23,21	(-)



**Rys. 5.17. Maksymalny rozstaw osi pojazdów nienormalnych o masie 60 t, w funkcji liczby osi (5÷16 osi)**

**Tablica 5.12. Minimalny rozstaw skrajnych osi pojazdów nienormalnych o masie 60 t, w zależności od liczby osi**

Liczba osi pojazdu [-]	Minimalny rozstaw skrajnych osi pojazdu o masie całkowitej 60 t [m]		
	2010 r.	2011 r.	I-VI 2012 r..
1	2	3	4
5	6,95	7,20	6,95
6	8,33	8,33	8,33
7	14,00	13,33	13,90
8	12,93	13,85	14,46
9	20,65	16,61	21,08
10	16,25	20,70	(-)
11	17,21	17,21	29,41
12	18,50	18,50	19,87
13	(-)	(-)	(-)
14	29,92	22,10	(-)
15	(-)	21,73	(-)
16	23,25	23,21	(-)



**Rys. 5.18. Minimalny rozstaw osi pojazdów nienormalnych o masie 60 t,  
w funkcji liczby osi (5÷16 osi)**

Ocena liczby osi pojazdów nienormalnych dowodzi dużej różnorodności pojazdów realizujących przejazdy nienormalne (por. rys. 5.15.).

W całym okresie lat 2010÷2012 najczęściej jest pojazdów pięcio- lub ośmioosiowych (odpowiednio 111 i 115 zezwoleń). W 2011 r. było także dużo pojazdów dziesięcioosiowych - 49 zezwoleń (por. tab. 5.9.).

Maksymalny nacisk osi pojazdu waha się w granicach od 3,8 t do 12 t. (por. tab. 5.10 i rys. 5.16.).

Według zapisów ustawy [3]:

- zezwolenie kategorii V jest wydawane w wypadku pojazdów nienormalnych o naciskach osi nie większych od dopuszczalnych dla danej drogi,
- zezwolenie kategorii VI jest wydawane w wypadku pojazdów nienormalnych o naciskach osi nie przekraczających wielkości przewidzianych dla dróg o dopuszczalnym nacisku pojedynczej osi napędowej do 11,5t,
- w wypadku pojazdów nienormalnych o naciskach osi przekraczających wielkości przewidziane dla dróg o dopuszczalnym nacisku pojedynczej osi napędowej do 11,5t wydawane jest zezwolenie kategorii VII.

Z analizy nacisków osi wynika, że największe naciski występują w wypadku pojazdów o najmniejszej liczbie osi. W wypadku pojazdów o liczbie osi  $\geq 10$ , maksymalne naciski pojedynczej osi są mniejsze od 8t. Zatem można uznać, że nie przekraczają wartości dopuszczalnych.

Natomiast w wypadku pojazdów o naciskach osi od 10 do 12 t istotny jest rozstaw tych osi i w efekcie minimalny rozstaw osi skrajnych. Przeprowadzone analizy pozwoliły na wskazanie pojazdów, których naciski i rozstaw osi będą predysponowały je do wykorzystania w analizach obliczeniowych mających na celu określenie możliwości poruszania się pojazdów o masie 60 t po drogowych obiektach inżynierskich poprzez porównanie ich oddziaływania na obiekty z oddziaływaniem 40-tonowego pojazdu dopuszczonego do ruchu bez ograniczeń.

## 5.8. Obciążenie osi a długość pojazdów nienormatywnych

Wyniki analiz zaprezentowanych wyżej dowodzą, że należy także przeprowadzić analizę porównawczą pojazdów nienormatywnych pod kątem występujących zależności między liczbą i obciążeniem osi, a parametrami określającymi odległości między osiami oraz długością pojazdów.

Do analizy wytypowano, z zestawienia zezwoleń wydanych w latach 2010÷2012, o którym mowa w pkt 5.1., wszystkie pojazdy o masie całkowitej: 40 t, 50 t i 60 t.

Analizowano następującą liczbę pojazdów:

- 7 635 - w kategorii pojazdów 40-tonowych,
- 546 - w kategorii pojazdów 50-tonowych,
- 452 - w kategorii pojazdów 60-tonowych.

Analiza obejmowała określenie wartości:

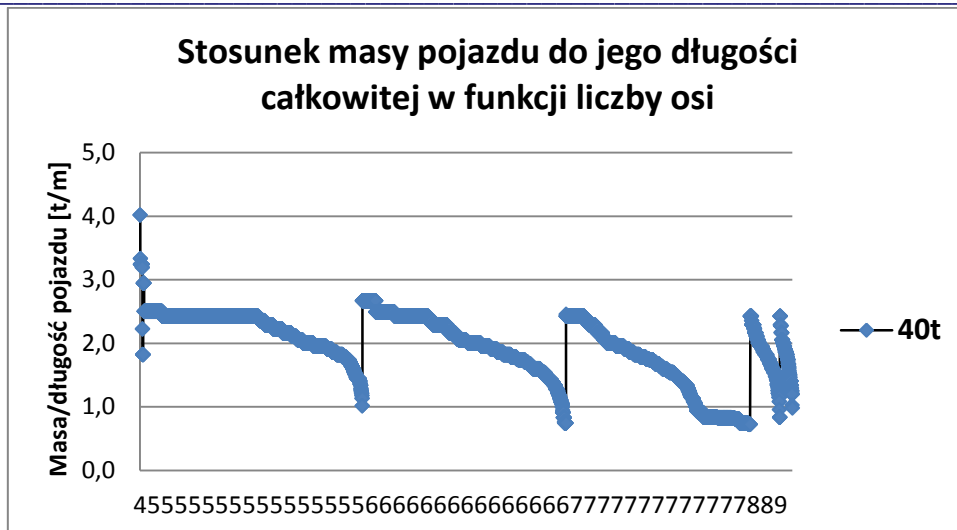
- stosunku masy całkowitej pojazdu do jego długości całkowitej,
  - stosunku masy całkowitej do rozstawu skrajnych osi,
- w funkcji liczby osi pojazdów.

Wyniki analizy przedstawiono na rys. 5.19.÷5.25.

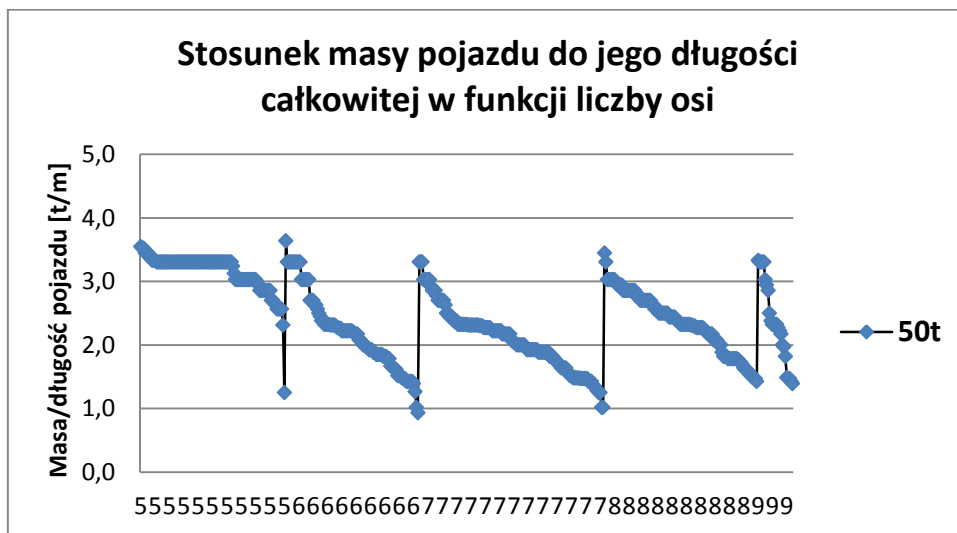
Ze względu na ograniczenia programu Excel, wynikające z dużej liczebności zbiorów, zakres osi odciętych na rys. 5.19.÷5.24. został ograniczony do 9 osi. Co jest zgodne z wcześniej sformułowanym wnioskiem, że pojazdy o liczbie osi równej lub większej niż 10 charakteryzują się mniejszymi naciskami niż 8 ton na oś.

Na podstawie rysunków 5.19.÷ 5.21. można stwierdzić, że:

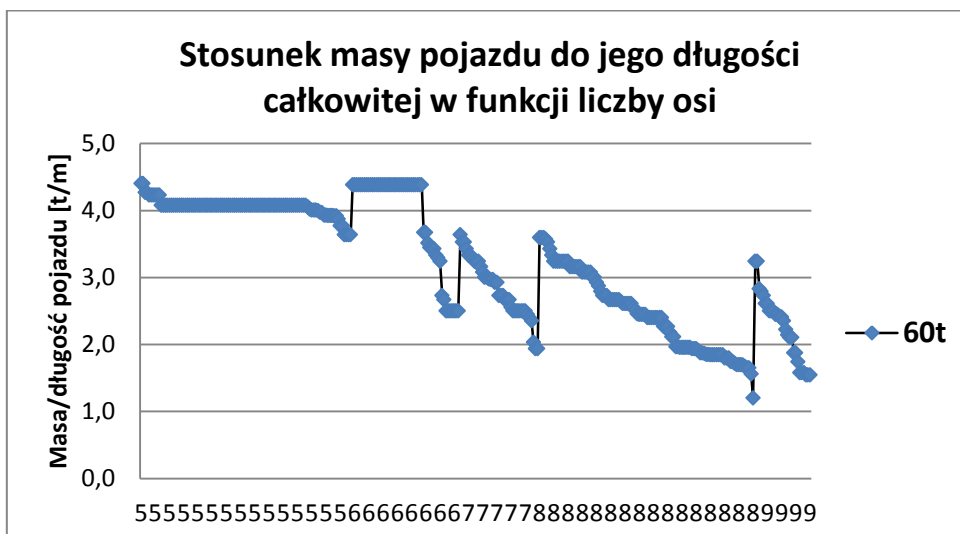
- w odniesieniu do pojazdów o masie 40 t, 50 t i 60 t występują znaczne różnice w wartości ilorazu masy całkowitej  $m_c$  i długości całkowitej  $l_c$  pojazdów, dla każdej z analizowanych liczby osi,
- w odniesieniu do pojazdów o masie 40 t wartość ilorazu  $m_c/l_c$  mieści się w przedziale między 0,7 a 4,0 i nieznacznie maleje w wypadku większej liczby osi, największe wartości uzyskano dla pojazdów o 4 osiach,
- w odniesieniu do pojazdów o masie 50 t wartość ilorazu  $m_c/l_c$  mieści się w przedziale między 0,9 a 3,6 natomiast maksyma i minima dla kolejnej liczby osi utrzymują się na podobnym poziomie,
- w odniesieniu do pojazdów o masie 60 t wartość ilorazu  $m_c/l_c$  mieści się w przedziale między 1,2 a 4,4 przy czym wartości większe niż 4 dotyczą przede wszystkim pojazdów o 5 i 6 osiach.



Rys. 5.19. Iloraz masy i długości całkowitej pojazdów 40-tonowych



Rys. 5.20. Iloraz masy i długości całkowitej pojazdów 50-tonowych

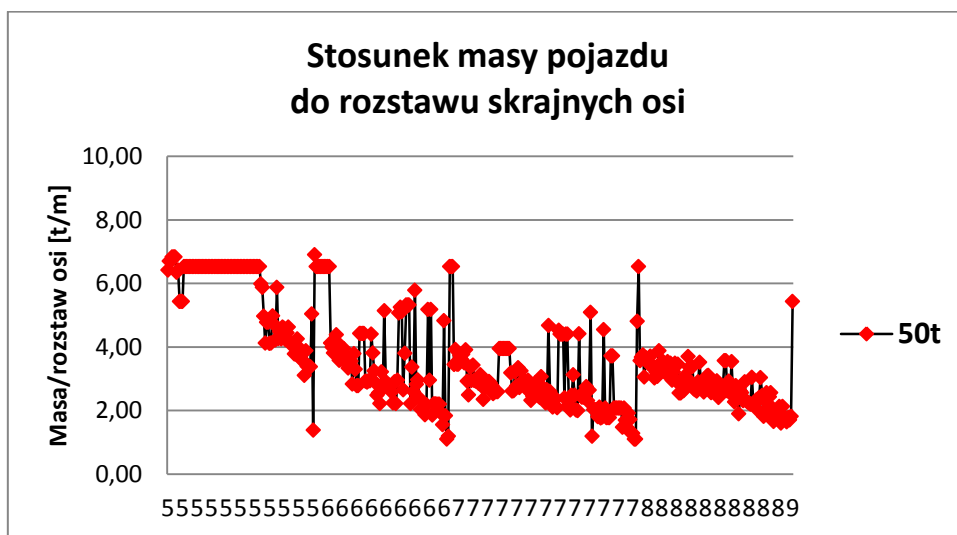


Rys. 5.21. Iloraz masy i długości całkowitej pojazdów 60-tonowych





Rys. 5.22. Iloraz masy i rozstawu skrajnych osi pojazdów 40-tonowych



Rys. 5.23. Iloraz masy i rozstawu skrajnych osi pojazdów 50-tonowych



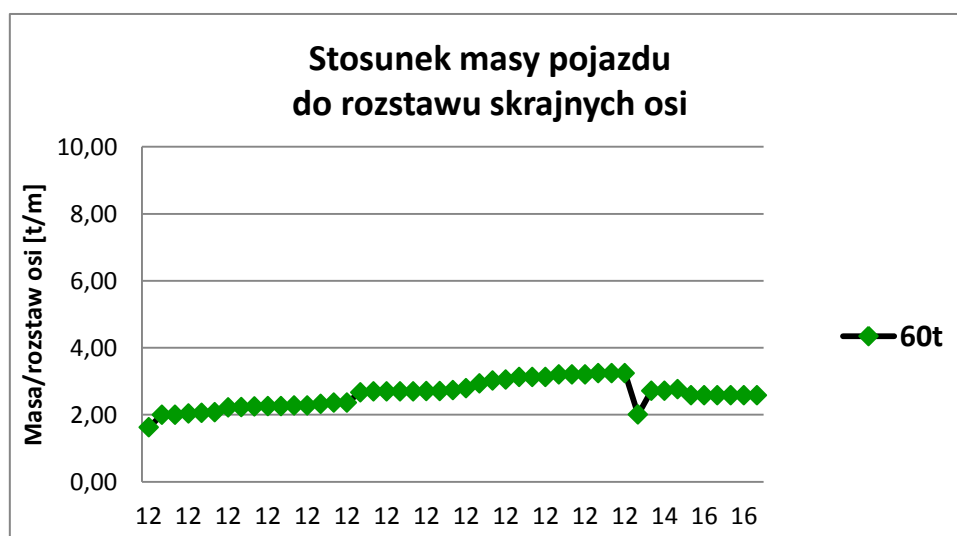
Rys. 5.24. Iloraz masy i rozstawu skrajnych osi pojazdów 60-tonowych

Analiza rysunków 5.22.÷ 5.24. upoważnia do sformułowania następujących wniosków:

- iloraz masy całkowitej  $m_c$  pojazdu i rozstawu skrajnych osi  $r_s$  zaprezentowany w odniesieniu do pojazdów 40 t, 50 t i 60 t dowodzi, że jest miarą jakościową charakteryzującą oddziaływanie pojazdu nienormatywnego na drogę i obiekt inżynierski,
- w odniesieniu do pojazdów o masie 40 t wartość ilorazu  $m_c/r_s$  mieści się w przedziale między 0,8 a 7,6 przy czym największe wartości uzyskano dla pojazdów o 4 osiach, a zdecydowana większość pojazdów jest charakteryzowana wartością nie większą od 4,0,
- w odniesieniu do pojazdów o masie 50 t wartość ilorazu  $m_c/r_s$  mieści się w przedziale między 1,1 a 6,9; wartości maksymalne dotyczą w większości wypadków pojazdów o pięciu osiach, a wraz ze zwiększającą się liczbą osi sukcesywnie maleje także wartość ilorazu  $m_c/r_s$ ,
- w odniesieniu do pojazdów o masie 60 t wartość ilorazu  $m_c/r_s$  mieści się w przedziale między 1,5 a 8,6 i dla większości pojazdów 5- i 6-osioowych utrzymuje się na poziomie większym niż 6,
- oddziaływanie pojazdów 60-tonowych o małej liczbie osi jest prawie dwukrotnie większe niż pojazdów 40-tonowych o podobnej liczbie osi,
- należy zwrócić uwagę na oddziaływanie na drogę i na obiekt inżynierski pojazdów 40- i 50- tonowych o małej liczbie osi, które charakteryzuje stosunkowo nieduży rozstaw skrajnych osi.

Reasumując należy stwierdzić, że przedstawione w niniejszym punkcie analizy mają charakter jakościowy. Duża liczba analizowanych pojazdów uprawnia do formułowania wniosków, które stanowią podstawę do dalszych analiz szczegółowych.

Istotne jest jednak stwierdzenie, że wyniki analizy jakościowej wyraźnie wskazują na niekorzystne oddziaływanie na drogę i obiekt inżynierski pojazdów o małej liczbie osi skupionej na stosunkowo niedużej odległości. Potwierdzeniem może być rys. 5.25., na którym zaprezentowano wartość ilorazu  $m_c/r_s$  pojazdów 60-tonowych o liczbie osi 12÷16. Jak widać wartość ilorazu w wypadku tak dużej liczby osi jest wyraźnie mniejsza od wartości charakteryzującej pojazdy 5- i 6- osiowe o takiej samej masie całkowitej



Rys. 5.25. Iloraz masy i rozstawu skrajnych osi pojazdów 60-tonowych dla dużej liczby osi

## 6. Analiza sił wewnętrznych przy obciążaniu jednego pasa ruchu pojazdem normatywnym i wybranymi pojazdami nienormatywnymi

### 6.1. Parametry techniczne pojazdów przyjętych do analizy

Jako pojazd normatywny do dalszej analizy przyjęto pojazd członowy, stanowiący zestawienie dwuosioowego ciągnika siodłowego (marki Mercedes-Benz) z trzyosiową naczepą podłogową (marki Schwarzmüller). W takim pojeździe jest następujący rozstaw osi: 3,60 m, 5,75 m i  $2 \times 1,31$  m. Przy równomiernie rozłożonym ładunku równym 25,4 t, naciski poszczególnych osi wynoszą odpowiednio: 6,5 t, 11,0 t i  $3 \times 7,5$  t. Przyjęto pojazd członowy o parametrach, jak w rozporządzeniu [5] - jego masa całkowita wynosi 40 t, a długość całkowita - 16,50 m. Parametry techniczne pojazdów nienormatywnych przyjęto na podstawie analizy wykonanej w punkcie 5 niniejszego opracowania. Parametry techniczne pojazdów przyjętych do analizy podano w tablicy 6.1.

**Tablica 6.1. Parametry techniczne pojazdu normatywnego i wybranych pojazdów nienormatywnych**

Oznaczenie	Masa	Naciski osi	Rozstawy osi	Rozstaw skrajnych osi	Masa jednostkowa
	[t]	[t]	[m]	[m]	[t/m]
40N	40,0	6,5+11,0+3×7,5	3,60+5,75+2×1,31	11,97	3,34
40NN	40,0	4×10	1,57+2,02+1,65	5,24	7,63
50NN	50,0	5×10	2,25+1,65+1,91+1,65	7,46	6,70
57,5NN	57,5	5×11,5	2,42+1,60+1,62+1,62	5,26	7,92
60NN	60,0	6×10	1,37×2+2,85+1,27×2	8,33	7,20

W tablicy przyjęto następujące oznaczenia:

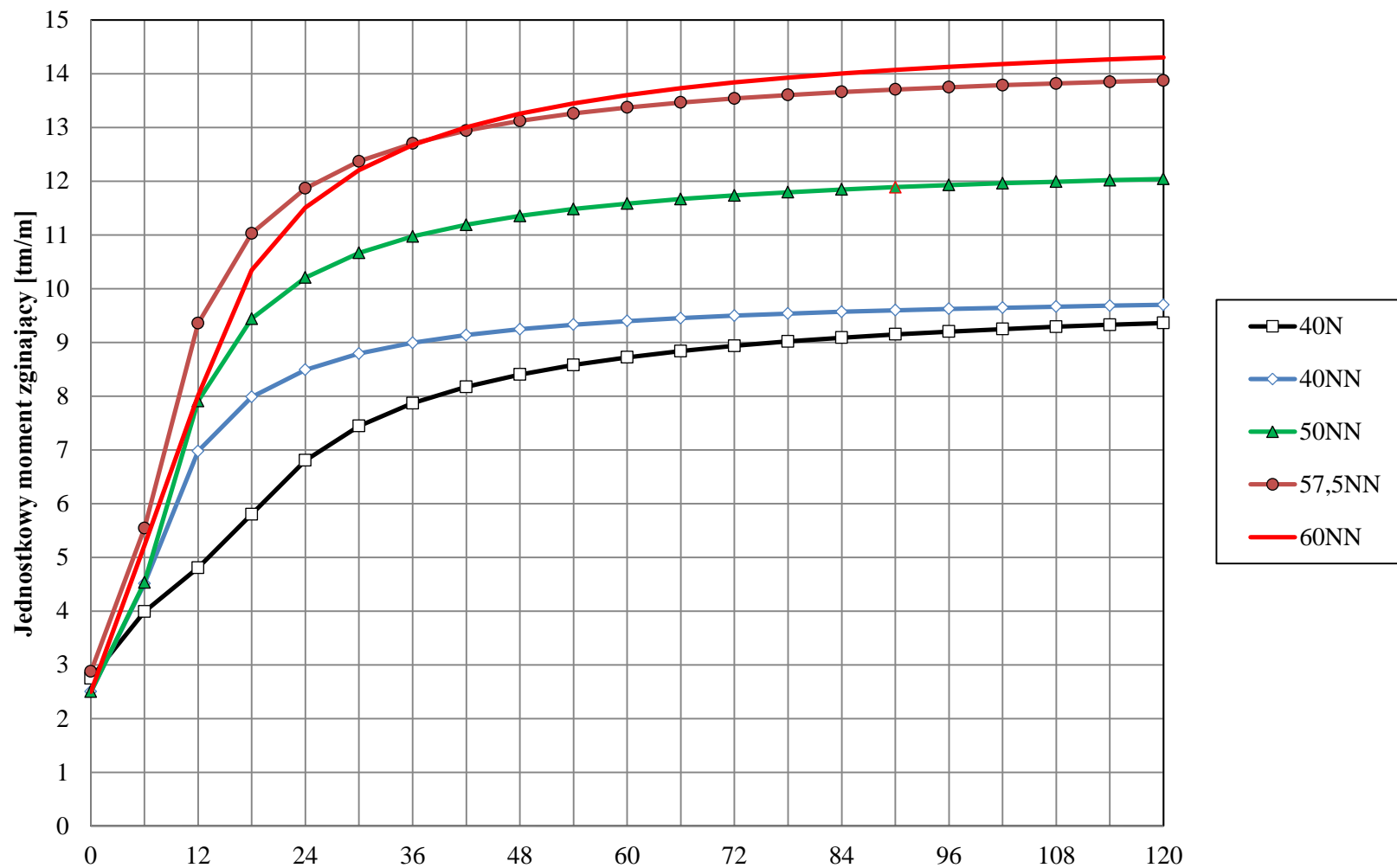
40N – pojazd normatywny o masie 40 t dopuszczony do ruchu po drogach publicznych w Polsce na podstawie rozporządzenia [5]

XNN – pojazd nienormatywny o masie X dopuszczony do ruchu po drogach publicznych na mocy zezwoleń V lub VI kategorii

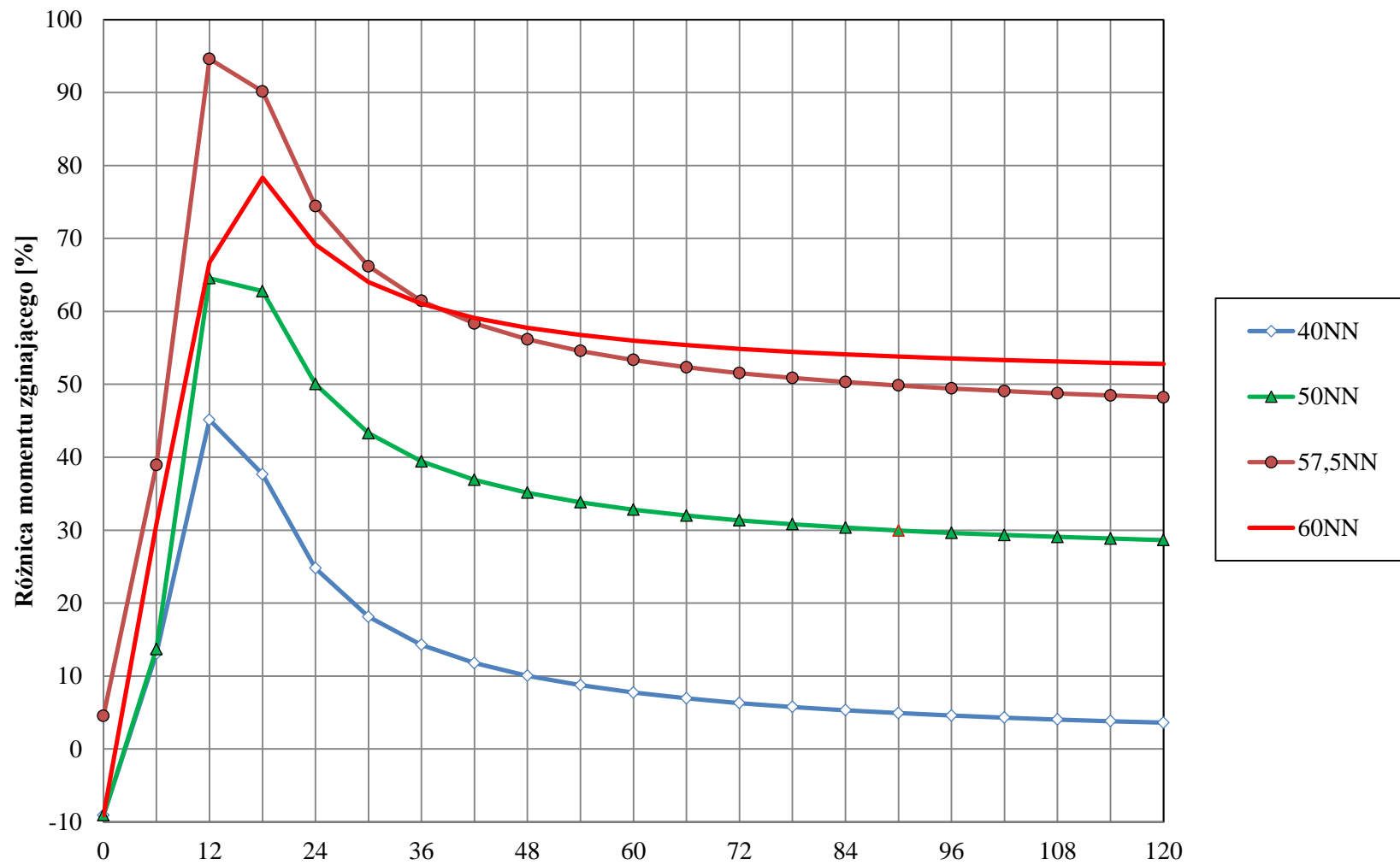
### 6.2. Analiza sił wewnętrznych przy obciążaniu jednego pasa ruchu

W umowie standaryzacyjnej NATO [9] w belce swobodnie podpartej o rozpiętości od 1 m do 120 m obliczono największe momenty zginające i siły poprzeczne wywołane obciążeniem pojazdami hipotetycznych. W celu uproszczenia przedstawiania momentów zginających na wykresach, ich wartości podzielono przez odpowiednią rozpiętość przęsła i nazwano „jednostkowymi momentami zginającymi”. Taką metodę oddziaływania obciążania zastosowano zarówno przy wyznaczaniu wojskowej klasy MLC obiektów mostowych [7], jak i nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych [8].

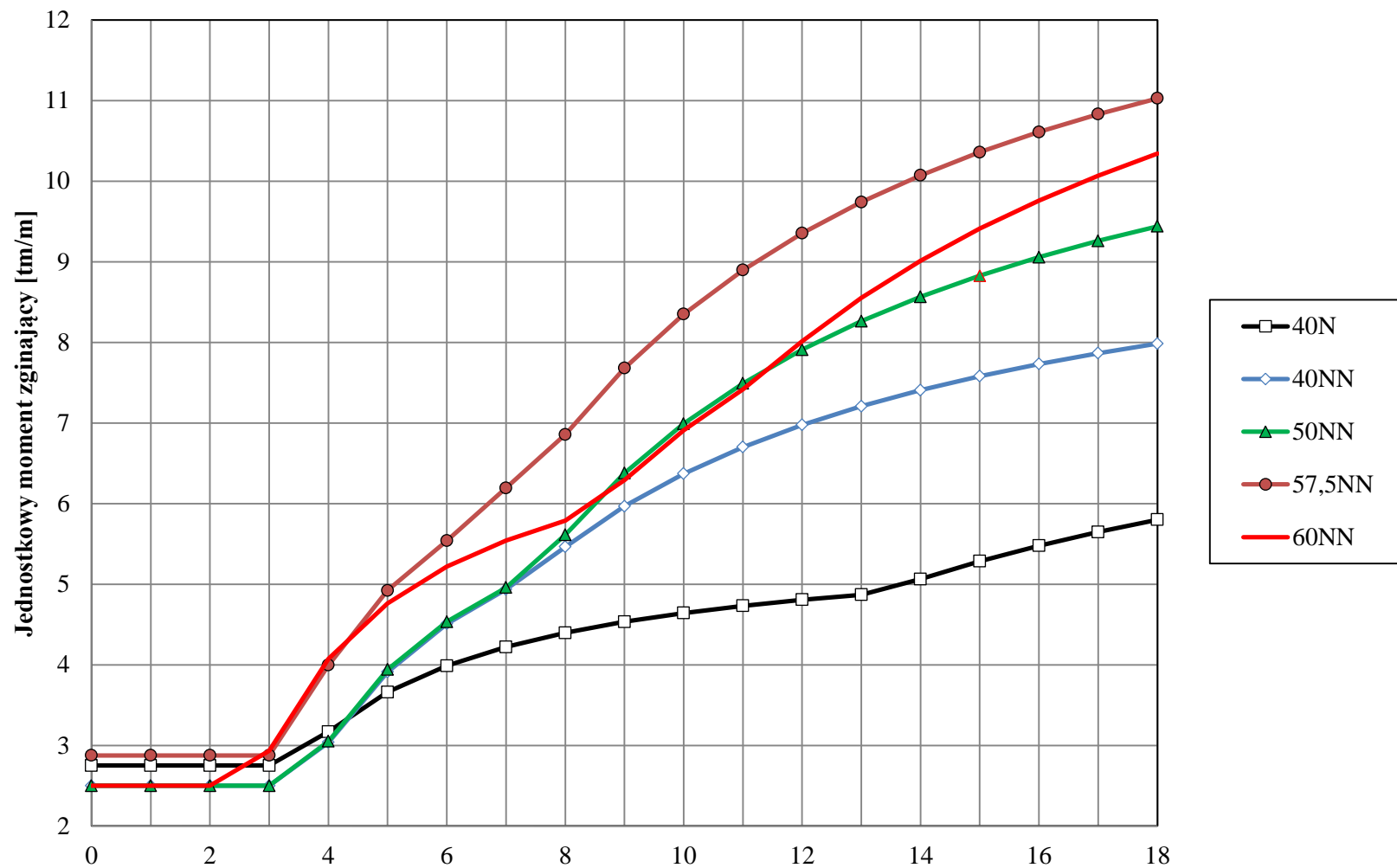
Rys. 6.1. Obciążenie pojazdem ciężkim w funkcji rozpiętości przęsła do 120 m



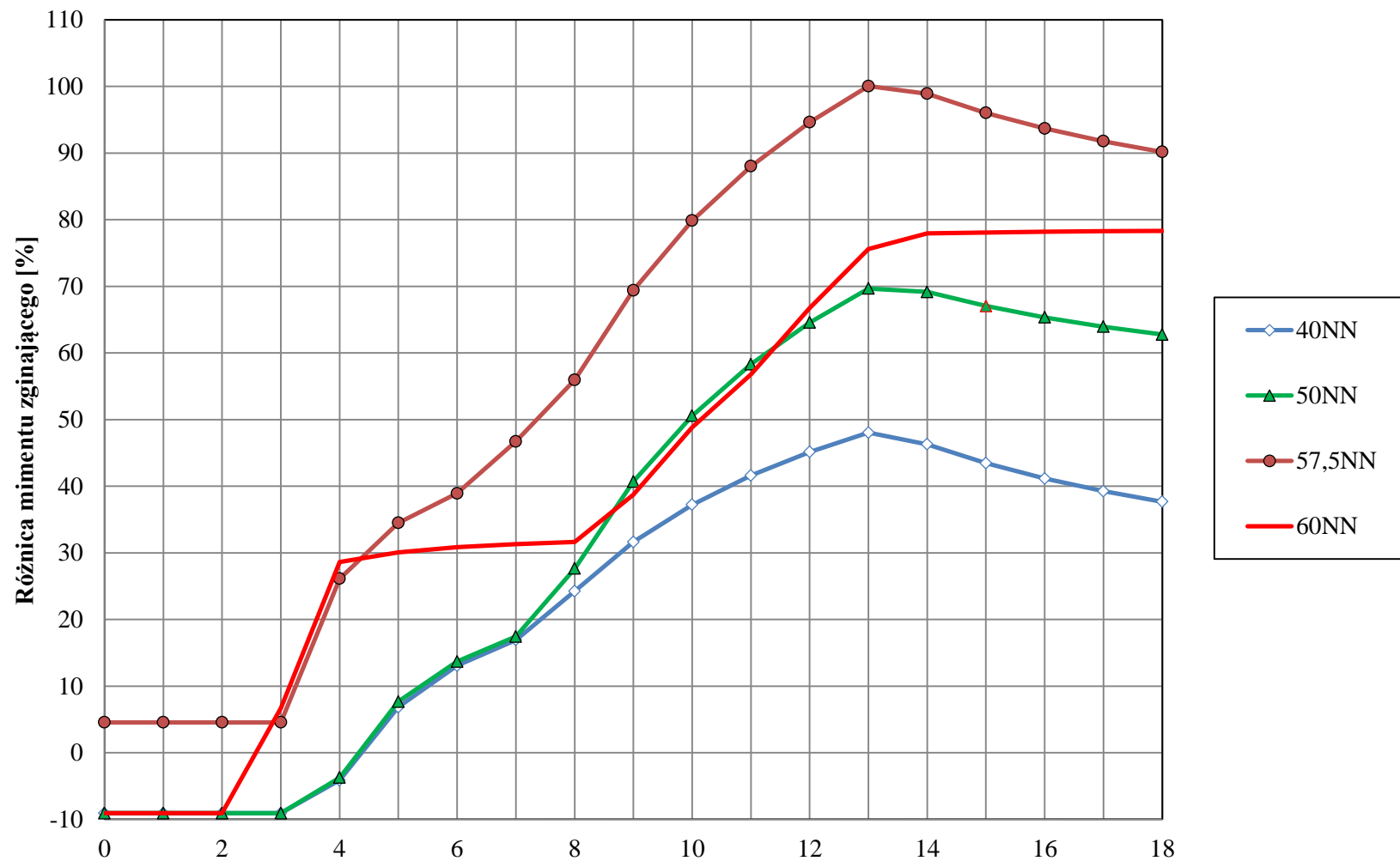
Rys. 6.2. Różnice względne obciążenia pojazdem nienormalnym i normalnym w funkcji rozpiętości przęsła do 120 m



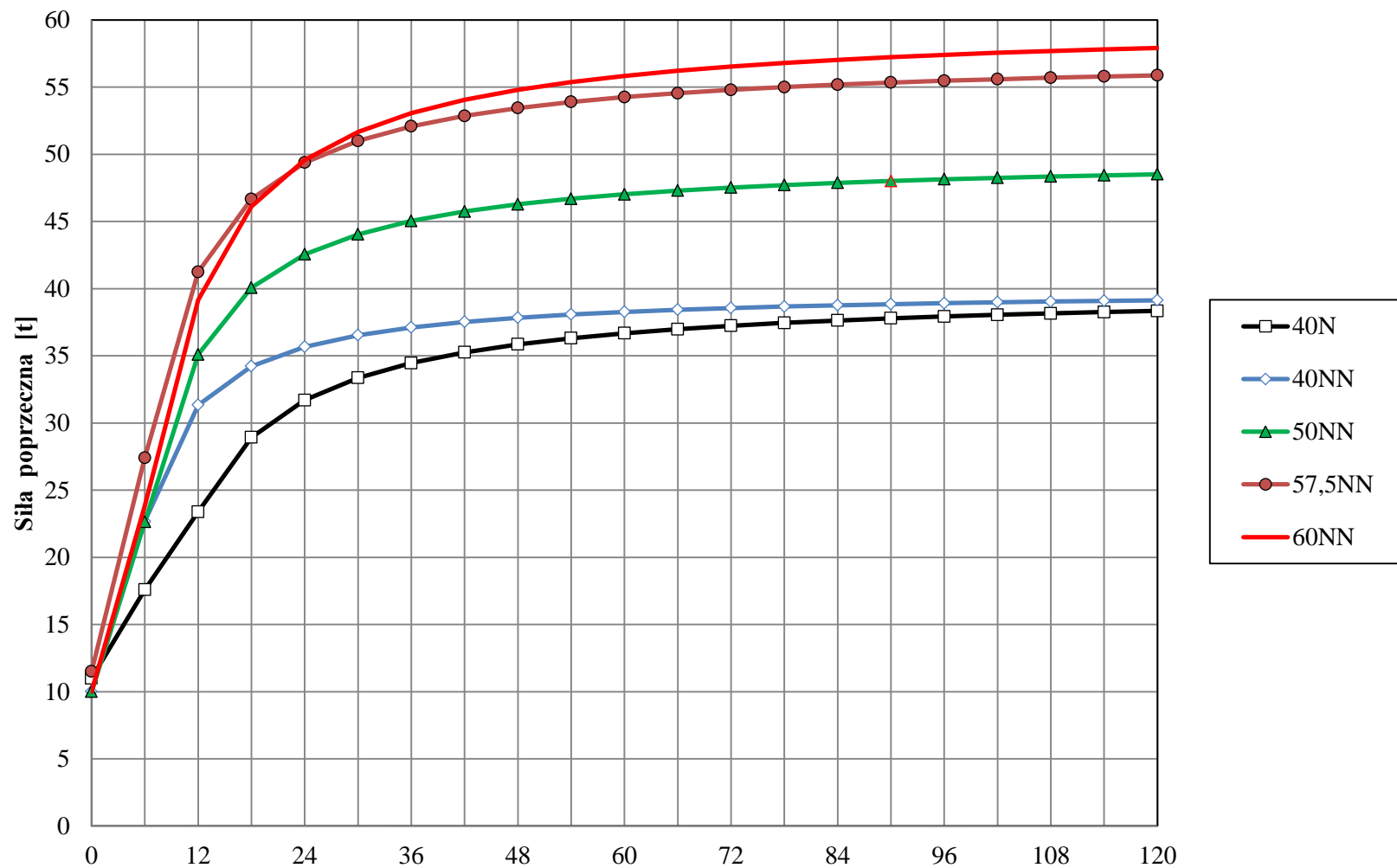
Rys. 6.3. Obciążenie pojazdem ciężkim w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m



Rys. 6.4. Różnice względne obciążenia pojazdem nienormalnym i normalnym w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m

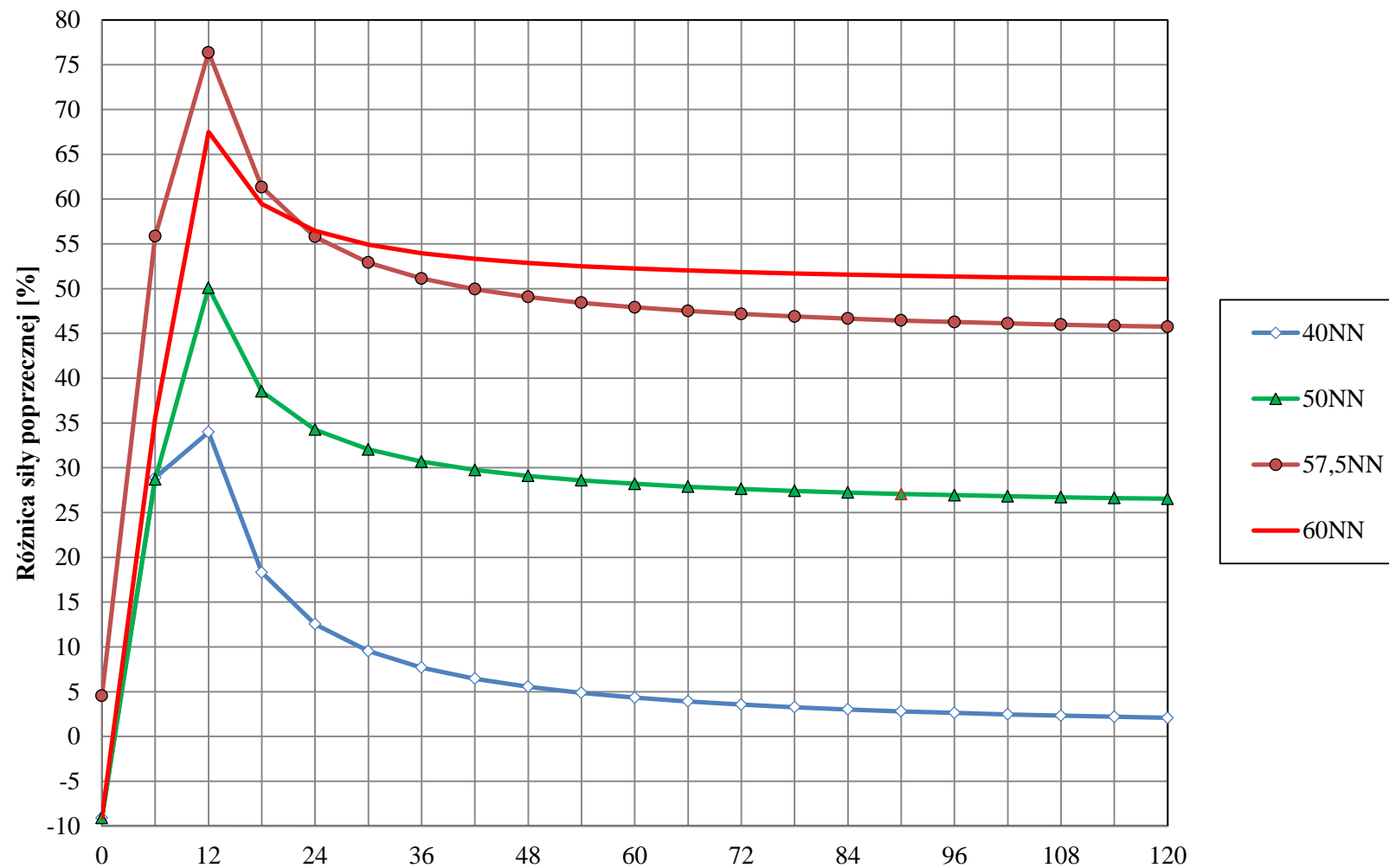


Rys. 6.5. Obciążenie pojazdem ciężkim w funkcji rozpiętości przęsła do 120 m

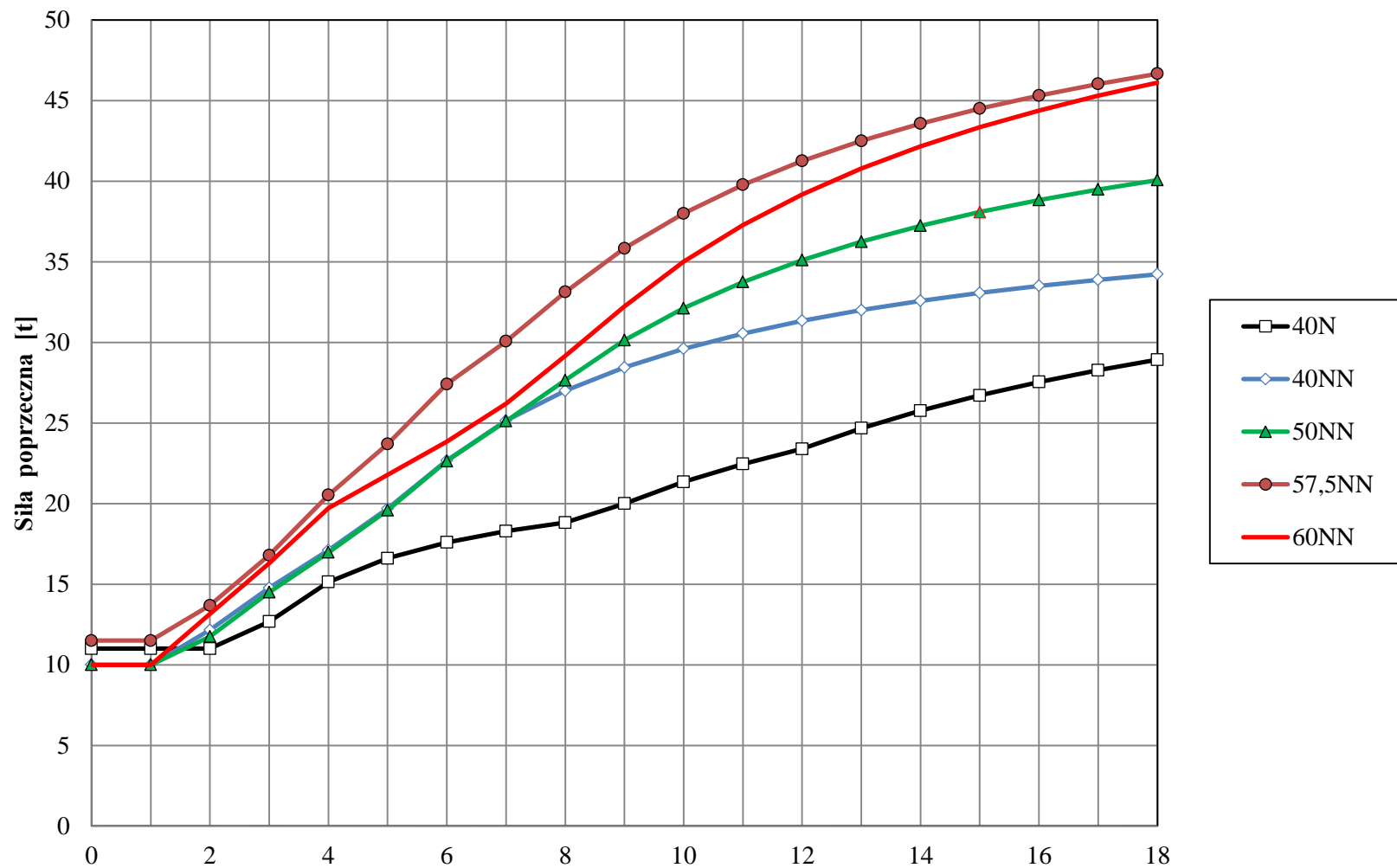




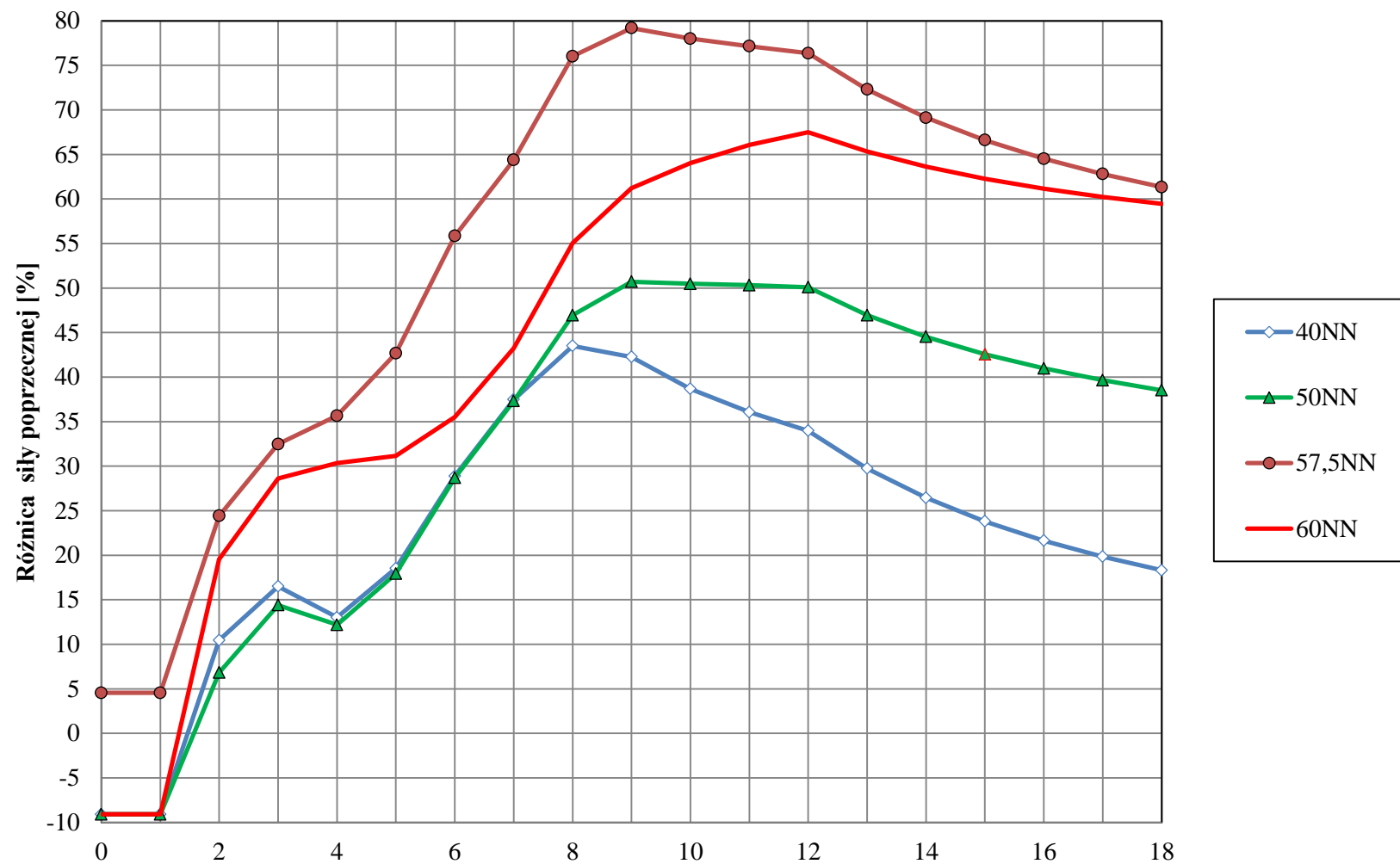
Rys. 6.6. Różnice względne obciążenia pojazdem nienormalnym i normalnym w funkcji rozpiętości przęsła do 120 m



Rys. 6.7. Obciążenie pojazdem ciężkim w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m



Rys. 6.8. Różnice względne obciążenia pojazdem nienormalnym i normalnym w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m



W niniejszym opracowaniu zastosowano taką samą zasadę oceny oddziaływania obciążenia. Obliczono siły wewnętrzne w belce swobodnie podpartej obciążonej jednym pojazdem normatywnym (oznaczonym 40N) lub jednym pojazdem nienormatywnym, przy czym obliczenia wykonano w odniesieniu do 4 pojazdów nienormatywnych, oznaczonych odpowiednio: 40NN, 50NN, 57,5NN i 60NN. Z uwagi na szerokość pojazdów przyjęto, że obliczenia dotyczą jednego pasa ruchu na jezdni.

Na rysunkach od 6.1. do 6.4. pokazano wartości jednostkowego momentu zginającego w funkcji rozpiętości przęsła:

- na rys. 6.1. wartości momentu w funkcji rozpiętości przęsła do 120 m co 6 m,
- na rys. 6.2. różnice względne momentu zginającego przy obciążeniu pojazdem nienormatywnym i normatywnym obliczone według wzoru:  $(M_{NN}-M_N)/M_N \times 100\%$ ,
- na rys. 6.3. wartości momentu zginającego w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m co 1 m,
- na rys. 6.4. różnice względne momentu zginającego przy obciążeniu pojazdem nienormatywnym i normatywnym obliczone według wzoru jw.

Na rysunkach od 6.5. do 6.8. pokazano wartości siły poprzecznej w funkcji rozpiętości przęsła:

- na rys. 6.5. wartości siły poprzecznej w funkcji rozpiętości przęsła do 120 m co 6 m,
- na rys. 6.6. różnice względne siły poprzecznej przy obciążeniu pojazdem nienormatywnym i normatywnym obliczone według wzoru:  $(T_{NN}-T_N)/T_N \times 100\%$ ,
- na rys. 6.7. wartości siły poprzecznej w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m co 1 m,
- na rys. 6.8. różnice względne siły poprzecznej przy obciążeniu pojazdem nienormatywnym i normatywnym obliczone według wzoru jw.

Analizując wykresy przedstawiające wartości momentów zginających można stwierdzić, że do rozpiętości przęsła równej 42 m moment zginający o największej wartości wywołuje obciążanie pojazdem 57,5NN, osiągając wartość ekstremalną przy rozpiętości 13 m, która jest o 100% większa niż wywołana obciążeniem pojazdem normatywnym 40N. Obciążenie pojazdem 40NN, przy takiej samej rozpiętości, wywołuje moment o wartości większej od wywołanego pojazdem normatywnym 40N o prawie 50%. Co oczywiste, przy dużych rozpiętościach przęsła obciążenie pojazdem 60NN wywołuje moment o wartości większej niż wartość momentu wywołanego obciążaniem pojazdu normatywnego 40N o 50%.

Analizując wykresy przedstawiające wartości sił poprzecznych można stwierdzić, że do rozpiętości przęsła równej 24 m siłę poprzeczną o największej wartości wywołuje obciążanie pojazdem 57,5NN, osiągając wartość ekstremalną przy rozpiętości 9 m, która jest o 80% większa niż wywołana obciążeniem pojazdem normatywnym 40N. Obciążenie pojazdem 40NN, przy rozpiętości 8 m, wywołuje siłę poprzeczną o wartości większej od wywołanej pojazdem normatywnym 40N o prawie 45%. Przy dużych rozpiętościach przęsła obciążenie pojazdem 60NN wywołuje siłę poprzeczną o wartości większej niż wartość siły wywołana obciążaniem pojazdu normatywnego 40N o 50%.

Analizując otrzymane wyniki należy stwierdzić, że wartości sił wewnętrznych wywołanych obciążeniem pojazdami są ściśle związane z rozstawem skrajnych osi (lub długością pojazdu). Im pojazd jest dłuższy, tym jego oddziaływanie na infrastrukturę jest mniejsze. Należy więc dodatkowo, oprócz masy całkowitej i nacisku osi, wprowadzić wymaganie związane maksymalną wartością współczynnika równego stosunkowi masy do rozstawu skrajnych osi.

### 6.3. Zależność między maksymalną masą całkowitą pojazdu a rozstawem skrajnych osi

W Szwecji sieć dróg publicznych podzielono na trzy klasy nośności: BK 1, BK 2 i BK 3. Po sieci drogowej o najwyższej klasie nośności – BK 1 – dopuszczono do ruchu pojazdy o masie do 60 t (włącznie). Z rozstawu skrajnych osi pojazdu wynika dopuszczona masa całkowita pojazdu [19].

Tablica 6.2. Zależność między rozstawem skrajnych osi a masą pojazdu

Rozstawy skrajnych osi $S$ [m]	Masa pojazdu $M$ [t]	Masa jednostkowa $R$ [t/m]
10,0	40	4,00
10,5	42	4,00
11,0	44	4,00
11,5	46	4,00
12,0	48	4,00
13,0	50	3,85
14,0	52	3,71
15,0	54	3,60
16,0	56	3,50
17,0	58	3,41
18,0	60	3,33

W Polsce można byłoby skorzystać z doświadczeń szwedzkich i udzielać pozwoleń na przejazdy pojazdów nienormatywnych z uwzględnieniem współczynnika  $R$ . Jeżeli współczynnik  $R$  równy stosunkowi rzeczywistej masy całkowitej  $M$  do maksymalnego rozstawu osi  $S$  jest nie większy niż:

- w odniesieniu do pojazdów o masie do 46 t:

$$R = 4 \text{ [t/m]} \quad (6.1.)$$

- w odniesieniu do pojazdów o masie większej niż 46 t, obliczony według wzoru:

$$R = 4 - \frac{M - 46}{20} \text{ [t/m]} \quad (6.2.)$$

#### 6.4. Analiza sił wewnętrznych przy obciążeniu pojazdami rzeczywistymi oraz przy obciążeniu zastępczym uwzględniającym współczynnik $R$

Do dalszej analizy jako pojazd normatywny przyjęto pojazd członowy o parametrach, jak w punkcie 6.1. – jego masa całkowita wynosi 40 t, a długość całkowita - 16,50 m. Pojazd oznaczono symbolem 40N. Ponadto do analizy przyjęto pojazd nienormatywny o masie 40 t, oznaczony 40NN i pojazd nienormatywny o masie 60 t, oznaczony 60NN. Parametry techniczne i oznaczenia pojazdów nienormatywnych są takie, jak w punkcie 6.1.

Dodatkowo do analizy przyjęto obciążenie zastępcze pojazdami nienormatywnymi. Obciążenie to obliczono:

- jako iloraz masy całkowitej oraz rzeczywistego rozstawu osi i oznaczono literą  $Z$  albo
- jako iloraz masy całkowitej oraz rozstawu osi z uwzględnieniem współczynnika  $R$  i oznaczono literą  $R$ .

Parametry techniczne pojazdów oraz obciążenie zastępcze przyjęte do analizy, podano w tablicy 6.3.

**Tablica 6.3. Parametry techniczne pojazdów  
oraz obciążenie zastępcze**

Oznaczenie	Masa	Naciski osi	Rozstawy osi	Rozstaw skrajnych osi	Masa jednostkowa
	[t]	[t]	[m]	[m]	[t/m]
40N	40,0	6,5+11,0+3×7,5	3,60+5,75+2×1,31	11,97	3,34
40NN	40,0	4×10	1,57+2,02+1,65	5,24	
40NNZ	40,0	-	-	5,24	7,63
40NNR	40,0	-	-	10,00	4,00 <sup>*)</sup>
60NN	60,0	6×10	1,37×2+2,85+1,27×2	8,33	
60NNZ	60,0	-	-	8,33	7,20
60NNR	60,0	-	-	18,18	3,30 <sup>*)</sup>

\*masa jednostkowa obliczona według wzorów (6.1.) lub (6.2.)

W tablicy przyjęto następujące oznaczenia:

40N – pojazd normatywny o masie 40 t dopuszczony do ruchu po drogach publicznych w Polsce na podstawie rozporządzenia [5]

XNN – pojazd nienormatywny o masie X – 40 lub 60 t - dopuszczony do ruchu po drogach publicznych na mocy zezwoleń V lub VI kategorii

XNNZ – obciążenie zastępcze pojazdem nienormatywnym o masie X, odniesione do rzeczywistego rozstawu osi

XNNR – obciążenie zastępcze pojazdem nienormatywnym o masie X, odniesione do rozstawu osi wyznaczonego z uwzględnieniem współczynnika  $R$ .

Na rysunkach od 6.9. do 6.12. przedstawiono wartości jednostkowego momentu zginającego w funkcji rozpiętości przęsła:

- na rys. 6.9. wartości momentu w funkcji rozpiętości przęsła do 120 m co 6 m,
- na rys. 6.10. różnice względne momentu zginającego w funkcji rozpiętości przęsła do 120 m przy obciążeniu pojazdem nienormalnym o rzeczywistym rozstawie osi i rozstawie osi obliczonym z uwzględnieniem współczynnika  $R$ , według wzoru:  $(M_{NN}-M_{NNR})/M_{NN}\times 100\%$ ,
- na rys. 6.11. wartości momentu zginającego w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m co 1 m,
- na rys. 6.12. różnice względne momentu zginającego w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m przy obciążeniu pojazdem nienormalnym o rzeczywistym rozstawie osi i rozstawie osi obliczonym z uwzględnieniem współczynnika  $R$ , według wzoru jw.

Z uwagi na prostą zależność między momentem zginającym a siłą poprzeczną, powstającymi przy obciążeniu równomiernie rozłożonym w belce swobodnie podpartej, nie przedstawiono wartości sił poprzecznych powstających przy takim obciążeniu, gdyż relacje między tymi rodzajami sił wewnętrznych są takie same.

Analizując wykresy momentów zginających można stwierdzić, że zwiększenie rozstawu skrajnych osi ma decydujące znaczenie na wartość sił wewnętrznych w przęsłach o niewielkiej rozpiętości.

W odniesieniu do przejazdu pojazdów nienormalnych o masie 40 t, przejazd pojazdu 40NNR w stosunku do przejazdu pojazdu 40NN powoduje powstanie mniejszych sił wewnętrznych przy rozpiętości przęsła:

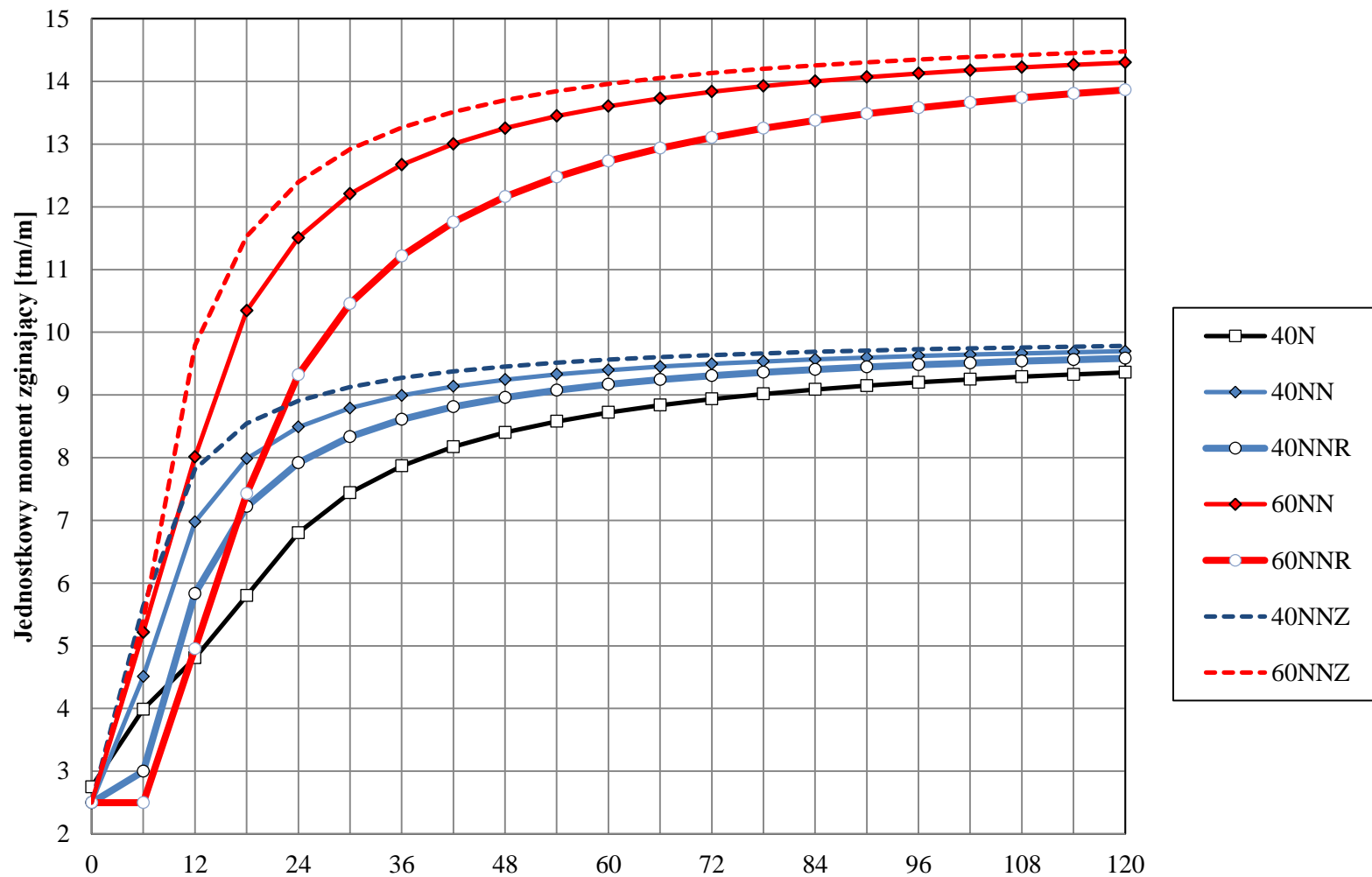
- 6 m o 33%,
- 9 m o 25%,
- 12 m o 16%,
- 18 m o 10%.

W odniesieniu do przejazdu pojazdów nienormalnych o masie 60 t, przejazd pojazdu 60NNR w stosunku do przejazdu pojazdu 60NN powoduje powstanie mniejszych sił wewnętrznych przy rozpiętości przęsła:

- 6 m o 52%,
- 9 m o 41%,
- 12 m o 38%,
- 18 m o 28%,
- 24 m o 19%,
- 36 m o 12%.

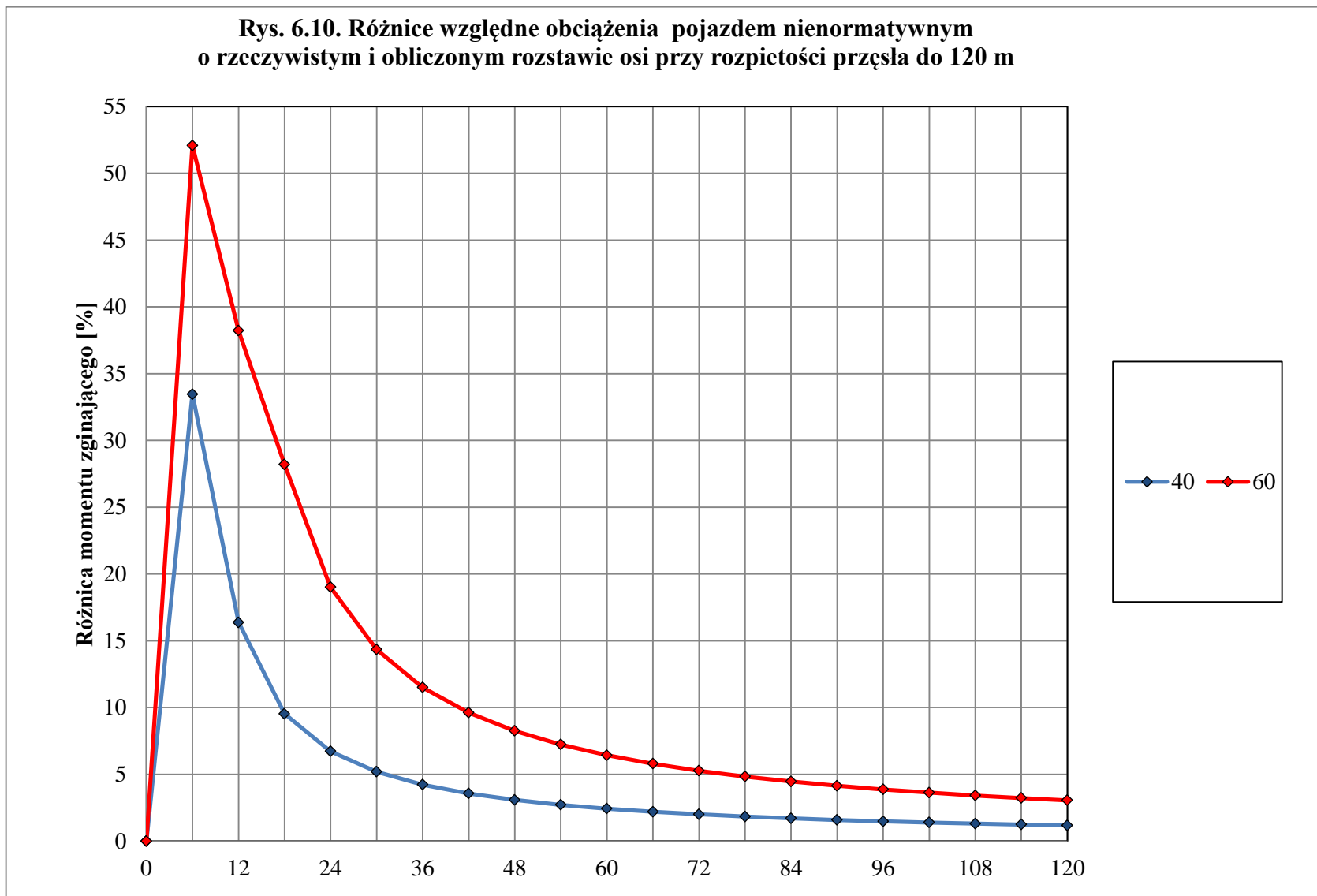
Należy zwrócić uwagę na fakt, że im większa masa pojazdu nienormalnego tym większy wpływ na odciążenie obiektów ma zastosowane współczynnika  $R$ .

Rys. 6.9. Obciążenie pojazdem ciężkim i obciążenie zastępcze  
w funkcji rozpiętości przęsla do 120 m

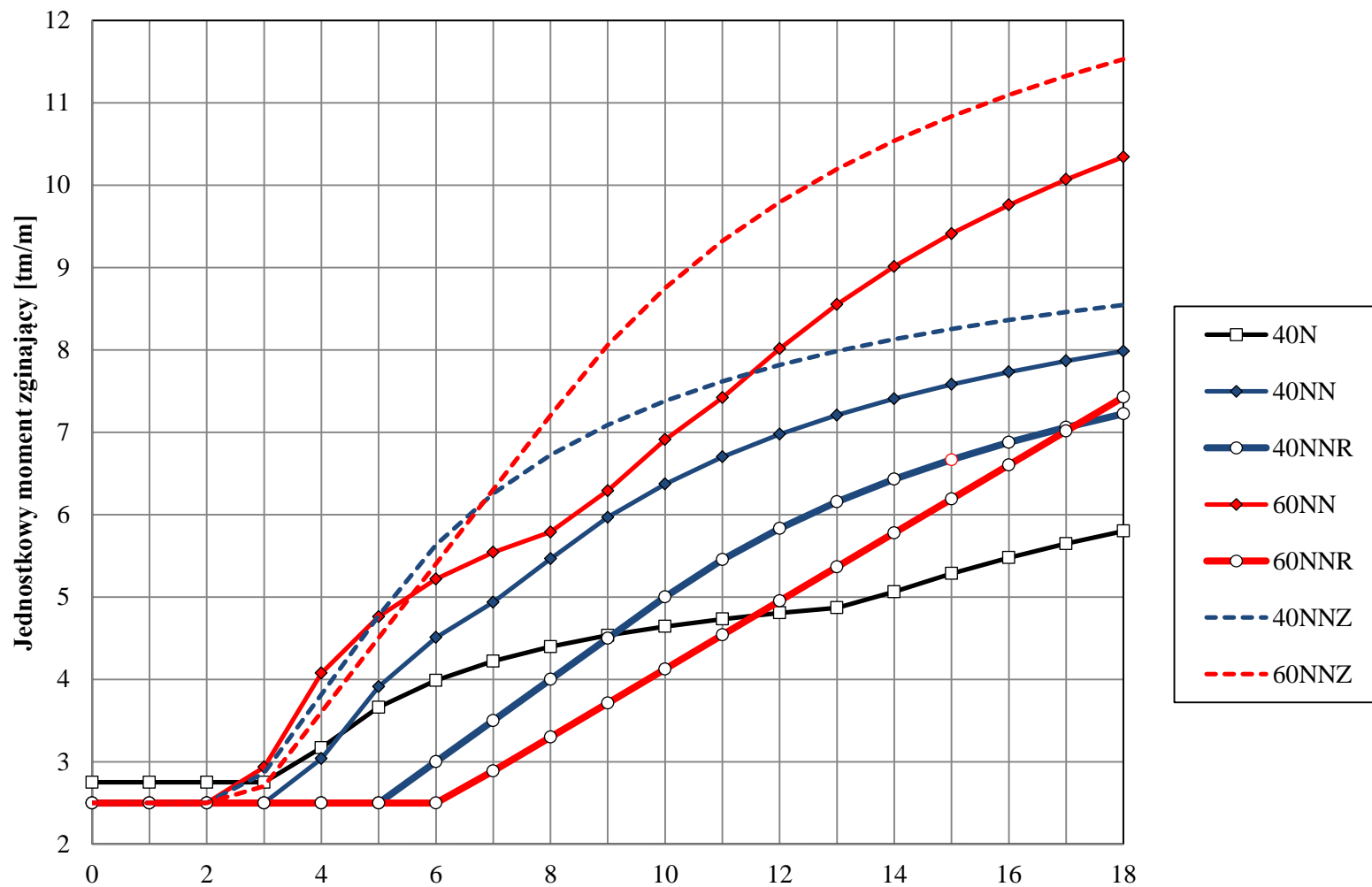




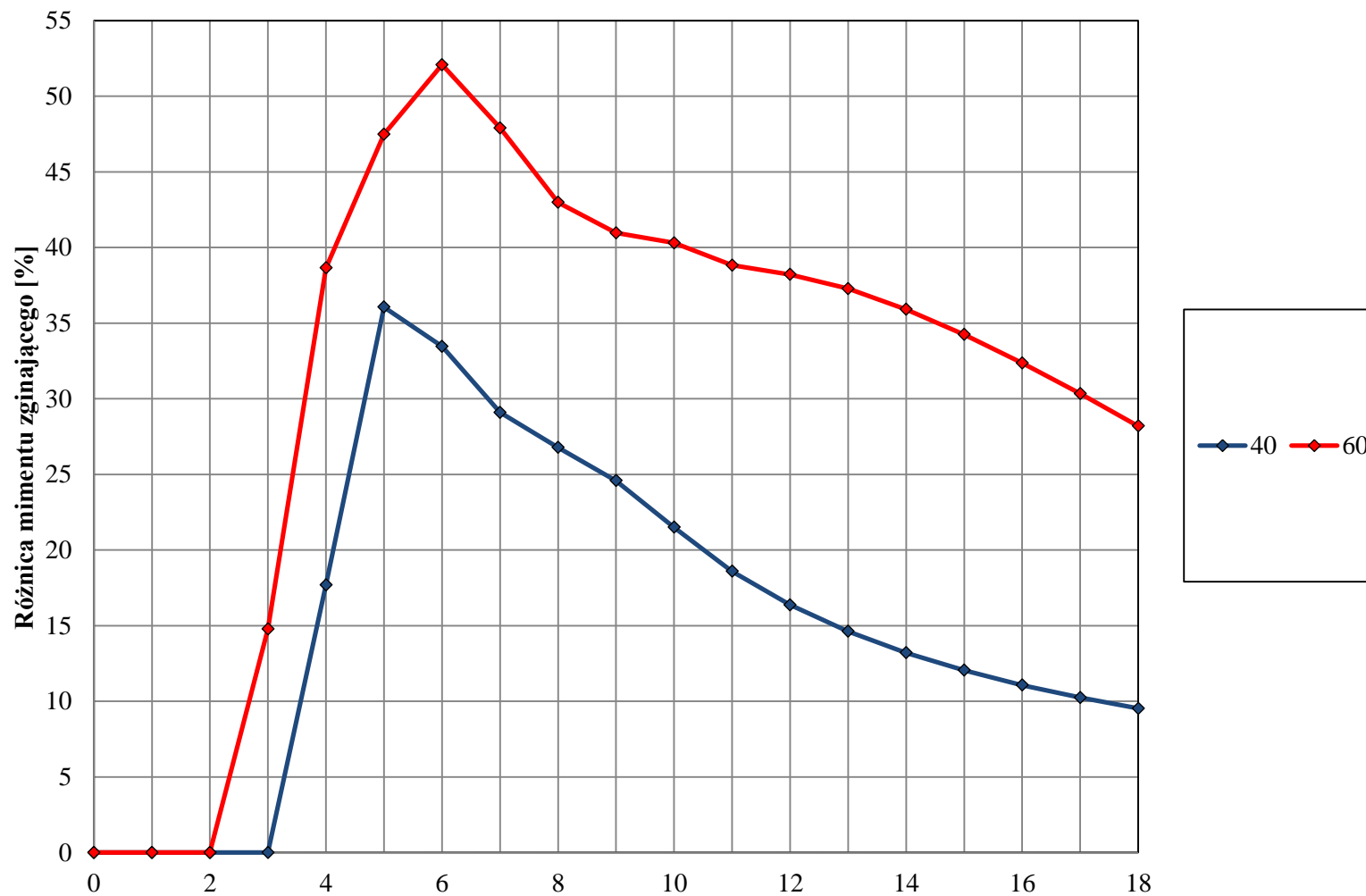
Rys. 6.10. Różnice względne obciążenia pojazdem nienormalnym o rzeczywistym i obliczonym rozstawie osi przy rozpiętości przęsła do 120 m



Rys. 6.11. Obciążenie pojazdem ciężkim i obciążenie zastępcze  
w funkcji rozpiętości przęsła do 18 m



**Rys. 6.12. Różnice względne obciążenia pojazdem nienormalnym o rzeczywistym i obliczonym rozstawie osi przy rozpiętości przęsła do 18 m**



## 7. Analiza sił wewnętrznych przy obciążaniu dwóch pasów ruchu według normy z 1985 r. i pojazdami nienormatywnymi o masie 60 t

Do analizy sił wewnętrznych przy obciążaniu dwóch pasów ruchu przyjęto obiekty jednoprzęsłowe o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej i belkowym przekroju poprzecznym przeszła.

Obiekty mają następujące parametry:

- liczba dźwigarów:  $n = 2, 4$  lub  $6$
- szerokość użytkowa jezdni:  $b = 6,00$  m
- rozpiętość przeszła:  $l = 2b, 4b$  i  $8b$ .

Rozstaw osiowy skrajnych dźwigarów  $a$  jest taki, że na każdy dźwigar przypada pasmo jezdni o takiej samej szerokości (np. jeżeli  $n = 2$  i  $b = 6,00$  m, to  $a = 3,00$  m).

Jezdnię o dwóch pasach ruchu obciążono obciążeniem normowym według normy z 1985 r. [17] oraz pojazdem nienormatywnym o masie 60 t, o symbolu 60NN.

W tabelicy 7.1. zestawiono obliczone metodą sztywnej poprzeczniczy wartości rzędnych linii wpływu rozdziału poprzecznego obciążania skrajnej belki w odniesieniu do analizowanych obiektów.

**Tabela 7.1. Wartości rzędnych linii wpływu rozdziału poprzecznego obciążania obliczone metodą sztywnej poprzeczniczy**

$b$	$b_q$ i $\eta_i$	$n=2$	$n=4$	$n=6$
6 m	$b_q$	4,50 m	4,25 m	4,17 m
	$\eta_K$	0,8333	0,4500	0,3097
	$\eta_q$	0,7500	0,4250	0,2976
	$\eta_{NN60}$	1,0000	0,5500	0,3811

Oznaczenia przyjęte w tabelicy:

$b$  - szerokość użytkowa jezdni (szerokość jezdni pomiędzy krawężnikami) [m],

$b_q$  - szerokość pasma obciążenia równomiernie rozłożonego na dodatniej gałęzi wpływu rozdziału poprzecznego obciążenia [m],

$\eta_K$  - rzędna linii wpływu w osi obciążenia  $K$ ,

$\eta_q$  - rzędna linii wpływu w osi obciążenia równomiernie rozłożonego  $q$  na jezdni na dodatniej gałęzi wpływu,

$\eta_{NN60}$  - rzędna linii wpływu w osi obciążenia pojazdem nienormatywnym o masie 60 t.

W przyjętej metodzie rozdziału poprzecznego obciążenia o wartości sił wewnętrznych w skrajnej belce decyduje obciążenie pojazdem nienormatywnym jednego pasa ruchu, gdyż przy obciążeniu drugiego pasa ruchu rzędna linii wpływu w osi usytuowania pojazdu ma wartość ujemną.

Z uwagi na to, że sposób analizy sił wewnętrznych obiektu mostowego ze względu na moment zginający i siłę poprzeczną jest taki sam, analizę przeprowadzono przykładowo w

odniesieniu do momentu zginającego.

Wzór na obliczanie jednostkowych momentów zginających w skrajnej belce obiektu mostowego zaprojektowanego według normy i na klasę obciążania *A*, można napisać w następującej postaci:

$$M_{PN} = \frac{1}{\eta_{NN60}} \cdot \left[ \left(200 - \frac{480}{l}\right) \cdot \eta_K + \frac{0,5 \cdot l \cdot b_q \cdot \eta_q}{1,35 - 0,005 \cdot l} \right], \quad (7.1.)$$

w którym oznaczenia przyjęto, jak w tabelicy 7.1.

Korzystając z rzędnych linii wpływu (tablica 7.1.) obliczonych metodą sztywnej poprzecznicy oraz wzoru (7.1.) w tabelicy 7.2. zestawiono wartości momentów jednostkowych wyznaczonych w belce swobodnie podpartej przy charakterystycznym obciążeniu normowym według normy [17] i przy obciążeniu pasa ruchu jednym pojazdem nienormatywnym o masie 60 t (60NN).

Zgodnie z zapisami normy europejskiej [20] dotyczącej podstaw projektowania, przewidywany okres użytkowania obiektów mostowych wynosi 100 lat. W odniesieniu do wytrzymałości zmęczeniowej, przy braku danych o ruchu drogowym w normie europejskiej dotyczącej obciążania obiektów mostowych [21] jest zalecany „współczynnik 1,4 w stosunku do poziomów obciążania” projektowego i eksploatacyjnego.

Obciążanie pojazdami nienormatywnymi potraktowano jak obciążenie eksploatacyjne. Jego wartość charakterystyczną zwiększono o współczynnik dynamiczny według normy [17] i zmęczeniowy według normy [21]. Otrzymane przy takim obciążeniu siły wewnętrzne w konstrukcji porównano z siłami powstającymi przy obciążaniu normowym według normy [17], przy różnych klasach obciążania: *A*, *B* lub *C*. W tabelicy 7.2. zestawiono wartości jednostkowych momentów zginających w belce swobodnie podpartej obciążonej charakterystycznym obciążeniem według normy [17] i pojazdem nienormatywnym o masie 60 t.

Analizując wartości sił wewnętrznych podane w tabelicy 7.2. można stwierdzić, że przy dwóch pasach ruchu (szerokość jezdni równa 6,00 m) i rozpiętości przęsła  $l = 12, 24$  lub  $48$  m, wartości sił wewnętrznych powstające w skrajnej belce przy przejeździe pojazdu nienormatywnego o masie 60 t (60NN) są:

- mniejsze niż siły wewnętrzne powstające przy obciążeniu normowym klasy *A*,
- mniejsze niż siły wewnętrzne powstające przy obciążeniu normowym klasy *B*, przy niewielkiej rozpiętości przęsła, np. równej 12 m;
- większe niż siły wewnętrzne powstające przy obciążeniu normowym klasy *B*, przy większej rozpiętości przęsła, np. równej 24 m;
- większe niż siły wewnętrzne powstające przy obciążeniu normowym klasy *C*, niezależnie od rozpiętości przęsła.

**Tablica 7.2. Wartości jednostkowych momentów zginających w belce obciążonej charakterystycznym obciążeniem według normy i pojazdem nienormatywnym o masie 60 t**

Klasa	$b$	$l$	$M_{PN}$	$n=2$	$n=4$	$n=6$
	[m]	[m]	$M_{NN60}$	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
A	6	12	$M_{PN}$	149,03	146,18	145,17
			$M_{NN60}$	109,90		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	136	133	132
		24	$M_{PN}$	182,92	179,31	178,05
			$M_{NN60}$	157,92		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	116	114	113
		48	$M_{PN}$	231,30	226,46	224,81
			$M_{NN60}$	181,79		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	127	125	124
B	6	12	$M_{PN}$	111,77	109,64	108,88
			$M_{NN60}$	109,90		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	102	100	99
		24	$M_{PN}$	137,19	134,48	133,54
			$M_{NN60}$	157,92		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	87	85	85
		48	$M_{PN}$	173,48	169,85	168,61
			$M_{NN60}$	181,79		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	95	93	93
C	6	12	$M_{PN}$	74,52	73,09	72,59
			$M_{NN60}$	109,90		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	68	67	66
		24	$M_{PN}$	91,46	89,66	89,03
			$M_{NN60}$	157,92		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	58	57	56
		48	$M_{PN}$	115,65	113,23	112,41
			$M_{NN60}$	181,79		
			$M_{PN}/M_{NN60}$ [%]	64	62	62

## 8. Uwagi końcowe i wnioski

*- w odniesieniu do maksymalnej masy pojazdów dopuszczonych w Polsce do ruchu po obiektach mostowych na podstawie normatywów obciążenia:*

1) W Polsce przy projektowaniu obiektów mostowych na przestrzeni prawie 100 lat korzystano z 8. różnych normatywów dotyczących obciążenia, w których występują różne klasy obciążania (im wyższa klasa, tym większe obciążanie). **Po obiektach zaprojektowanych na najwyższą klasę obciążenia, na podstawie normatywów wydanych w latach od 1945 r. do 1956 r., były dopuszczone do ruchu po obiektach mostowych pojazdy o masie do 20 t, od 1956 r. do 1985 r. - pojazdy o masie do 30 t, a od 1985 r. do chwili obecnej – pojazdy o masie do 50 t.**

*- w odniesieniu do maksymalnej masy pojazdów dopuszczonych bez ograniczeń do ruchu drogowego w Europie i w Polsce:*

2) Zgodnie z dyrektywą Rady WE [1] w krajach europejskich są obecnie dopuszczone do ruchu po drogach publicznych pojazdy pięćoosiowe o dopuszczalnej masie całkowitej do 40 t i sześćoosiowe o masie do 44 t, przewożące 40-stopowy kontener według normy ISO. W Polsce w rozporządzeniu ministra właściwego ds. transportu [5] dopuszczono do ruchu po drogach publicznych pojazdy o parametrach takich, jak w dyrektywie Rady.

Ponadto zgodnie z dyrektywą Rady 96/53/WE [1] do ruchu po drogach publicznych są obecnie dopuszczone pojazdy członowe o długości do 16,50 m i zespoły pojazdów o długości do 18,75 m. W Polsce w rozporządzeniu ministra właściwego ds. transportu [5] dopuszczono do ruchu po drogach publicznych pojazdy o parametrach takich, jak w dyrektywie Rady.

*- w odniesieniu do maksymalnej masy pojazdów dopuszczonych do ruchu drogowego w Polsce na podstawie zezwolenia na przejazd kategorii V i VI:*

3) Na mocy ustawy z dnia 18 sierpnia 2011 r. [3] **zezwolenia kategorii V i VI na przejazd pojazdu nienormatywnego o masie do 60 t mogą być wydawane na okres do 24 miesięcy. Zezwolenia takie wydaje Generalny Dyrektor Dróg Krajowych i Autostrad.**

*- w odniesieniu do uprawnień do poruszania się pojazdów dopuszczonych do ruchu drogowego na podstawie zezwoleń:*

4) Zapis art. 64c ust. 6 ustawy [3] można zinterpretować, że **zezwolenie kategorii VI uprawnia do poruszania się drogami określonymi w zezwoleniu kategorii V. Tak więc można przyjąć, że pojazdy o nacisku osi do 11,5 t oraz o masie do 60 t będą mogły poruszać się po wszystkich drogach publicznych w Polsce.**

*- w odniesieniu do normatywnej szerokości pojazdów dopuszczonych do ruchu drogowego na podstawie zezwoleń:*

5) Zapis art. 64e ust. 1 pkt 2) można zinterpretować, że **pojazd z ładunkiem o szerokości do 3,00 m nie jest nienormatywny.**

## **Wnioski**

- 1. Należy powtórnie przeanalizować przepisy ustawy z dnia 18 sierpnia 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o ruchu drogowym, pod kątem ich zasadności w kontekście wyżej wymienionych uwag natury legislacyjnej - uwagi 4) i 5).**
- 2. Z przeprowadzonej analizy statycznej dotyczącej obciążenia jednego pasa ruchu wynika, że przejazd pojazdu o masie do 60 t (który może uzyskać zezwolenia kategorii V i VI) wywołuje wyężenie konstrukcji niosącej obiektów mostowych do 80% większe niż przejazd pojazdu o masie 40 t dopuszczonego do ruchu po drogach publicznych bez ograniczeń. Przy tak dużym wzroście wyężenia konstrukcji należy liczyć się ze znacznym skróceniem okresu bezpiecznej eksploatacji obiektów.**
- 3. W celu ograniczenia wzrostu wyężenia konstrukcji mostowych pozwolenia na przejazdy pojazdów nienormatywnych należy udzielać biorąc pod uwagę stosunek rzeczywistej masy całkowitej do rozstawu skrajnych osi, z wykorzystaniem współczynnika  $R$  (wzory 6.1. i 6.2.).**
- 4. Z przeprowadzonej analizy statycznej dotyczącej obiektów o jezdni dwupasowej wynika, że pojazdy o masie do 60 t będą mogły poruszać się po obiektach zaprojektowanych według normy z 1985 r. [17] według następujących zasad:**
  - w normalnym ruchu drogowym – po obiektach zaprojektowanych na klasę A oraz klasę B przy niewielkiej rozpiętości przęseł;**
  - w ograniczonym zakresie - po obiektach zaprojektowanych na klasę B przy większej rozpiętości przęseł.****Po obiektach zaprojektowanych na klasę C pojazdy o masie do 60 t nie będą mogły się poruszać, bez negatywnego wpływu na trwałość konstrukcji obiektów.**



**Bibliografia:**

- [1] Dyrektywa Rady 96/53/WE z dnia 25 lipca 1996 r. ustanawiająca dla niektórych pojazdów drogowych poruszających się na terytorium Wspólnoty maksymalne dopuszczalne wymiary w ruchu krajowym i międzynarodowym oraz maksymalne dopuszczalne obciążenie w ruchu międzynarodowym (Dz. Urz. WE L 235 z 17.09.1996, z późn. zm.)
- [2] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2005 Nr 108, poz. 908 j.t.)
- [3] Ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o ruchu drogowym oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2011 r. Nr 222, poz. 1321)
- [4] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. z 2000 r. Nr 63, poz. 735)
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U. z 2003 r. Nr 32, poz. 262, z późn. zm.)
- [6] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999 r. Nr 43, poz. 430)
- [7] Zarządzenie nr 38 Ministra Infrastruktury dnia 26 października 2010 r. w sprawie wyznaczania wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych
- [8] Zarządzenie nr 17 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 1 czerwca 2004 r. w sprawie wprowadzenia do stosowania „Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych”
- [9] STANAG 2021: *Military Load Classification of Bridges, Ferries, Rafts and Vehicles. North Atlantic Treaty Organization. NATO Standardization Agency. Edition 6, 7 September 2006*
- [10] Tymczasowe przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych. Ministerstwo Robót Publicznych. Warszawa 1920.
- [11] Przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych. Ministerstwo Robót Publicznych. Warszawa 1926.
- [12] DIN 1072 (1931). *Der Brückenbau der Reichsautobahnen. Volk und Reich Verlag. Berlin Prag Wien, 1942.*
- [13] Tymczasowe przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych. Warszawa 1945.
- [14] Przepisy o budowie i utrzymaniu mostów drogowych i miejskich. Część ogólna – O. Warszawa 1952.

- [15] Normatyw techniczny projektowania mostów na drogach samochodowych. Obciążenia ruchome. Ministerstwo Transportu Drogowego i Lotniczego. Warszawa 1956.
- [16] Polska Norma PN-66/B-02015: Mosty, wiadukty i przepusty. Obciążenia i oddziaływania.
- [17] Polska Norma PN-85/S-10030: Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [18] Rymśa J.: Identyfikacja nośności normowej drogowych obiektów mostowych na podstawie ich nośności projektowej. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Studia i materiały zeszyt 61. Warszawa 2009, s. 301
- [19] Załadunek zgodny z przepisami. Przepisy dotyczące mas i wymiarów pojazdów ciężkich na rok 2010. Transport Styrelsen.
- [20] Polska Norma PN-EN 1990: 2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [21] Polska Norma PN-EN 1991-2: 2007 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 2: Obciążenia ruchome mostów