

- [3] Jankowiak J. (Praca zbiorowa): *Biometeorologia człowieka*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1976
- [4] Kaczmarek M., Pingot P.: *Wpływ warunków atmosferycznych na prędkość pojazdów na odcinkach dróg zamiejskich*. Praca magisterska napisana w Katedrze Budownictwa Drogowego Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Tomasza Szczuraszka. UTP. Bydgoszcz 2008
- [5] Kempa J.: *Mokra nawierzchnia zagrożeniem w ruchu*. „Autostrady” 5 i 6/2006
- [6] Klonowicz S., Kozłowski S.: *Człowiek a środowisko termiczne*. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1970
- [7] Ponikowska I., Tyczka S., *Człowiek, pogoda, klimat*. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1983
- [8] Skrobowski A., Błaszczyszyn M.: *Uważaj na pogodę*. „Żyjmy dłużej” 9/1999
- [9] Szczuraszek T.: *Prędkość pojazdów w warunkach drogowego ruchu swobodnego*. Zeszyt Nr 62. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Warszawa 2008
- [10] Szczuraszek T. + Zespół: *Badanie zagrożenia w ruchu drogowym*. Zeszyt nr 53. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Warszawa 2005
- [11] Wojtusiak J. (Praca zbiorowa): *Biometeorologia a organizm ludzi i zwierząt*, PWN. Warszawa-Kraków 1986
- [12] Woś A.: *Klimat Polski*, PWN, Warszawa 1999



KRZYSZTOF
GRADKOWSKI

Politechnika Warszawska

Bezpieczne konstrukcje wsporcze na drogach

Zagadnienia bezpieczeństwa każdej konstrukcji inżynierskiej należą do pierwszoplanowych problemów rozstrzyganych przez projektantów i wykonawców budowli. Należy do nich zarówno bezpieczeństwo i stateczność samych konstrukcji, jak i bezpieczeństwo użytkowania tych

konstrukcji i urządzeń. Rozstrzygnięcie tych problemów polega na odpowiednich wyborach koncepcji projektowanej konstrukcji obejmujących m.in. przyjęcie odpowiednich schematów statycznych, użytkowych stanów granicznych i rozwiązań materiałowych przewidzianych dla danego urządzenia. Ten rodzaj analiz przewidują odpowiednie polskie i europejskie normy techniczne i stanowią przedmiot zabiegów projektantów niezależnie od istnienia oprogramowań przewidzianych niemal dla każdego rodzaju konstrukcji inżynierskich, w tym stałych urządzeń wyposażenia technicznego dróg znajdujących się z reguły w obrębie pasów drogowych. Należy jednak wskazać, że właśnie te urządzenia, ze względu na swoje usytuowanie i ewentualny „kontakt bezpośredni” z pojazdami samochodowymi powinny odpowiadać szczególnym warunkom technicznym, zapewniając także bezpieczeństwo bierne, zwane też pasywnym samej konstrukcji urządzenia [5].

Kolizje pojazdów z urządzeniami technicznymi

Kolizje pojazdów z urządzeniami technicznymi w pasie drogowym, z ich konstrukcjami wsporczymi mogą być równie niebezpieczne dla uczestników wypadków, jak i uderzenie pojazdu w drzewo czy zderzenie z innym pojazdem. Statystyki wypadków drogowych prowadzone przez Komendę Główną Policji wykazują, że przypadki definiowane jako najechanie na drzewo, słup bądź znak w 2007 r. stanowiły 9,9% ogólnej liczby wypadków [2]. Dane te jednak nie wskazują liczby wypadków w postaci zderzeń tylko z konstrukcjami wsporczymi, jednakże uświadamiają potrzebę poszukiwania takich rozwiązań, które w sposób pośredni lub bezpośredni mogłyby zmniejszać możliwość powstawania takich kolizji lub ograniczyć ich skutki. Nawet ogólne analizy wy-

padków drogowych wskazują, iż we współczesnych warunkach ruchu drogowego słupy i podpory znaków stają się coraz większym zagrożeniem bezpieczeństwa na drodze. Najechanie na te elementy wyposażenia dróg może prowadzić do bardzo poważnych konsekwencji ze skutkami śmiertelnymi włącznie. Kraje o wysokim stopniu motoryzacji starają się eliminować tego typu słupy i podpory z miejsc największego zagrożenia kolizyjnego. Nie zawsze jest to jednak możliwe. Problemy wynikające ze stosowania standardowych konstrukcji wsporczych wymogły na projektantach poszukiwania innego rozwiązania, jakimi są systemy konstrukcji wsporczych z cechami biernego bezpieczeństwa aktualnie stanowiące najnowocześniejsze rozwiązanie w tej dziedzinie.

Systemy konstrukcyjne urządzeń dróg

Mają one unikalne cechy i właściwości wpływające na zmniejszenie poziomu ryzyka uczestników kolizji oraz uszkodzeń pojazdów. Konstrukcje tego rodzaju stosowane są z powodzeniem od 1999 r. w wielu krajach europejskich, a w Polsce od 2000 r. Są to głównie urządzenia konstrukcji wsporczych i nośnych oznakowań dróg oraz bariery, słupy, ramownice bramowe itd. Istnieje wiele rodzajów konstrukcji wsporczych. Ogólnie rozróżnia się je ze względu na funkcję, jaką mają pełnić [1] wymieniając:

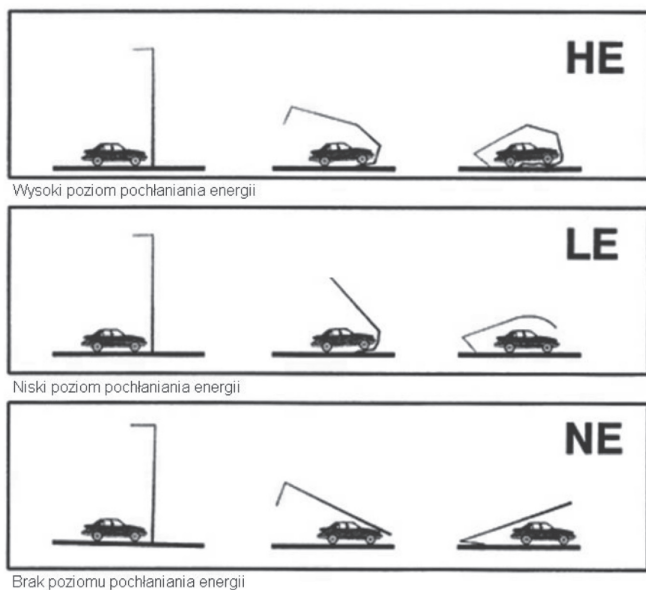
- konstrukcje wsporcze pionowego oznakowania dróg, a wśród nich: słupki z rur stalowych, konstrukcje z odciągami, konstrukcje kratownicowe, konstrukcje boczne wysięgnikowe, konstrukcje bramowe,
- konstrukcje wsporcze urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego, a wśród nich urządzenia sygnalizacji świetlnej.

W ostatnich latach eksponuje się projektowanie i wytwarzanie konstrukcji wsporczych w taki sposób, aby zapewnić potencjalnym uczestnikom wypadków tzw. bierne bezpieczeństwo. Wynika to również z tego, że nieustanny rozwój motoryzacji i stały wzrost natężenia ruchu drogowego prowadzić będzie do zwiększenia zagrożeń i niebezpieczeństw na drodze i jej bezpośrednim otoczeniu. Na ogół uczestnicy ruchu drogowego spodziewają się takiego przygotowania drogi, aby można było poruszać się po niej bezpiecznie.

Norma Europejska

Wdrożenie konstrukcji wsporczych z cechami biernego bezpieczeństwa, które spełniają wymagania Europejskiej Normy PN-EN 12767 jest jednym ze sposobów eliminowania tych zagrożeń. Norma [3] uzyskała aprobatę Europejskiego Komitetu Normalizacji CEN w 2000 r. i jest stosowana w wielu krajach Unii Europejskiej. Norma ta jest wzorcem klasyfikacji konstrukcji wsporczych na drogach według ich zagrożenia dla uczestników ruchu w przypadku kolizji pojazdu z taką konstrukcją. Należy ją stosować do większości elementów pionowego oznakowania dróg czy konstrukcji sygnalizacji świetlnej. Norma ta podaje trzy kategorie pochłaniania energii przez konstrukcję:

- wysoko pochłaniająca energię HE,
- nisko pochłaniająca energię LE,
- nie pochłaniająca energii NE.



Rys. 1. Schematy pokazujące poziomy pochłaniania energii

Konstrukcje wsporcze wysoko pochłaniające energię (HE) spowalniają pojazd lub zatrzymują go, przez co maleje ryzyko ponownego zderzenia z innymi elementami na drodze. W przypadku konstrukcji nie pochłaniających i nisko pochłaniających energię pojazd po uderzeniu kontynuuje jazdę jednak ze zmniejszoną prędkością.

Określenie poziomu bezpieczeństwa

Ze względu na różnorodność materiałów oraz technologii wykonywania konstrukcji wsporczych z cechami biernego bezpieczeństwa wprowadzono jednolite i porównywalne wskaźniki pomiaru i określenia poziomu bezpieczeństwa i funkcjonalności. Kryteria metod badań tych wskaźników określa norma PN-EN 1317-1:2001. Podczas *crash*-testów mierzy się trzy podstawowe wielkości fizyczne, gdzie najważniejszym jest *ASI* (wskaźnik intensywności przyśpieszenia) – wyrażający poziom ciężkości wypadku. Kolejnym wskaźnikiem jest *THIV* – teoretyczna prędkość głowy w czasie zderzenia. Osoba przebywająca w pojeździe w czasie kolizji pomimo

wyhamowania samochodu dalej porusza się do momentu uderzenia głową o powierzchnię wewnątrz pojazdu. Prędkość uderzenia głowy wskazuje na „ciężkość” wypadku, a wartość ta wyrażana jest w [km/h]. Badania wykazały, że bezpieczna jest prędkość do 33 km/h, a powyżej 44 km/h niesie ze sobą zagrożenie i ryzyko powstania trwałych uszkodzeń. Ostatnią mierzoną wielkością jest *PHD* – opóźnienie ruchu głowy po zderzeniu. Głowa ludzka pozostaje w kontakcie z powierzchnią wewnętrzną samochodu przez resztę okresu zderzenia i jest poddana takiemu samemu opóźnieniu jak pojazd. Wartością graniczną *PHD* jest 20g.

Za pomocą wskaźników możemy określić zgodnie z normą [3] ryzyko użytkownika pojazdu samochodowego, które określa się jako poziom bezpieczeństwa pasażera zapewniany przez daną konstrukcję i oznacza się liczbami 1–4 (tab. 1). Liczba 0 oznacza, że dana konstrukcja nie ma cech biernego bezpieczeństwa [28].

Tabela 1. Ryzyko użytkownika pojazdu

Poziom bezpieczeństwa użytkownika	Komentarz
1 do 3	Konstrukcje wsporcze zapewniające wzrost bezpieczeństwa
4	Bardzo bezpieczne konstrukcje

Poziom 1–3 ryzyka pasażera określa wyższy poziom jego bezpieczeństwa poprzez właściwe zachowanie się konstrukcji, która powinna zminimalizować konsekwencje zderzenia. Pewna część energii pojazdu powinna być pochłonięta przez samą konstrukcję wsporczą i ewentualnie powinno nastąpić ścięcie elementów montażowych ze stopą montażową do fundamentu. Samo zatrzymanie pojazdu winno nastąpić w sposób zamortyzowany bez efektu sprężystego odbicia od obiektu jak podczas uderzenia pojazdu w stałą podporę np. masyw betonowy. Każda konstrukcja wsporcza powinna być więc opisana przez następujące charakterystyki:

- klasa prędkości zderzenia (50, 70 lub 100 km/h),
- kategoria pochłaniania energii (HE, LE lub NE),
- poziom bezpieczeństwa użytkowników pojazdu.

Określony typ konstrukcji mający pełnić rolę bezpiecznej powinien być definiowany jako możliwa do wystąpienia kombinacja właściwości.

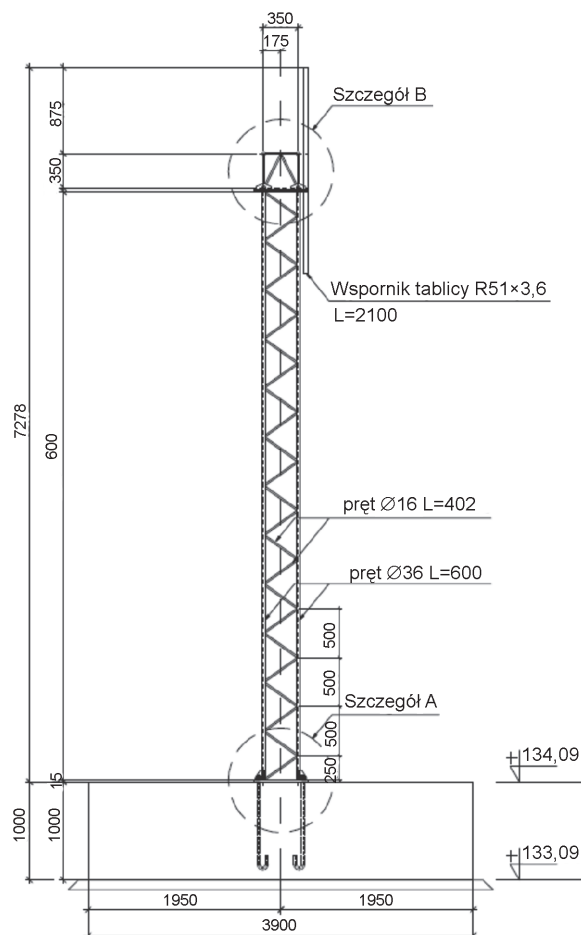
Materiały konstrukcji wsporczych

Znaczne możliwości w osiągnięciu ważącego biernego poziomu bezpiecznych konstrukcji wsporczych i nośnych tkwią także w zakresie stosowania odpowiednich materiałów użytych do ich budowy. Najpowszechniej stosowanymi materiałami w konstrukcjach wsporczych w Polsce do 2000 r. były stal i żelbet. Materiały te charakteryzują się bardzo dużą sztywnością i odpornością na zginanie. Pojazd najeżdżający na taki obiekt doznaje dużych przeciążeń, co w konsekwencji powoduje bardzo groźne obrażenia głowy i kręgosłupa u kierowcy i pasażera w pojeździe. Spełniając swoje podstawowe zadania konstrukcje te mogą stanowić przyczynę groźnych w skutkach wypadków drogowych. Oczywiście jest, że najeżdżanie na pionowy słupek znaku drogowego wykonany z elementów plastikowych jest łagodniejsze w skutkach niż na ten

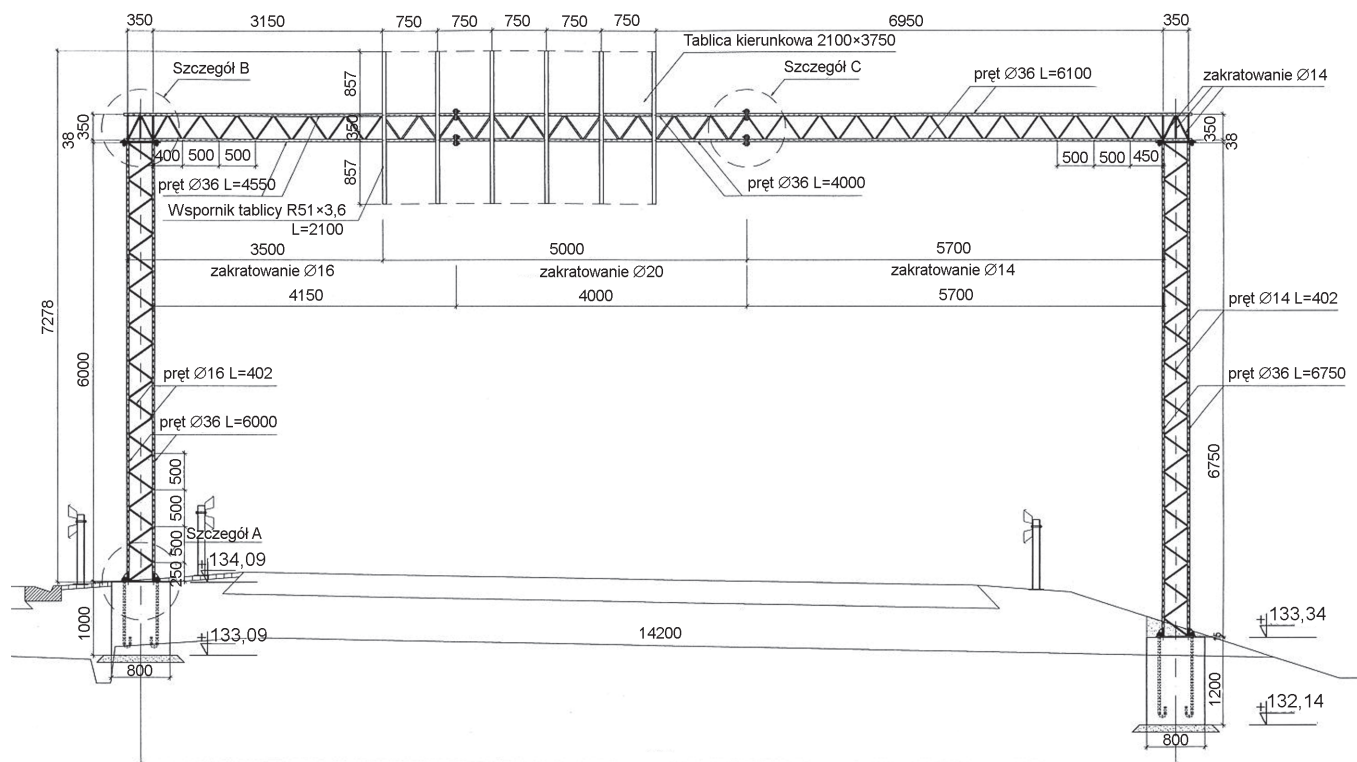
sam znak wykonany z metalu lub żelbetu. Mimo to stal jest nadal materiałem powszechnie stosowanym. Częstym problemem w przypadku konstrukcji metalowych są niejednokrotnie słupy o zawyżonych wymiarach w przekroju poprzecznym. Zmniejsza to liczbę niedozwolnych napraw bądź wymian tych elementów po najechaniu pojazdu, lecz zwiększa zagrożenie. W przypadku konstrukcji ze stali dobrym rozwiązaniem są elementy z lekkich otwartych profili, które przy odpowiedniej wytrzymałości na zginanie (niezbędnej by utrzymać tablicę znaku) zachowują znaczną sprężystość. Innym sposobem kształtowania są konstrukcje nośne wyposażone u podstawy w łatwo „zrywalne” lub łatwo rozłączalne przeguby. Wieloletnie testy prowadzone w różnych krajach doprowadziły do powstania konstrukcji wsporczych wykonanych ze specjalnego stopu aluminium. Materiał ten oraz odpowiednia forma przestrzenna (kratowa o przekroju trójkątnym lub kwadratowym) pozwala na wykonanie konstrukcji wsporczych o szczególnym kształcie i właściwościach. Do chwili obecnej kilkaset różnych konstrukcji zastosowano na drogach sieci krajowej. W kilku miejscach odnotowano przypadki najechania pojazdów, jednak w każdym przypadku kończyły się to względnie łagodnymi konsekwencjami dla uczestników zdarzenia [2].

Krajowe rozwiązanie

Spośród krajowych rozwiązań na uwagę zasługuje analiza i opracowanie projektowe bramownicy kratowej znaków tablic informacyjnych wykonane przez zespół prof. Wacława Szczeniaka z Politechniki Warszawskiej uwzględniające nawet poza normowe obciążenia konstrukcji wirami wietrznymi działającymi na płaszczyzny tablic. Innym przykładem może być opracowanie projektowe bramownicy przedstawione na rysunkach 2 i 3, które po wprowadzeniu pewnych modyfikacji



Rys. 3. Boczny rzut bramownicy kratowej (wg proj. P. Łętowskiego)



Rys. 2. Bramownica kratowa (wg proj. P. Łętowskiego)

można zakwalifikować do właściwych i rodzimych rozwiązań konstrukcyjnych.

Przykładami współczesnych i nowoczesnych, bezpiecznych konstrukcji wsporczych i nośnych, spełniających wymagania normy [3], stosowanych obecnie w Polsce mogą być systemy konstrukcji, w których słupy i rygle konstrukcji wsporczych wykonywane są w formie przestrzennej konstrukcji kratowej o przekrojach trójkątnych lub kwadratowych, produkowane ze specjalnego stopu aluminium, który zapewnia konstrukcji wymaganą elastyczność, jednocześnie pozwalając na zachowanie jej sztywności. Poszczególne części konstrukcji można łączyć ze sobą w dowolną konfigurację, tworząc gotowe konstrukcje wsporcze pod tablice drogowe, reklamy, a także jako słupy pod sygnalizatory świetlne. Elementy słupów produkowane dla poszczególnych odmian asortymentowych mają długości od 2500 mm do 7500 mm. Standardowo do wyposażenia wchodzi wszystkie niezbędne elementy łączące, które umożliwiają szybki montaż.

Konstrukcje omawianych urządzeń obu wymienionych firm charakteryzują się właściwościami [6], spośród których należy wymienić:

- zmniejszenie skutków i następstw kolizji poprzez charakterystyczne otwarte profile oraz poprzez wysoką podatność na pochłanianie energii i spełnianie wymogów norm [3], [4] w zakresie biernego bezpieczeństwa,
- wysoką klasę wytrzymałości i odporności na napór wiatru – niemożliwy obrót znaku wokół słupka,
- zmniejszenie wagi konstrukcji w porównaniu do tradycyjnie stosowanych, stosowanie stopów aluminium zamiast stali i żelbetu oraz konstrukcji kratowych (fot. 1),
- przystosowanie do montażu wszystkich systemów, typów i rodzajów oznakowania,



Fot. 1. Kratowe stalowe konstrukcje wsporcze



Fot. 2. Kratowe aluminiowe konstrukcje wsporcze

- redukcję ograniczeń widoczności poprzez kratowania poszczególnych elementów,
- łatwy i szybki montaż polegający na rozwiązaniach modułowych z zapewnieniem normowych wymogów bezpieczeństwa, nie wymagających dodatkowych zabezpieczeń antykorozyjnych, co obniża koszty eksploatacji i utrzymania,
- przyjazność dla środowiska naturalnego, gdyż materiał zastosowany do produkcji może w całości podlegać recyklingowi przy minimalnym zużyciu energii oraz nie wykorzystuje się szkodliwego dla środowiska naturalnego procesu produkcji i galwanizacji, co następuje podczas produkcji konstrukcji stalowych,
- estetykę lekkich i przestrzennych konstrukcji wsporczych (fot. 2).

Należy jednak podkreślić, iż nawet najnowocześniejsze technologie nie wyeliminują niebezpieczeństw na drodze, jedynie mogą prowadzić do ich ograniczenia. Jednakże wprowadzenie racjonalniejszych rozwiązań konstrukcyjnych niewątpliwie powoduje zwiększenie bezpieczeństwa na drogach.

Bibliografia

- [1] Gradkowski K., *Urządzenia techniczne dróg*. E-book, <http://wektor.il.pw.edu.pl/~zik/p-gradkowski-o.html>, Warszawa 2008
- [2] Komenda Główna Policji, Biuro Prewencji i Ruchu Drogowego, Wydział Profilaktyki W Ruchu Drogowym, *Wypadki drogowe w Polsce w 2007 roku*, Warszawa 2008
- [3] Polska Norma PN-EN 12767:2003: Biernie bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych. Wymagania i metody badań
- [4] Polska Norma PN-EN 1317-1:2001: Systemy ograniczające drogę. Część 1: Terminologia i ogólne kryteria metod badań
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz.U. nr 220, poz. 2181). Załącznik nr 4: Szczegółowe warunki techniczne dla urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunki ich umieszczania na drogach
- [6] Strony www: <http://www.wimed.pl>; <http://www.edroga.pl>