KOLEJE-PODSTAWY WYKŁAD

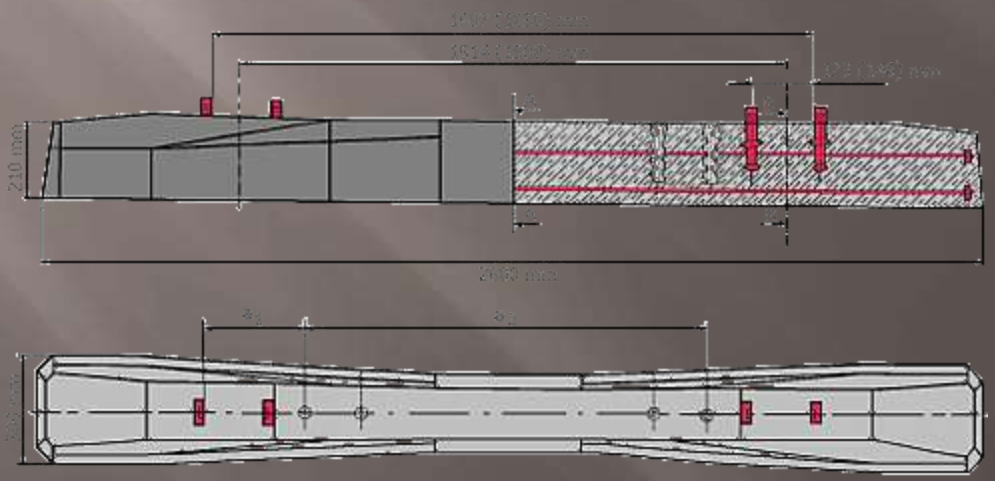
dr inż. Jarosław Zwolski

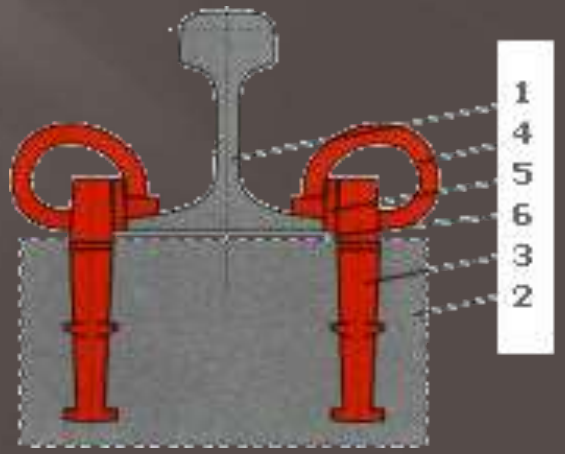
Elementy nawierzchni toru

- szyny
- przymocowanie
- podkłady
- podsypka



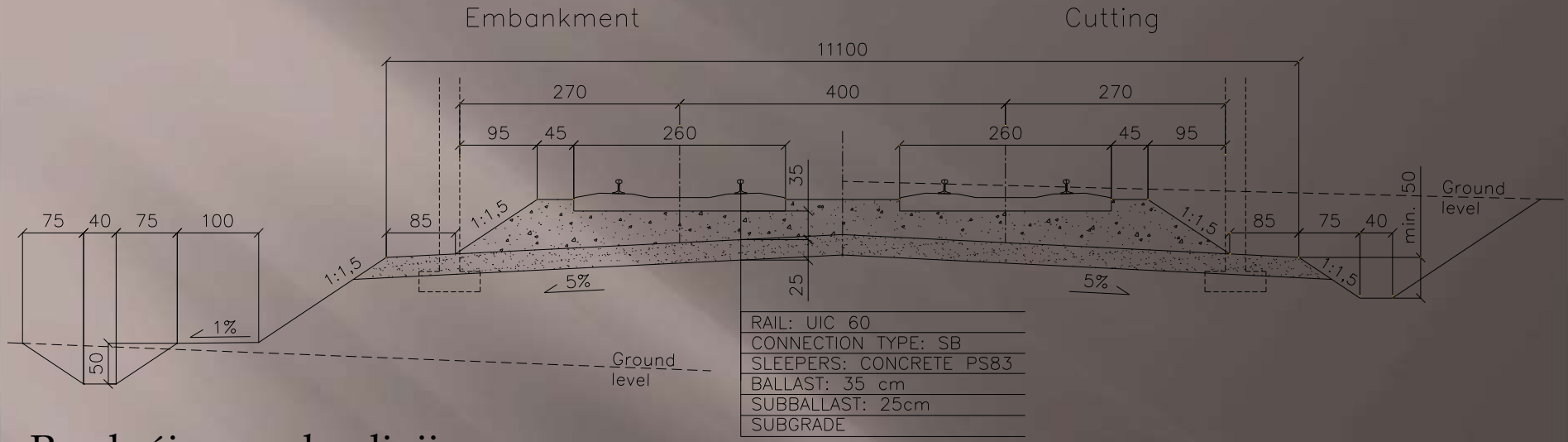




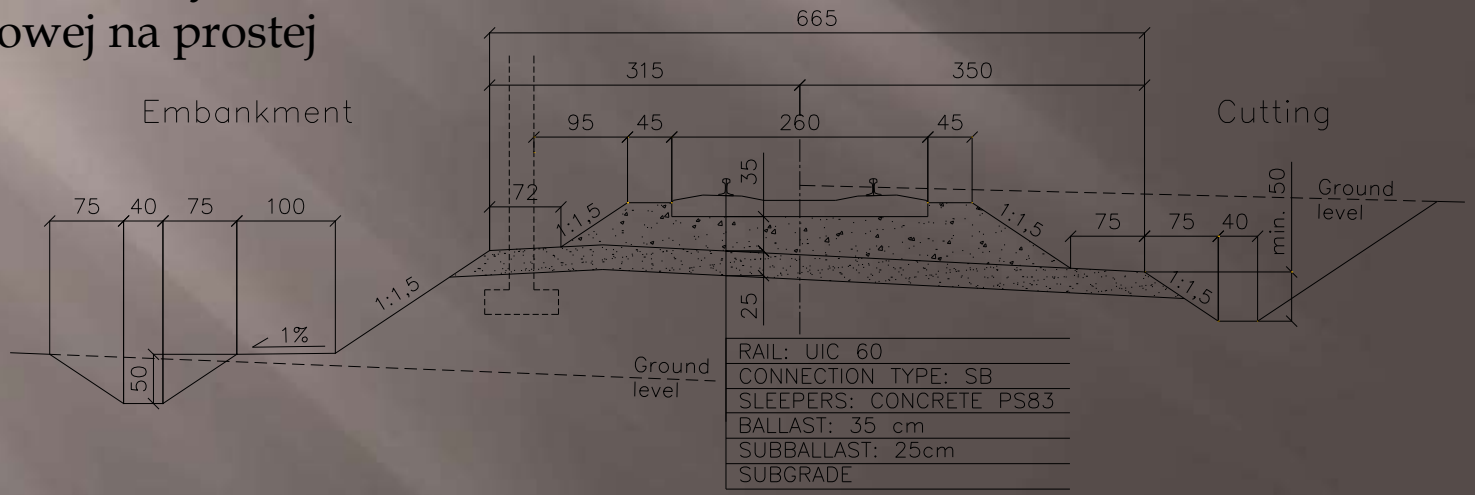



odstęp podkładów
szyna
podsypka
przymocowanie
podkład

Przekrój normalny linii dwutorowej na prostej

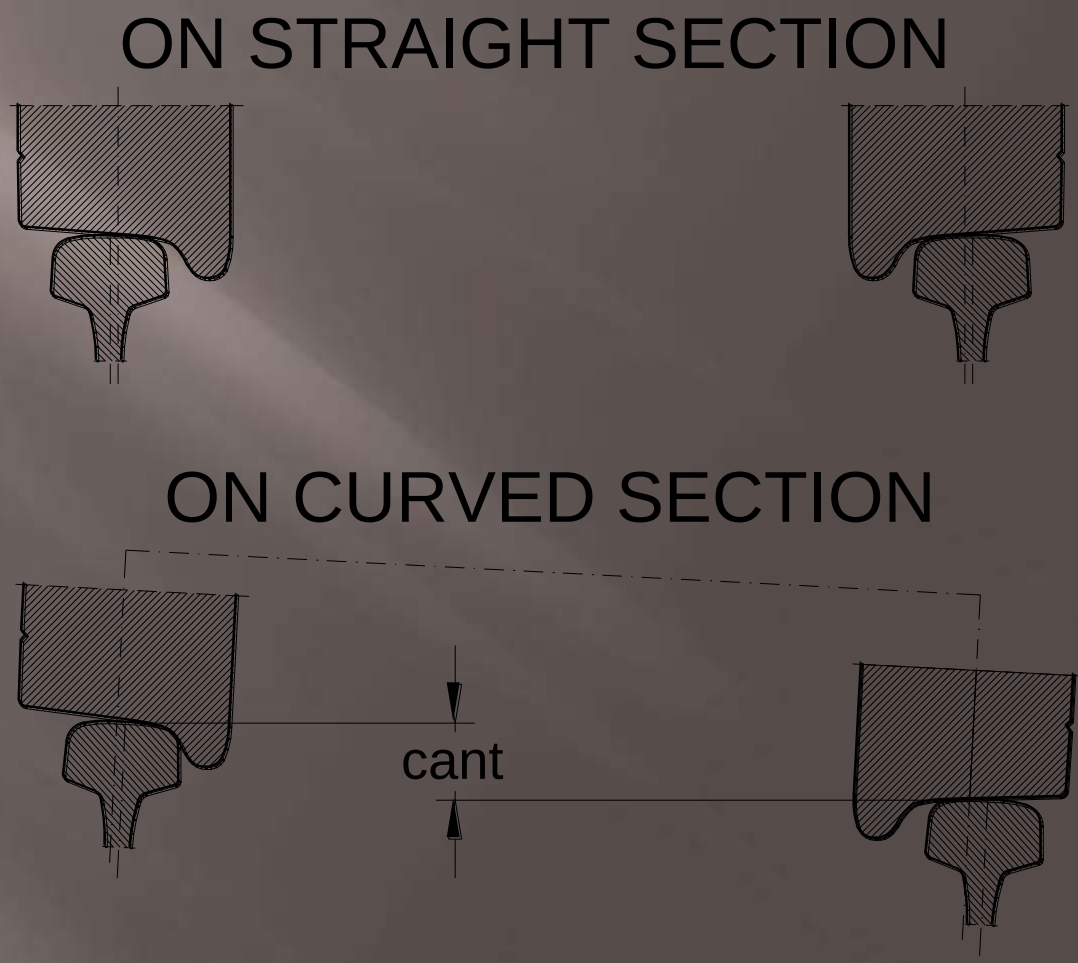


Przekrój normalny linii jednotorowej na prostej



Rola szyn

- Transfer obciążeń pochodzących od pojazdów do niższych elementów toru.
- Zapewnienie gładkiej, równej i twardej powierzchni tocznej dla kół.
- Tłumienie drgań wzbudzanych przez pojazdy.
- Prowadzenie obręczy kół w 3D (na odcinkach prostych i na łukach).



Standardowa szyna stalowa typu S60

główka

szyjka

stopka

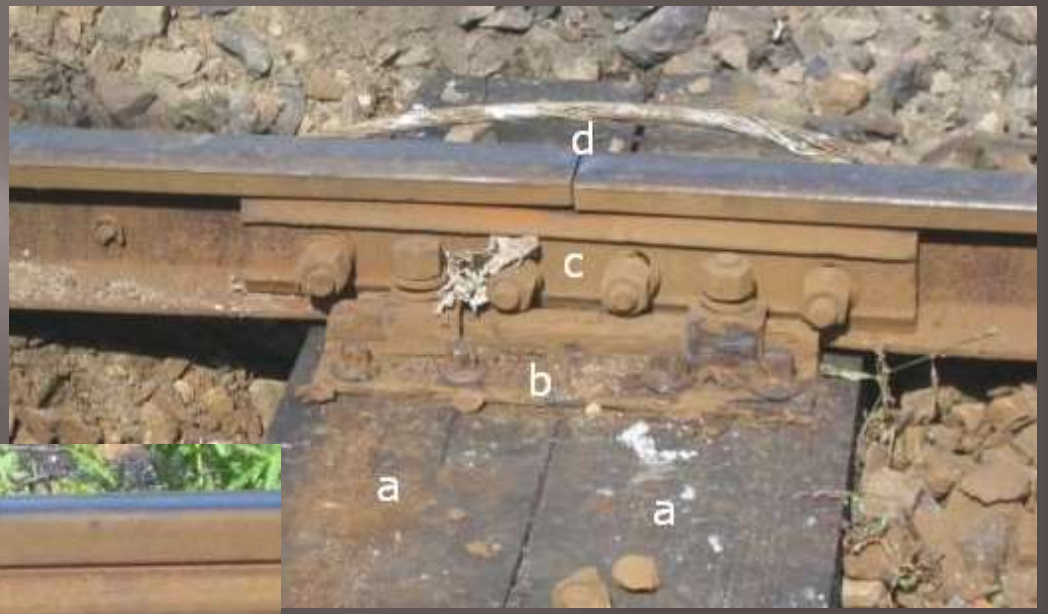


Dane techniczne szyn europejskich

Typ	Masa kg/m	Wskaźnik zginania W_x [mm^3]	Moment bezwładności I_x [mm^4]	Wysokość H [mm]	Szerokość stopki S [mm]	Szerokość główki G [mm]
S49	49,43	240×10^3	1819×10^4	149	125	65,4
S54	54,54	262×10^3	2073×10^4	154	125	65,8
UIC50	50,18	$253,6 \times 10^3$	1940×10^4	152	125	68,6
UIC54	54,43	$279,19 \times 10^3$	2127×10^4	159	140	68,6
UIC60	60,34	$335,5 \times 10^3$	3055×10^4	172	150	70,6

Połączenia szyn

Styk podparty
a – podkłady drewniane,
b – podwójna podkładka stalowa,
c – 4-otworowe łubki,
d – odstęp między szynami



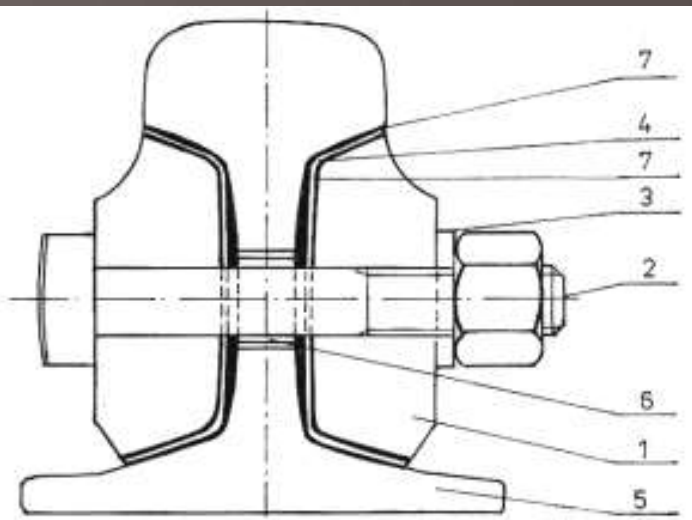


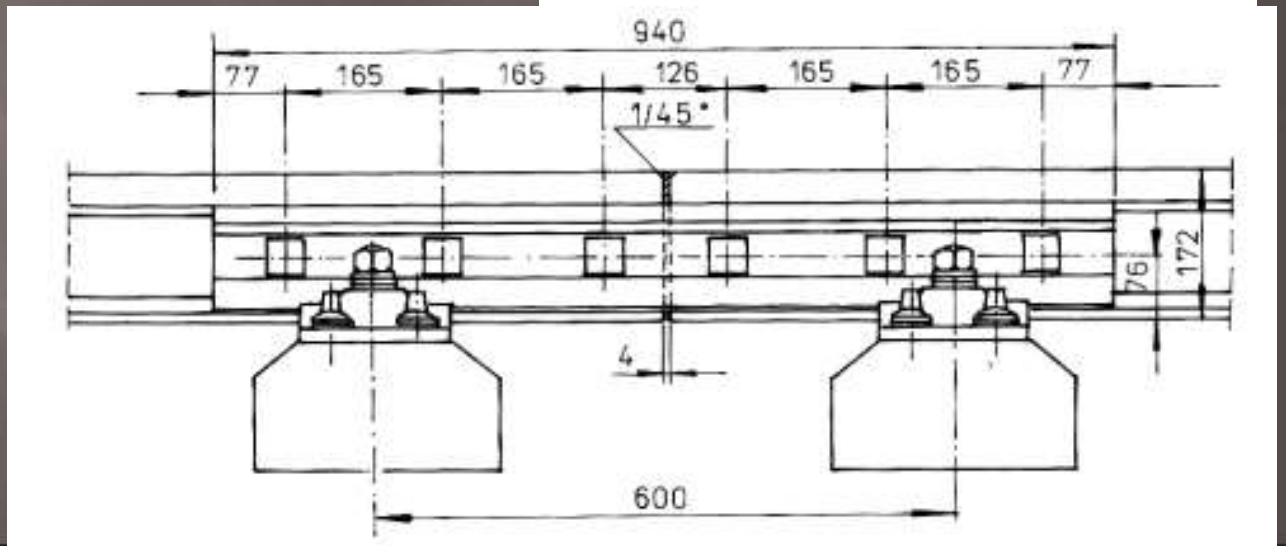
Styk niepodparty
1 – 6-otworowe łubki,
2 – śruby i nakrętki,
3 – odstęp między szynami,
4 – pojedyncze podkładki stalowe.

źródło: www.transportszynowy.pl

Połączenie klejono-sprężone

Opis:
1 - 6-otworowe łubki,
2 – śruba sprężająca,
3 - podkładka,
4 – izolacyjna wkładka dystansowa,
5 – poprzeczna wkładka izolacyjna
(w kształcie profilu szyny),
6 – pierścień izolacyjny na śrubie,
7 – klej na bazie żywic epoksydowych.





Spawanie termitowe

W nowoczesnym torze używa się długich odcinków szyn spawanych z elementów. Tor taki zapewnia lepsze parametry ruchu, gładki przejazd, redukuje zużycie szyn i kół taboru oraz liczbę awarii taboru, a także zmniejsza drgania i szum związany z ruchem pociągów. Najczęściej używaną metodą spawania szyn jest spawanie termitowe.



Przygotowane szyny



Założona forma



Podgrzewanie szyn



Zapalenie tygla



Topienie spoiwa

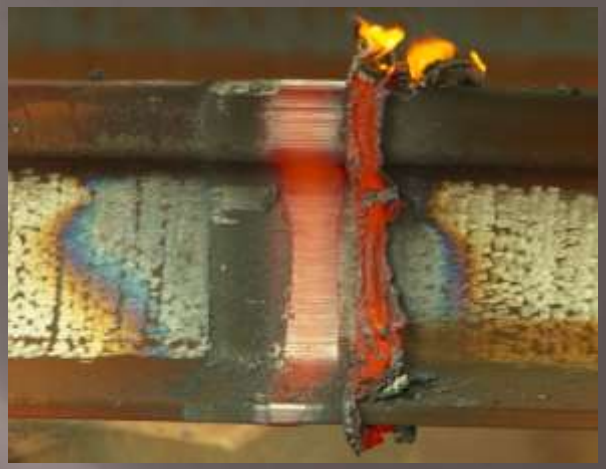


Szlifowanie styku

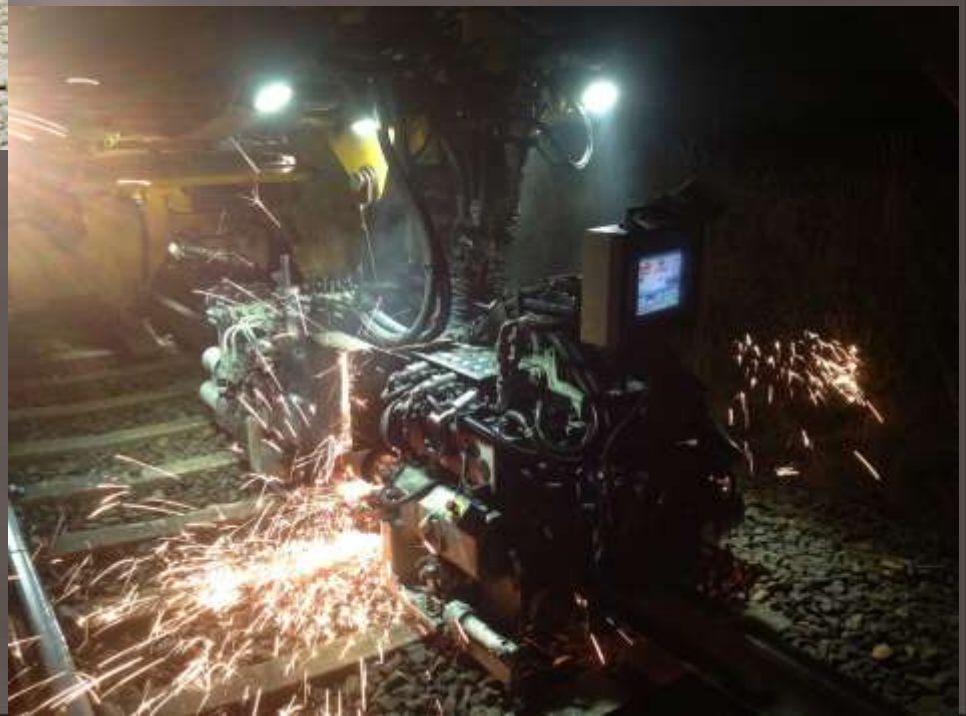
źródło: www.transportszynowy.pl

Spawanie elektrooporowe









Rodzaje przymocowań

- Bezpośrednie,
- Klasyczne (typu K),
- Sprężyste (SB-3, Skl, Nabla, Pandroll-Fastclip, itp.)





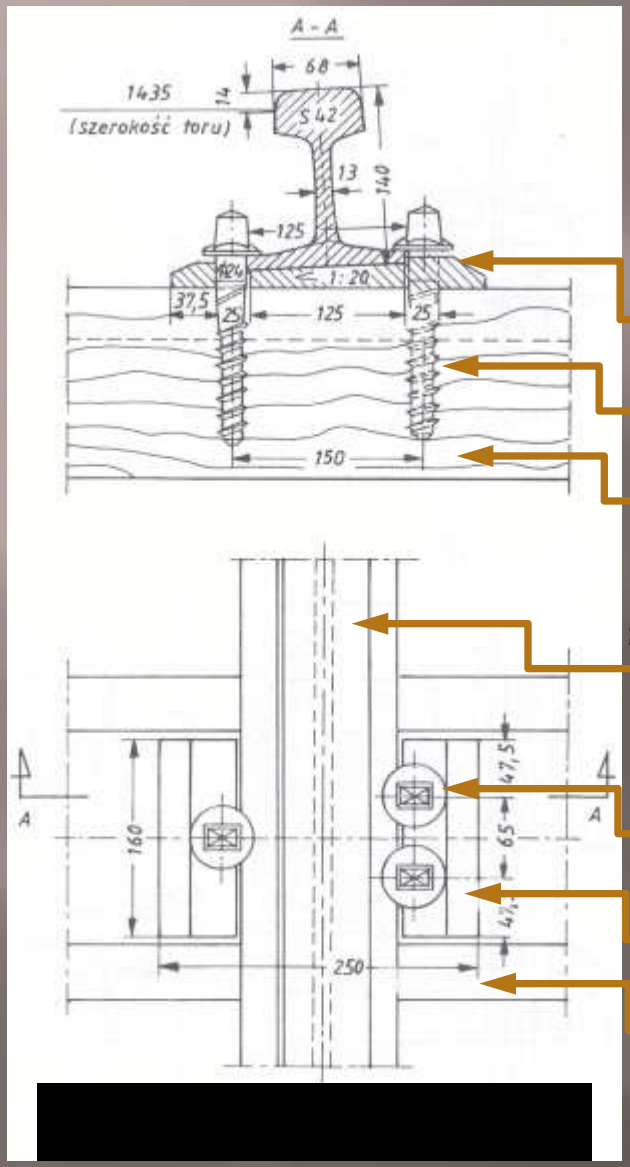




Rola przymocowania

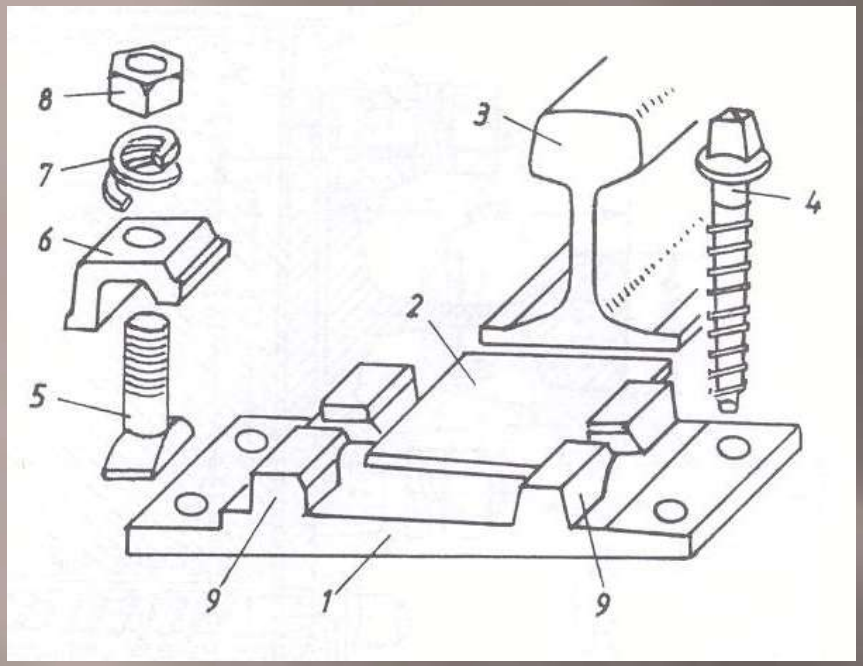
- Utrzymanie szyn przymocowanych do podkładów (transfer sił).
- Zapewnienie odpowiedniego pochylenia stopy szyny (1:20, 1:40) w płaszczyźnie przekroju.
- Zapobieganie podłużnym ruchom szyn względem podkładów.
- Tłumienie hałasu i drgań pochodzących od szyn.

Przymocowanie bezpośrednie

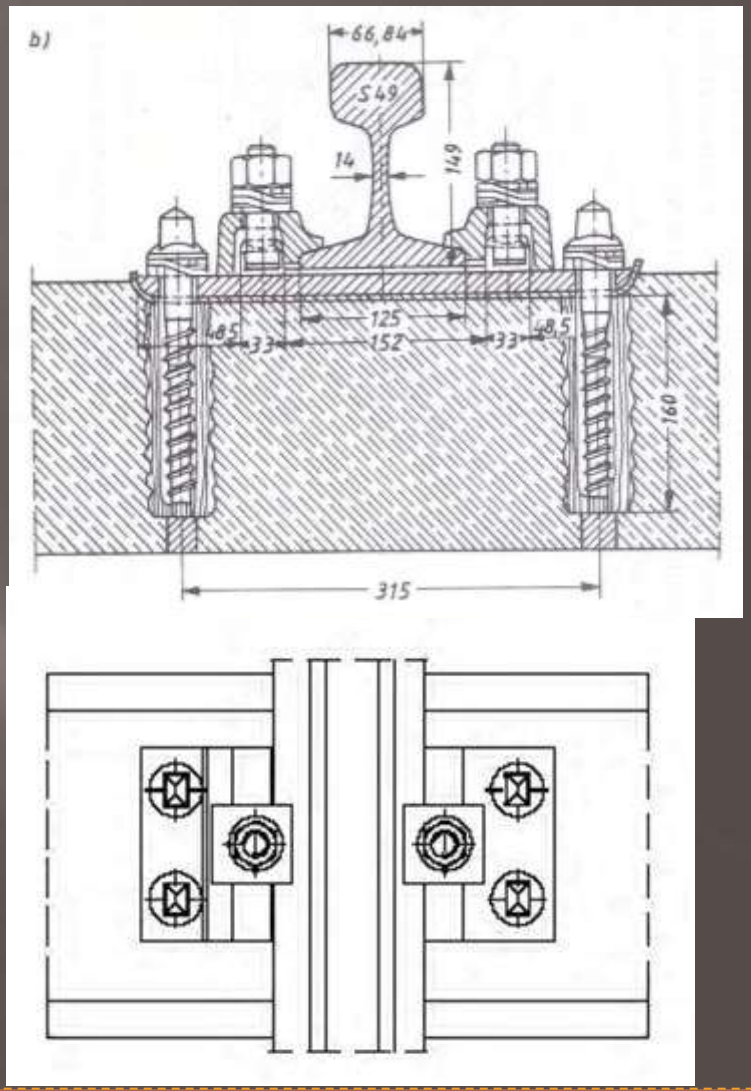


- stary, stopniowo wycofywany sposób przymocowania,
- luzowanie się wkrętów powoduje nieprawidłowe przymocowanie szyn

Przymocowanie klasyczne (typu K)

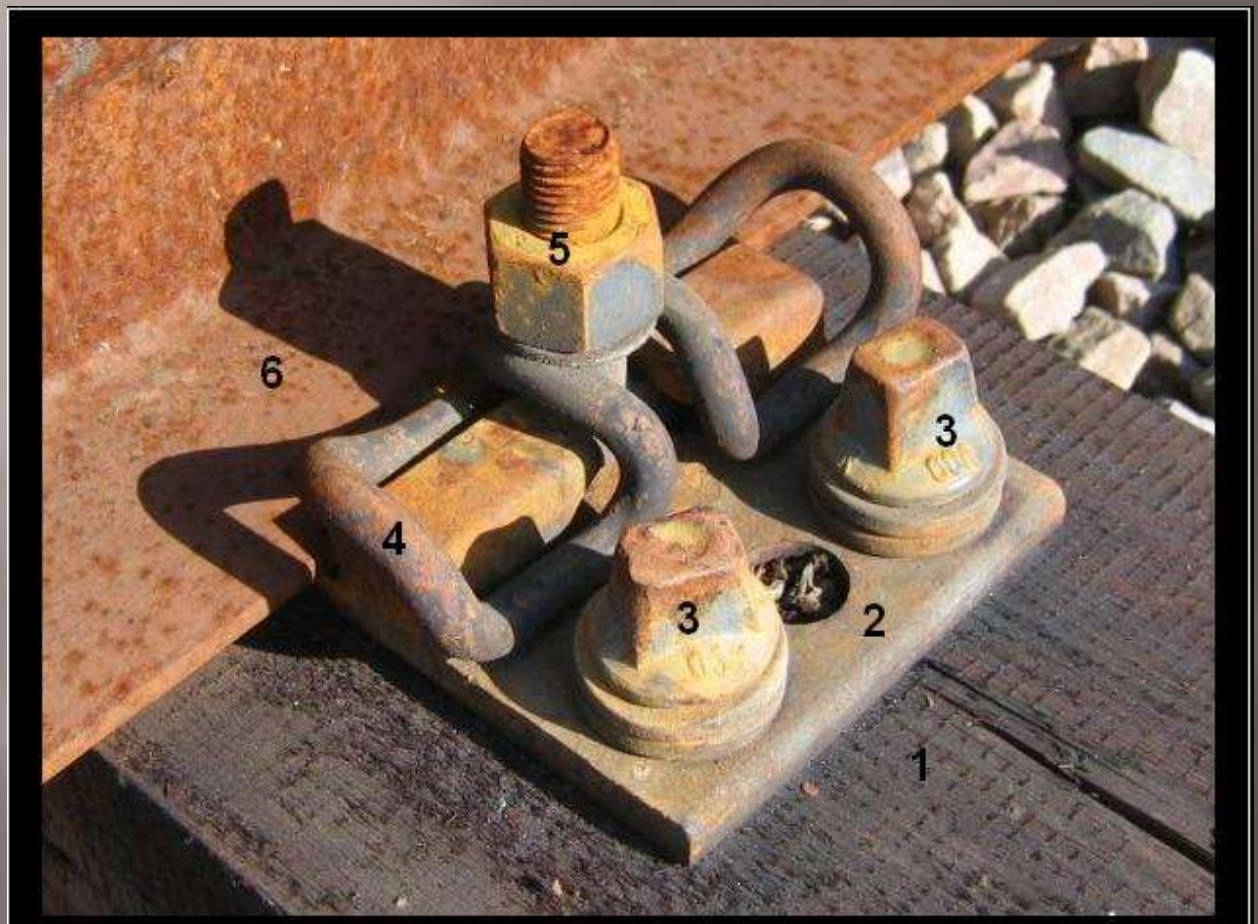


Elementy przymocowania typu K:
1 – żebrowa podkładka stalowa, 2 – przekładka topolowa lub gumowa, 3 – szyna, 4 – wkręt, 5 – śruba, 6 – łapka, 7 – podkładka sprężysta, 8 – nakrętka, 9 – żebro



- stary, stopniowo wycofywany sposób przymocowania
- szyny są przymocowane w sposób sztywny co powoduje transfer drgań,
- sposób przymocowania trudny do montażu, niemożliwy do automatyzacji

Przytwierdzenie śrubowo-sprężyste (Skl-12)



- model przymocowania przejściowy pomiędzy typem K a mocowaniem sprężystym,
- umożliwia wykorzystanie niektórych elementów stosowanych w przymocowaniu typu K,
- łapka sprężysta umożliwia półsprężyste mocowanie szyny i częściowe tłumienie drgań

1 – podkład drewniany, 2 – żebrowa podkładka stalowa, 3 – wkręt, 4 – łapka sprężysta, 5 – śruba, 6 – stopka szyny

źródło: www.transportszynowy.pl

Przymocowanie sprężyste (SB-3)

- zapewnia prawidłową izolację elektryczną oraz tłumienie drgań i hałasu,
- szybki montaż i demontaż

szyna

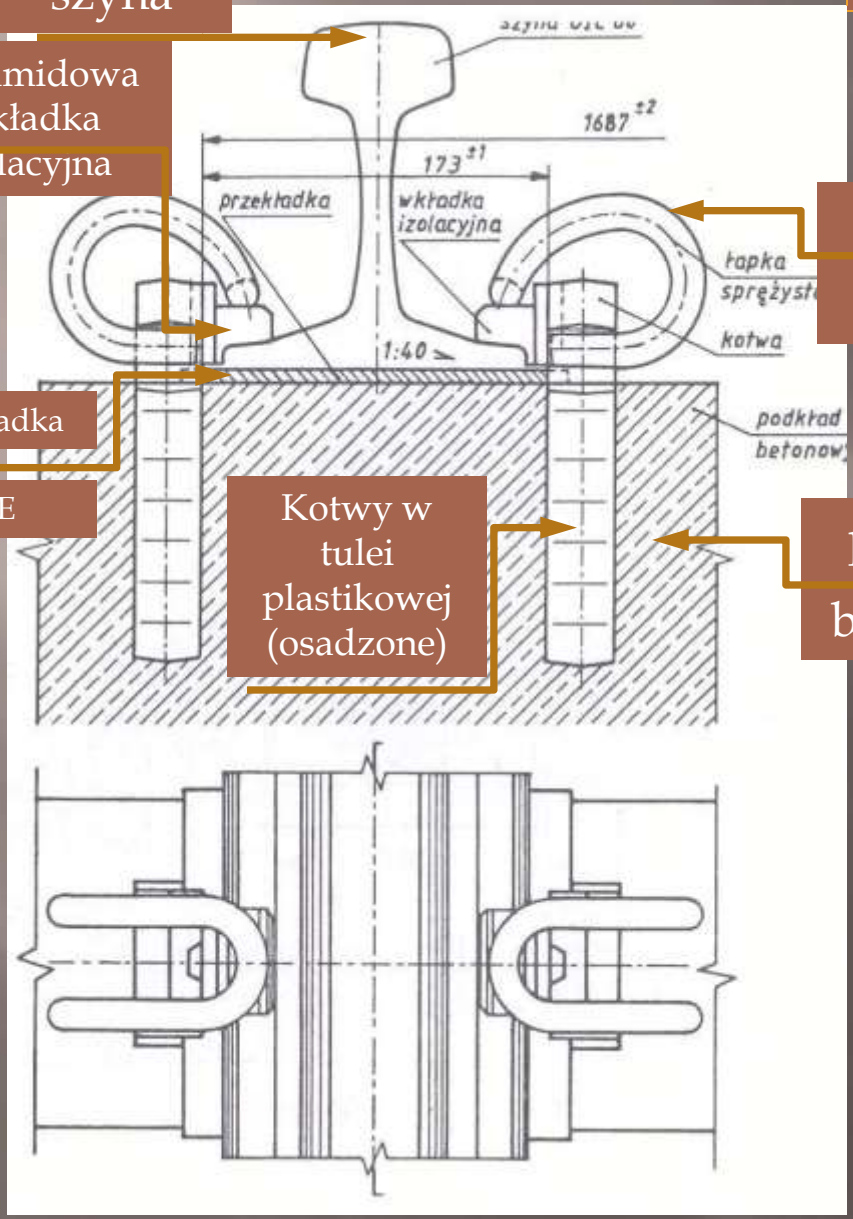
Poliamidowa wkładka izolacyjna

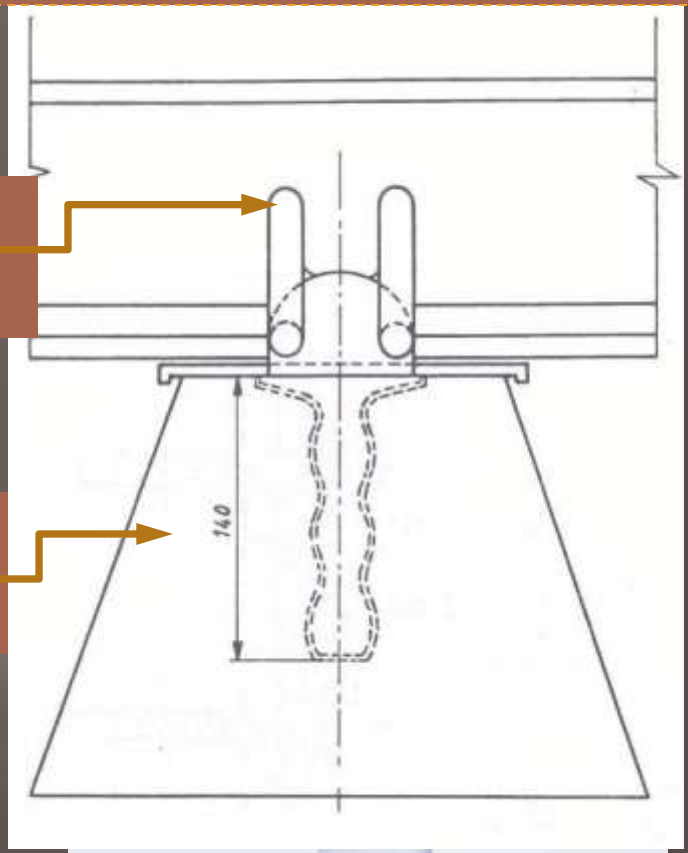
przekładka z PE

Kotwy w tulei plastikowej (osadzone)

łapka sprężysta

podkład betonowy







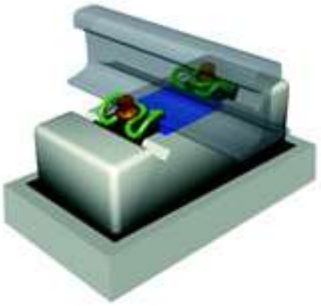
Przymocowanie sprężyste (Nabla)



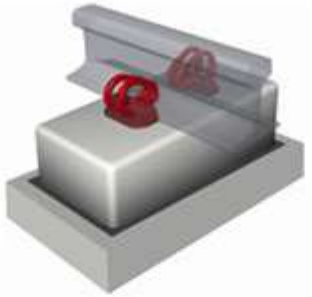
1 – podkład betonowy, 2 – podkładka z PE,
3 – wkręt, 4 – łapka sprężysta, 5 – szyna

Inne systemy sprężystego mocowania szyny





Vossloh



DE (DeenikpEisses)



Pandarol Fastclip



Pandarol



Nabla

TradeTT.com

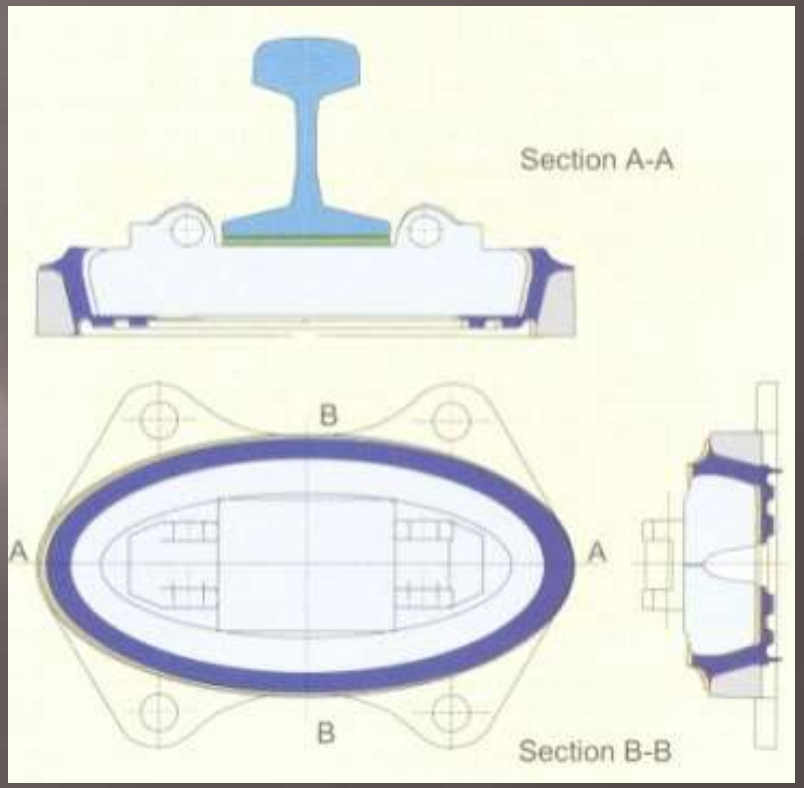
Przymocowanie nietypowe



Szyna bezstopowa w płycie betonowej mocowana za pomocą profilu gumowego w sposób ciągły

Przytwierdzenie Cologne Egg





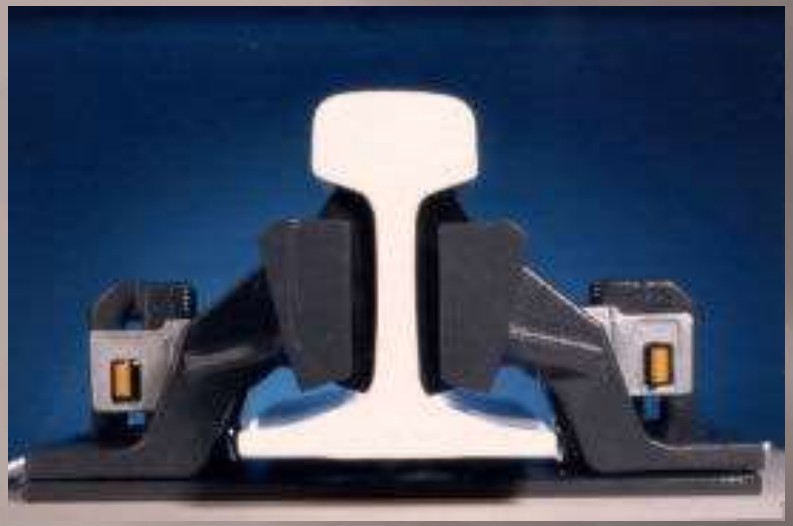
Zasada działania:

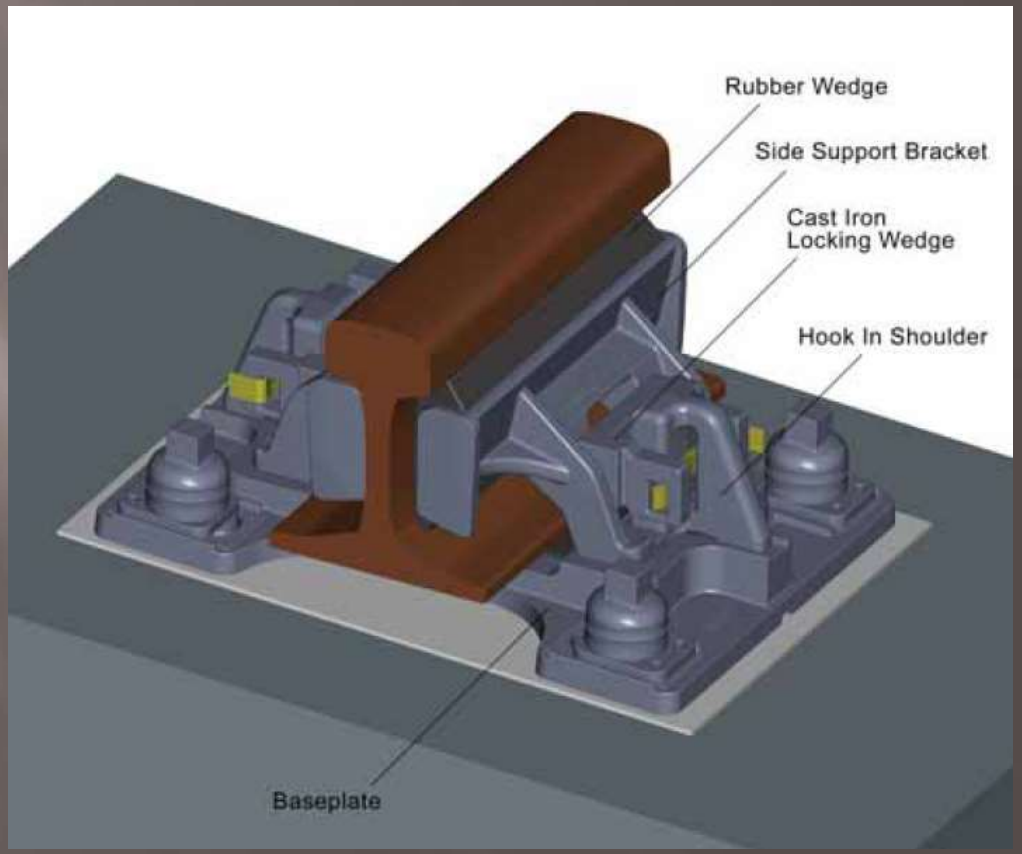
Przytwierdzenie szyny do owalnej płyty (przez przekładkę sprężystą) osadzonej w obudowie przez przekładkę sprężystą.

Tłumienie drgań o 7 dB w zakresie 31.5-45 Hz i 18 dB w zakresie 63-80 Hz.

Ze względu na małą nośność pionową zastosowanie tylko w lekkim metrze.

Przytwierdzenie Pandrol's Vanguard





Zasada działania:

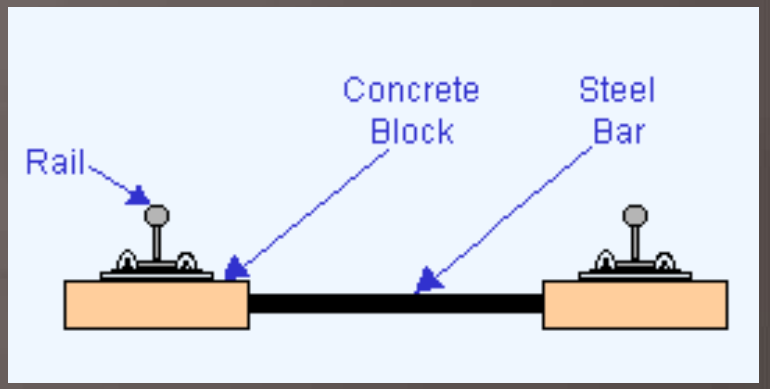
Przytwierdzenie szyny za pomocą dwóch bocznych wsporników z żeliwa na sztywno zamocowanych w podkładzie. Szyna jest oparta za pośrednictwem wkładek gumowych za szyjkę, stopka jest niepodparta.

Ze względu na duży ruch pionowy szyny (około 3 mm pod obciążeniem 14 ton) przy dobrym podparciu bocznym tłumienie drgań rozpoczyna się już w zakresie od 20 Hz. Dopuszczalne obciążenie pionowe 30 kN.

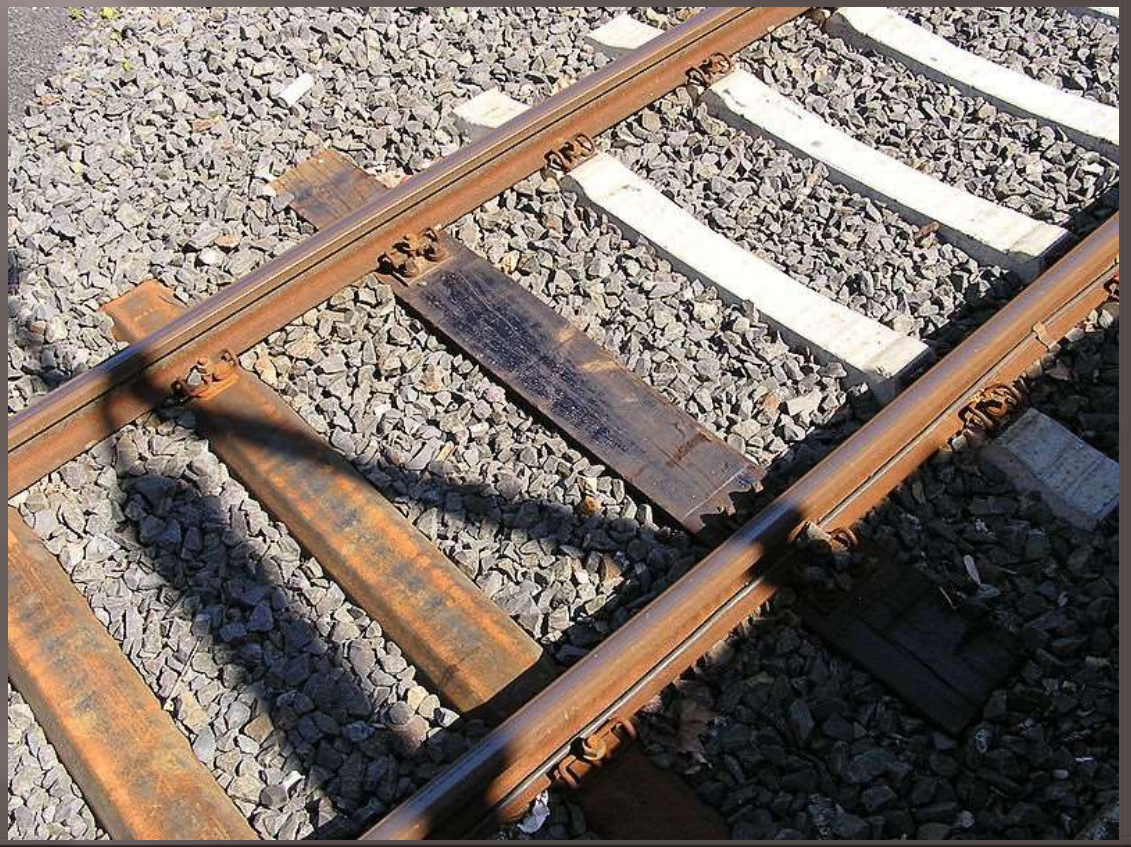
Rodzaje podkładów

W zależności od materiału:

- drewniane,
- betonowe,
- betonowo- stalowe,
- stalowe
- plastikowe/gumowe







Rola podkładów

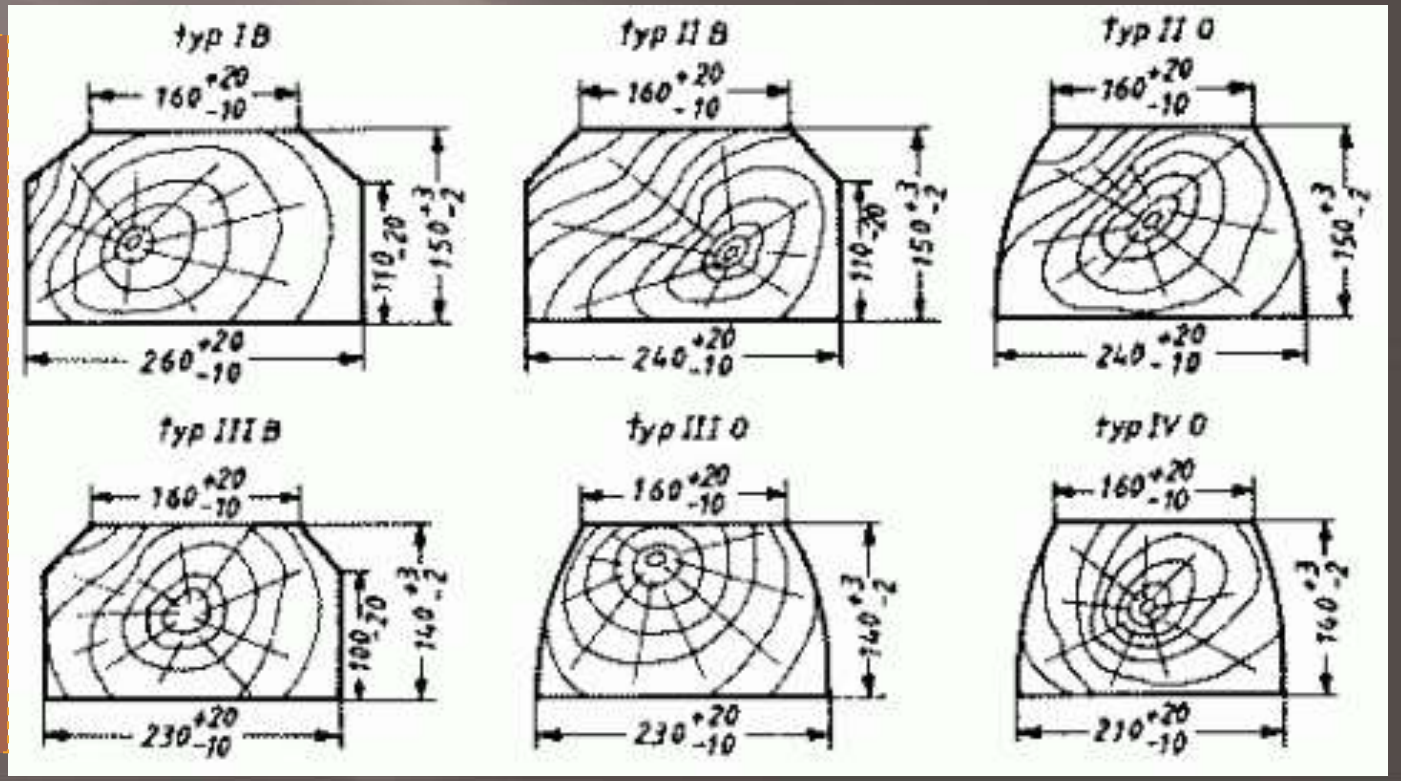
- Transfer sił z szyn do podsypki.
- Podparcie szyn w kierunku poziomym (szczególnie na łukach poziomych).
- Zapewnienie stałego rozstawu szyn.
- Zapewnienie odpowiedniej przechyłki na torze w łuku.
- Tłumienie drgań pochodzących od szyn.

Standardowe podkłady drewniane

Trwałość:
dąb, azobe: 35-40 lat,
buk: 22-25 lat,
sosna: 18 lat.

Typ	Długość [m]	Objętość [m^3]	Pole powierzchni przekroju [mm^2]	Moment bezwładności na zginanie [mm^4]	Wskaźnik zginania [mm^3]
IB	2600	0,0962	37000	6493×10^4	829×10^3
IIB	2600	0,0894	34400	6099×10^4	783×10^3
IIO	2600	0,0923	35500	6210×10^4	788×10^3
IIIB	2500	0,0770	30800	4711×10^4	647×10^3
IIIO	2500	0,0755	30200	4741×10^4	644×10^3
IVO	2500	0,0730	29200	4526×10^4	621×10^3

- łatwy do cięcia do wymaganej długości,
- zapewnia właściwą izolację elektryczną oraz tłumienie hałasu i drgań
- wymaga zastosowania chemicznych środków antygrzybicznych (nie ekologiczne)



Rodzaje podkładów betonowych

W zależności od rodzaju zbrojenia:

- żelbetowe,
- sprężone.

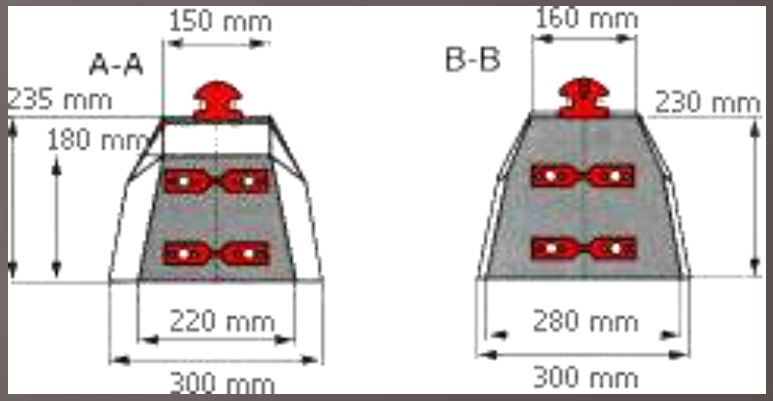
W zależności od kształtu:

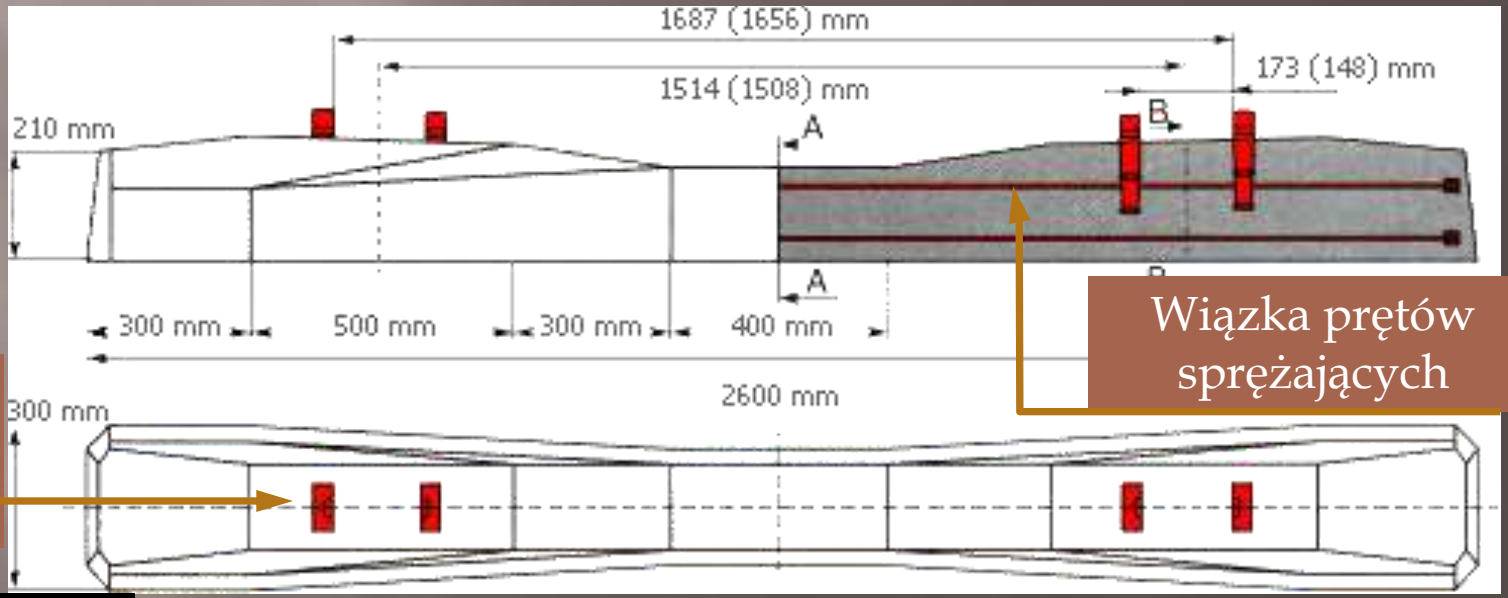
- belkowe,
- blokowe,
- płytowe.

Standardowe podkłady sprężone

PS93/SB-3/1435/UIC60

źródło: www.kolbet.pl





zakotwienie

SB-3

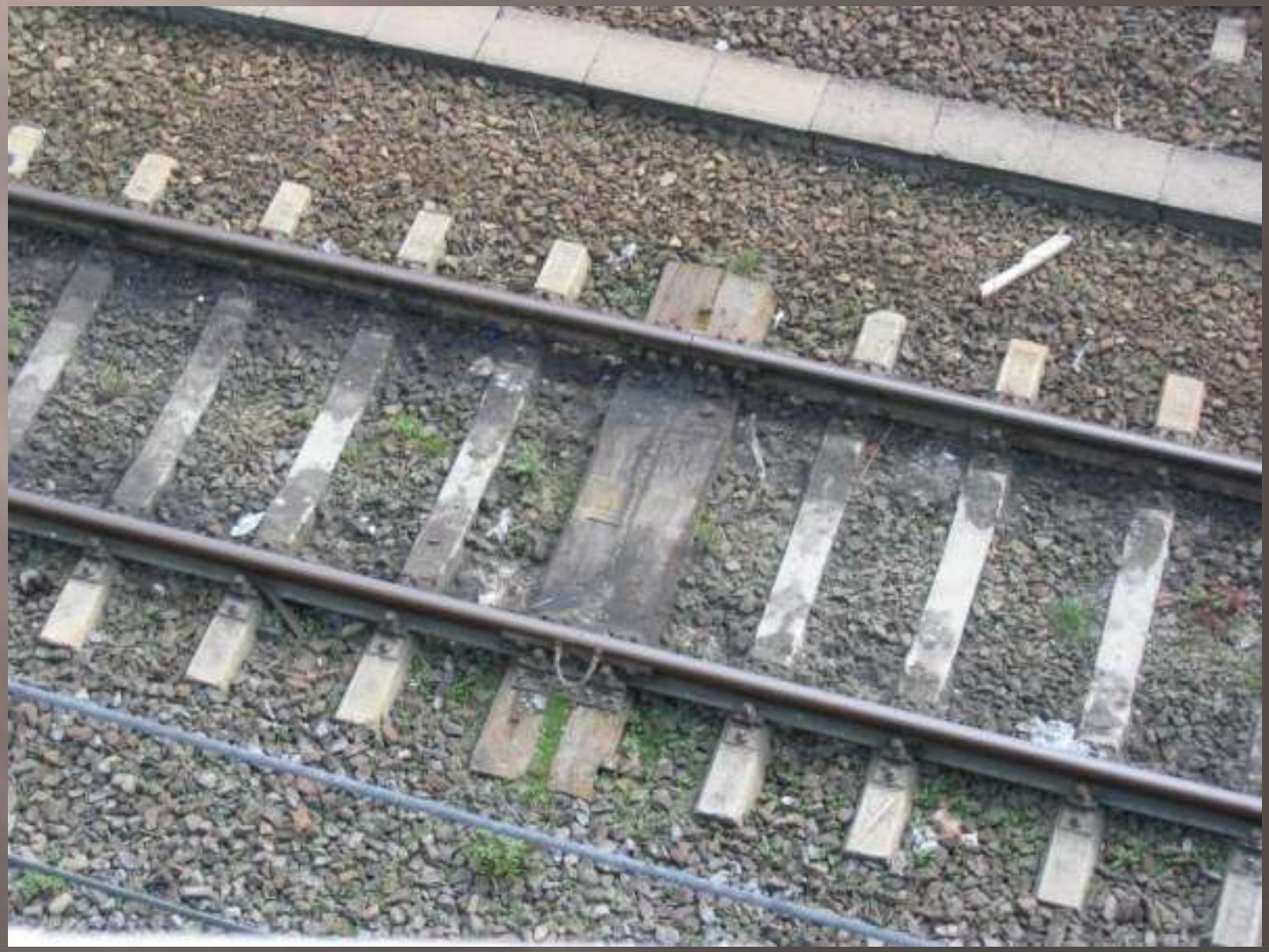
Wiązka prętów sprężających

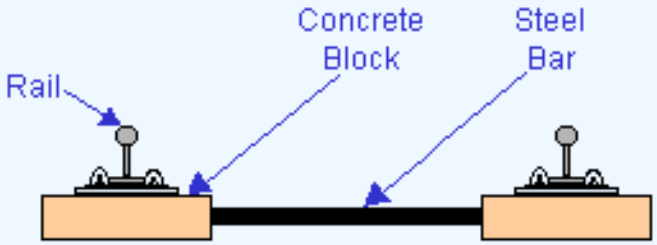
Dane techniczne:

Beton:	**B60**
Stal sprężająca:	**8 prętów ϕ7 mm**
Zużycie prętów ϕ7:	**6.10 kg**
Masa:	**320 kg**
Objętość:	**0.1224 m^3**
Pole powierzchni podparcia:	**0.6805 m^2**

- lepsza trwałość niż drewno,
- gorsze parametry tłumienia hałasu i drgań (zarysowanie betonu),
- zastosowanie betonu zmniejsza wycinkę drzew

Najintensywniejsze drgania występują w połączeniach szyn klasycznego toru i są wywoływane przez koła taboru przejeżdżającego przez przerwę między sąsiednimi szynami. W tych miejscach podkłady drewniane sprawdzają się lepiej niż betonowe ze względu na lepsze tłumienie drgań i większą odporność na nie.





Betonowy podkład blokowy składa się z dwóch bloków żelbetowych i łączącego je kształtownika stalowego utrzymującego stały rozstaw toru. Zaletą tego systemu, stosowanego we Francji, jest to, że takie podkłady są lżejsze niż tradycyjne strunobetonowe oraz to, że mają one 4 powierzchnie czołowe, które zwiększają opór podkładu na siły boczne.

Betonowe podkłady blokowe

Mieszany układ podkładów betonowych i drewnianych na linii Sheffield Supertram. Podkłady betonowe typu blokowego. Stalowy element łączący bloki jest całkowicie ukryty w warstwie tłucznia. Podkłady drewniane są zastosowane na długości rozjazdu ze względu na łatwość ich przycinania do żądanej długosci.

źródło:
http://www.railway-technical.com

Betonowe podkłady płytowe

- zapewniają ciągle podparcie toru,
- bardzo wrażliwe na złe warunki gruntowe, nieprawidłowe zagęszczenie podtorza,
- niemożliwa wymiana bez rozbiórki



Podkłady stalowe





- niewielka masa
- łatwy montaż
- łatwe w recyklingu
- podatne na rdzę
- przewodzą prąd elektryczny

Stalowe podkłady systemu Y

- bardziej jednolity rozkład naprężeń,
- lepsze parametry dynamiczne,
- wymagają mniej podsypki tłuczniowej,
- mniejsza emisja akustyczna.





Podkłady z tworzyw sztucznych

źródło:
www.rti-railroad-tie.com



Trwałość podkładów z tworzyw sztucznych jest liczona na ponad 50 lat.

Podkłady z tworzyw sztucznych są kompatybilne z podkładami drewnianymi. W przeciwieństwie do podkładów drewnianych podkłady te nie przewodzą prądu, a wiec nie powodują problemów z korozją wywołaną prądami błądzącymi ani nie powodują zakłóceń w sygnalizacji i komunikacji kolejowej. Nie są podatne na zawilgocenie i charakteryzują się odpowiednią wytrzymałością. W przypadku konieczności montażu elementów przymocowania szyn zawierających wkręty, podkłady te nie wymagają uprzedniego przygotowywania otworów i nie pękają podczas instalowania wkrętów.

Podsypka

Podsypka tłuczniowa spoczywa na torowisku (górna powierzchnia podtorza) uformowanego w sposób umożliwiający łatwe odprowadzenie wód opadowych przesączających się przez podsypkę. Podsypka jest odpowiednio zagęszczona (podbita) dookoła podkładów w celu zapewnienia odpowiedniego podparcia toru i utrzymania zaprojektowanej geometrii. Szerokość i grubość warstwy podsypki zależą od kategorii linii kolejowej. Najlepszym materiałem jest kamień łamany uzyskiwany ze skał odpornych na wietrzenie i o dużej wytrzymałości na ściskanie i zarysowanie np. granit, porfir, bazalt, gnejs lub marmur. Charakterystyczne dla kamienia łamanego o granulacji 30-60 mm są ostre krawędzie ziarna, które umożliwiają wzajemne blokowanie pozycji i utrzymanie nadanego profilu pryzmy podsypki. W toku badań dowiedziono, że opór na przesuniecie boczne podkładów podpartych w podsypce z piasku jest o połowę mniejszy niż w przypadku podsypki tłuczniowej. Po pewnym okresie eksploatacji podsypka zanieczyszcza się śmieciami oraz zanieczyszczeniami pochodzenia naturalnego: liśćmi i ziemią. Zanieczyszczenia powodują zmniejszenie efektywności zakleszczenia się ziaren tłucznia dlatego podsypka jest okresowo czyszczone i wymieniana.



Rola podsypki

- Transfer obciążeń z podkładów (jedno koło obciąża jednocześnie tylko 3-5 podkładów), rozkład obciążeń przez podsypkę i przeniesienie ich w sposób rozłożony na podtorze. Wzajemna interakcja między pojazdem a torem powinna wywoływać jedynie sprężyste deformacje ponieważ sprężyste podparcie zapewnia spokojniejszy ruch pojazdów i umożliwia dłuższą eksploatację podkładów.
- Szybkie przesączanie się i transport wód opadowych na boki torowiska w celu utrzymania podtorza w możliwie suchym stanie.
- Tłumienie impulsów generowanych przez koła pojazdów – podsypka również w tym celu powinna się charakteryzować własnościami sprężystymi.
- Utrzymanie podkładów w zaprojektowanej pozycji. Przejeżdżające pojazdy, poza siłami pionowymi, obciążają tor siłami podłużnymi (pełzanie) oraz poprzecznymi np. przez wężykowanie wózków lub siłą odśrodkową przy jeździe po łuku poziomym.

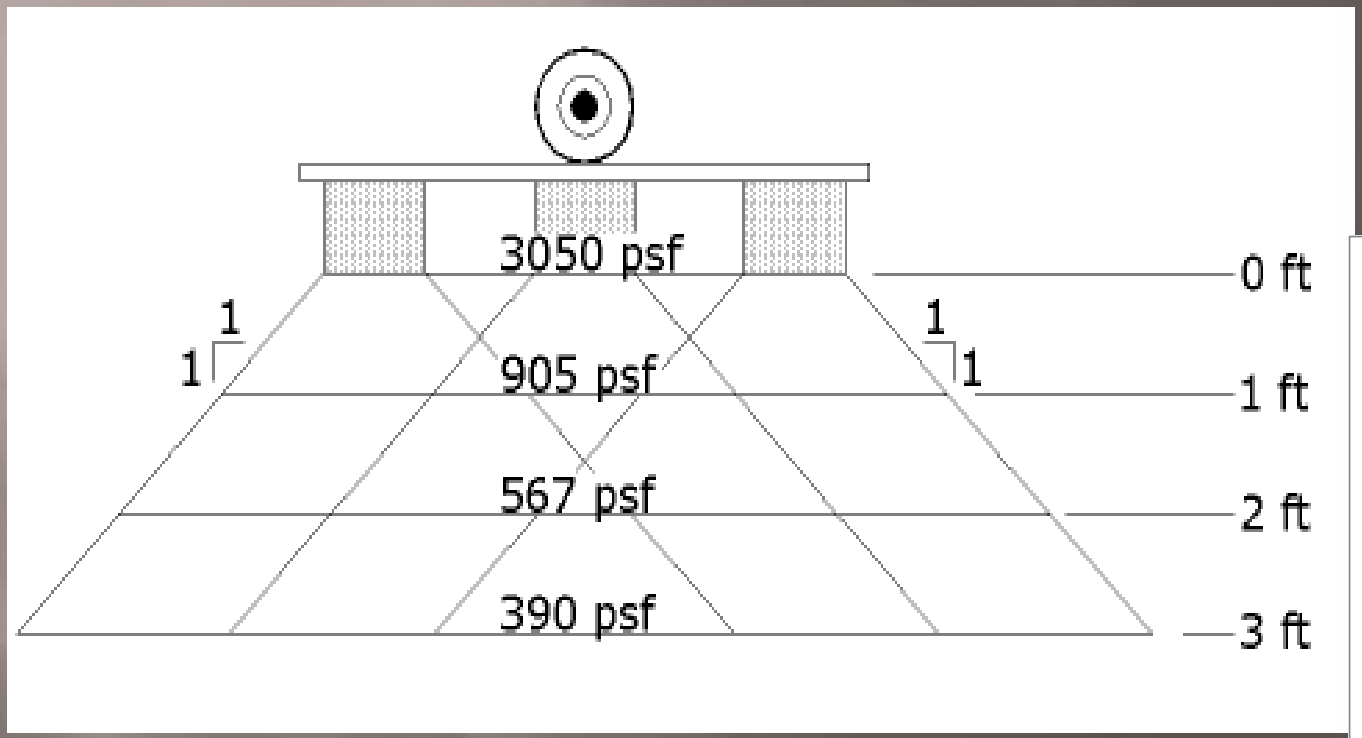
Czyszczenie podsypki

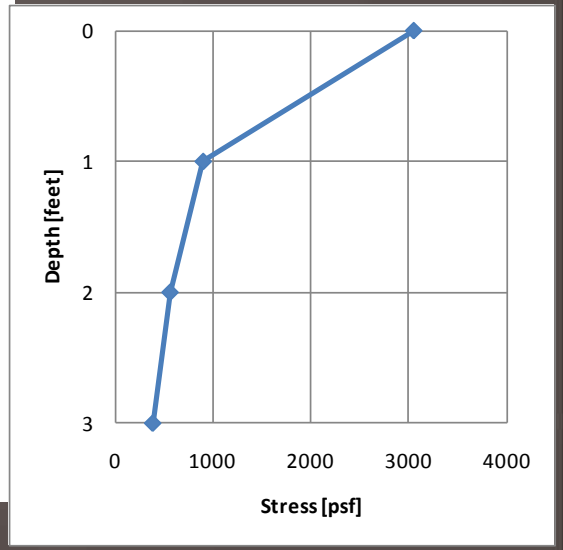


W celu oczyszczenia podsypki wykorzystywane są urządzenia zwane oczyszczarkami. Podczas procesu czyszczenia tłuczeń stary jest czyszczony, integrowany z nowym, wbudowywany i zagęszczany do wymaganej geometrii toru.



Rozkład obciążeń przez podsypkę





Klasa toru

Klasa toru	Prędkość maksymalna [km/h]	Obciążenie przewozami [Tg/rok]
0	200	nienormowane
1	120 140 160	> 25
2	80 100	16-25
3	70 80	9-15
4	60 70	4-8
5	30 40	< 3

O zaklasyfikowaniu toru do danej klasy decyduje jeden z parametrów określonych w kolumnach obok, przy czym wyboru parametru należy dokonywać z uwzględnieniem analiz niezawodności, dostępności i podatności utrzymaniowej w rozumieniu normy PN-EN 50126 Zastosowania kolejowe – Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa oraz parametrów linii kolejowych, o których mowa w § 13 i 14 a

Standard konstrukcyjny

Standard konstrukcyjny nawierzchni określa minimalne wymagania techniczne dla elementów użytych do konstrukcji nawierzchni torów danej klasy:

- typ szyny,
- typ podkładów,
- rodzaj przymocowania,
- maksymalny rozstaw podkładów,
- minimalna grubość podsypki pod podkładem,

jak również techniczne parametry materiałów.

Dla każdej klasy torów proponowane są różne standardy konstrukcyjne. Standardy powinny być używane do konstruowania nowych linii kolejowych, przebudowy i modernizacji biorąc pod uwagę klasę torów wymaganą dla danych parametrów użytkowych.

Przykład standardu konstrukcyjnego

Standard konstrukcyjny dla toru klasy 0

Wariant	Typ szyny	Rodzaj podkładów	Maksymalny rozstaw podkładów [m]	Rodzaj przymocowania	Minimalna grubość podsypki pod podkładem [m]
0.1	nowe UIC60 dla v>200 km/h	PS-93 PS-94	0,60	SB	0,35
0.2	Nowe UIC60 dla v>200 km/h	I/B, II/B twarde	0,60	Skl typu K	0,30

Na Polskich Liniach Kolejowych "D1 - Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych" proponują od 2 to 6 wariantów standardu konstrukcyjnego dla każdej klasy toru.

Stabilizacja podsypki



Podczas przejazdu pociągu z dużą prędkością luźne cząstki i małe kamienie tłucznia są unoszone pędem powietrza i mogą uszkodzić podwozie pociągu.

Stabilizacja podsypki



Specjalne maty stabilizujące położenie ziaren podsypki
na linii dużych prędkości w Japonii.

Stabilizacja podsypki



Stabilizacja podsypki tłuczniowej za pomocą piany poliuretanowej wstrzykniętej w okienka międzypodkładowe

Stabilizacja podsypki



Stabilizacja podsypki tłuczniowej za pomocą żywicy natryskiwanej powierzchniowo