

Koleje – podstawy



Wykład 3
Elementy drogi kolejowej. Klasyczna
nawierzchnia kolejowa (podsyapkowa)

dr hab. inż. Danuta Bryja, prof. nadzw. PWr
dr inż. Igor Gisterek; dr inż. Jacek Makuch

rok akademicki 2017-18; semestr letni

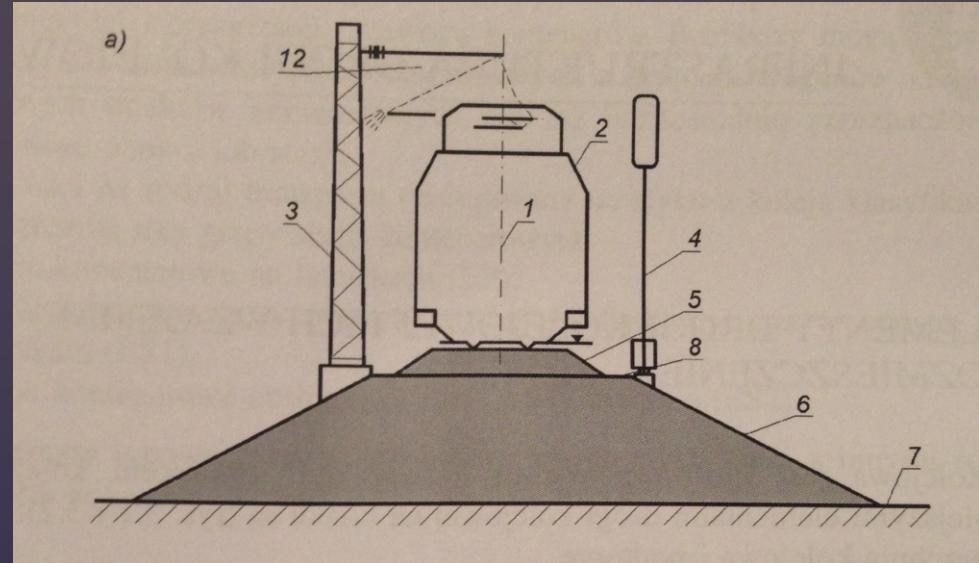
Elementy drogi kolejowej

Najważniejsze elementy drogi kolejowej na szlaku:

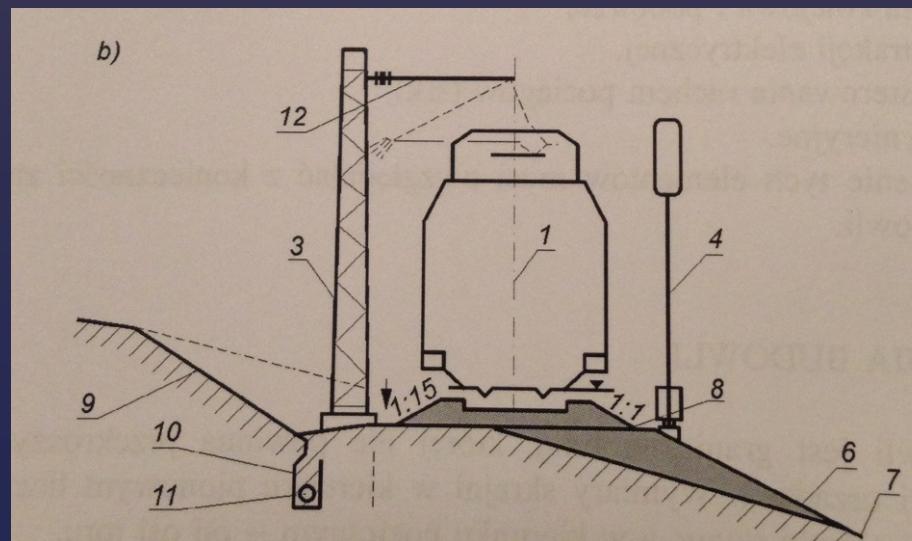
- **nawierzchnia kolejowa i podtorze**
- **urządzenia trakcji elektrycznej**
- **urządzenia sterowania ruchem kolejowym (srk)**
- **obiekty inżynieryjne**

1. oś toru, 2. obrys skrajni, 3. słup trakcyjny,
4. semafor, 5. nawierzchnia, 6. podtorze,
7. podłoże, 8. torowisko, 9. skarpa przekopu,
10. drenaż (albo rów), 11. dren,
12. sieć trakcyjna

Droga kolejowa na nasypie



Droga kolejowa w przekopie

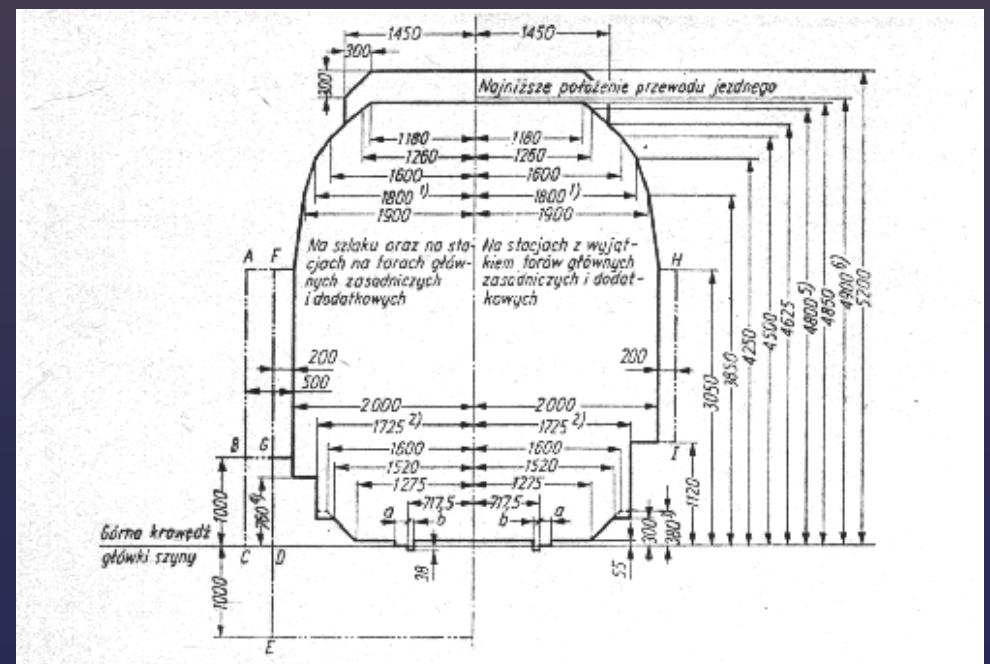


Skrajnia budowli

Skrajnia budowli – wolna przestrzeń określona linią wyznaczającą minimalne odległości pomiędzy pojazdem kolejowym a obiektami i urządzeniami infrastruktury kolejowej, niezbędne dla zapewnienia bezpiecznego i bezkolizyjnego prowadzenia ruchu pojazdów kolejowych

Skrajnia budowli jest linią graniczną, której nie powinna przekroczyć żadna część budowli i urządzeń.

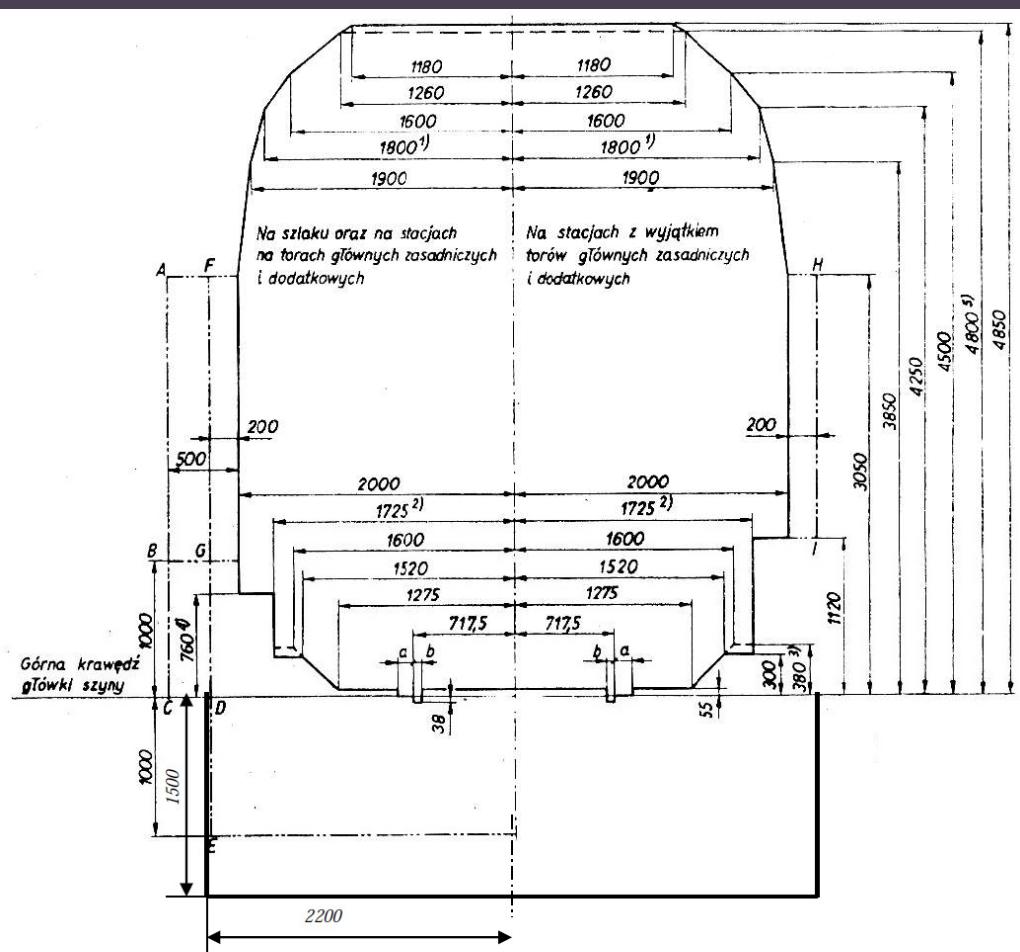
Wymiary skrajni w kierunku poziomym mierzy się od osi toru, w kierunku pionowym - od górnej krawędzi główinki szyny.



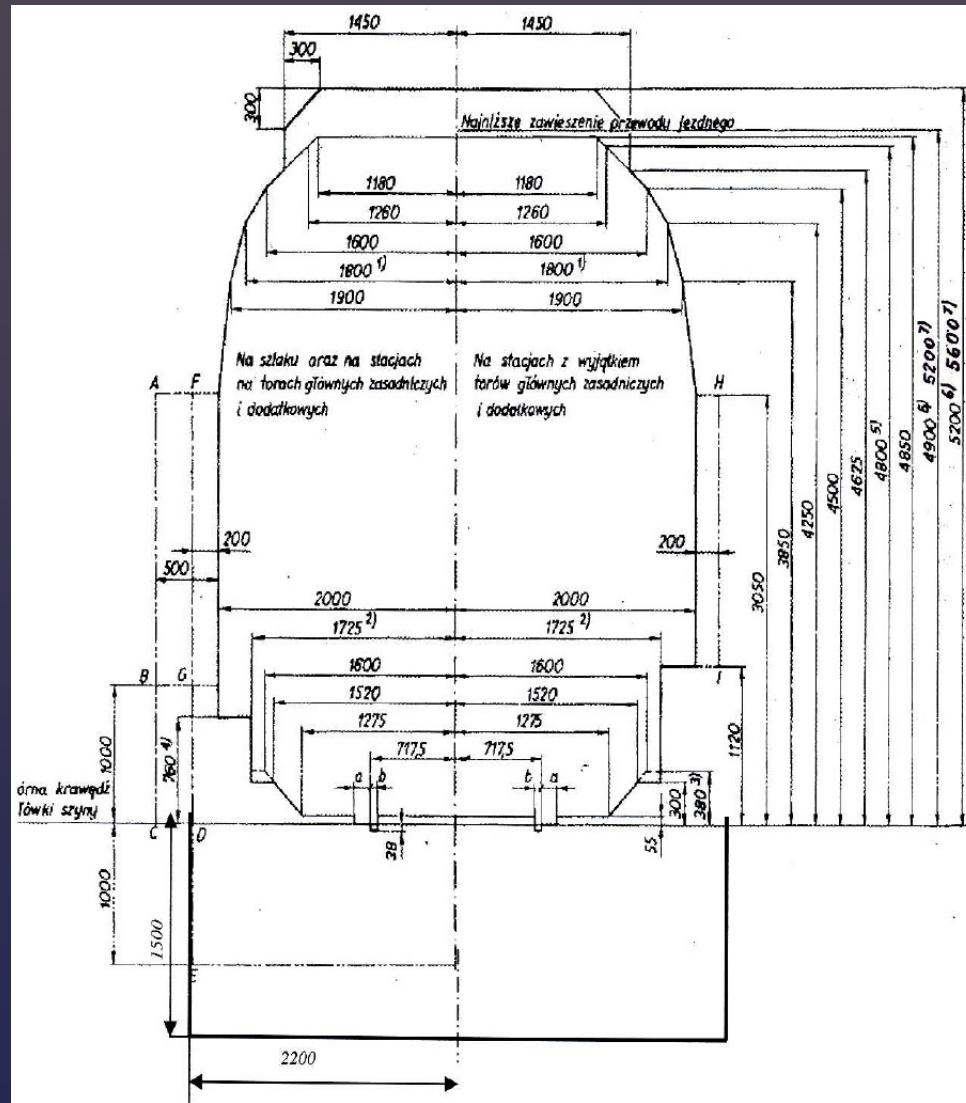
Przykład skrajni
(skrajnia B, obecnie nieaktualna)

SKRAJNIA - STARE WYMAGANIA

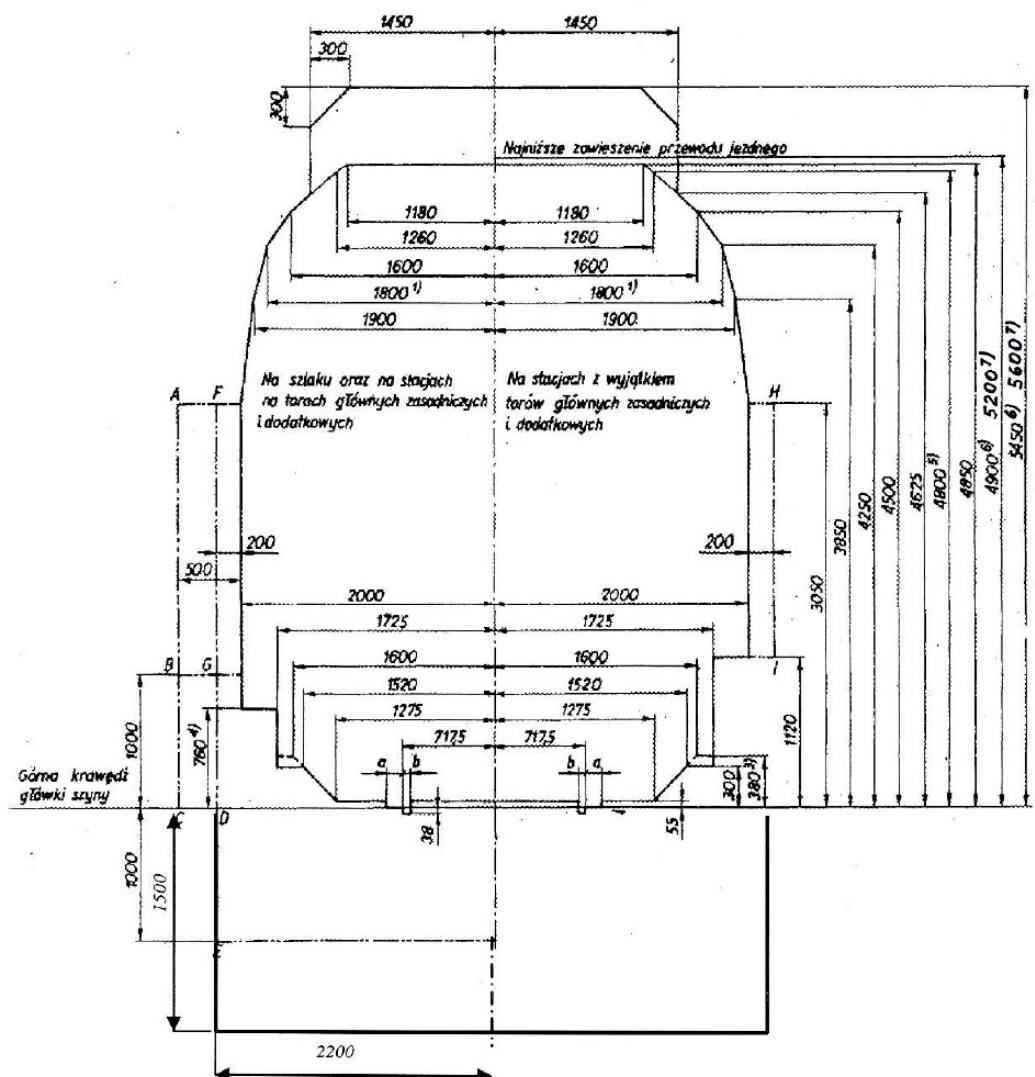
Id-1 z 2005 zał.11: Skrajnia budowli na odcinkach toru na prostej i w łuku



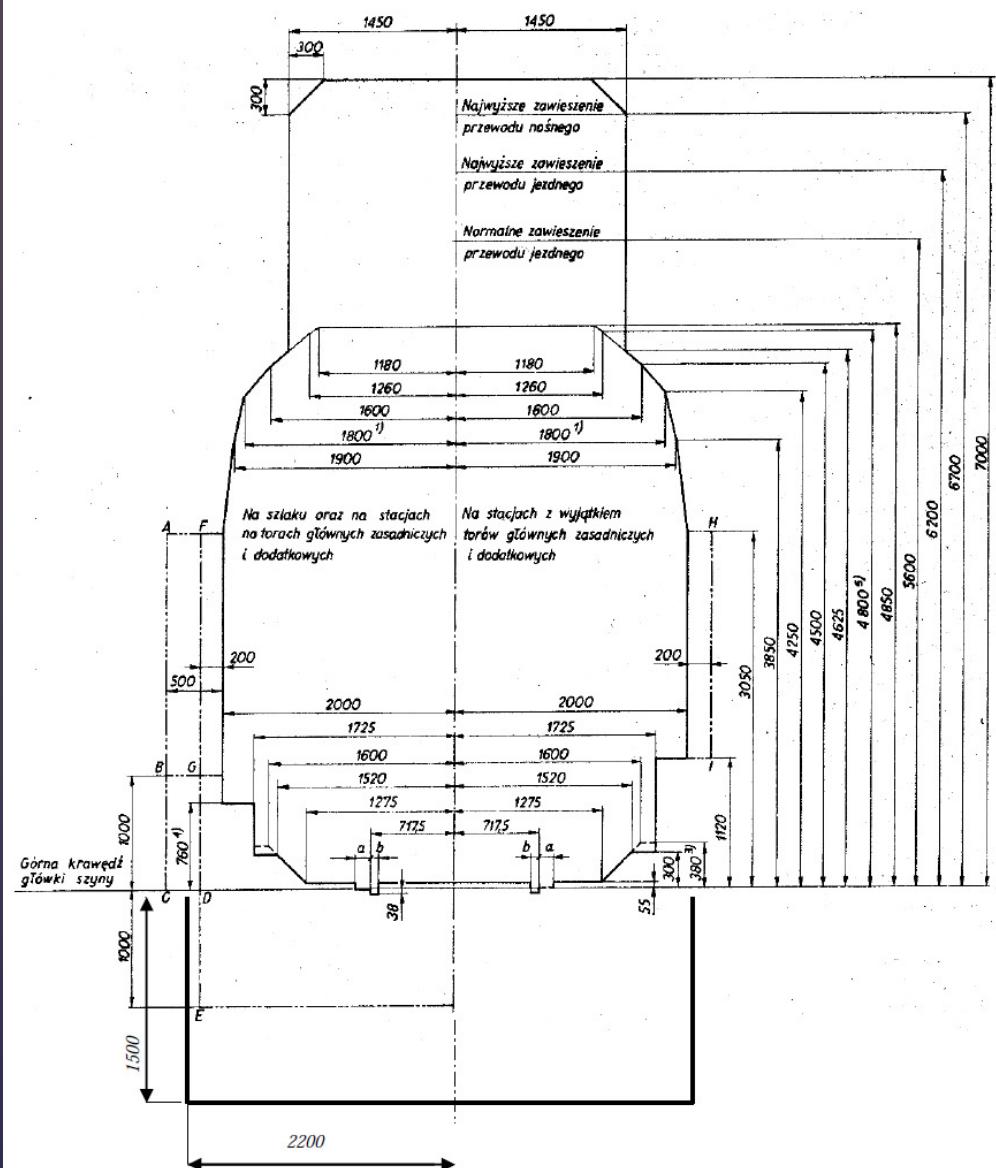
Rys. 1. Skrajnia budowli na liniach nie podlegających elektryfikacji (skrajnia A)



Rys. 2. Skrajnia budowli ulgowa linii zelektryfikowanych z siecią górną, dla budowli istniejących (skrajnia B)



Rys. 3. Skrajnia budowli linii zelektryfikowanych z siecią górną dla nowych budowli ciężkich, tj. takich, których stateczność umożliwia zakotwienie linki nośnej przewodów jezdnych trakcji elektrycznej (skrajnia C)



Rys. 4. Skrajnia budowli linii zelektryfikowanych z siecią górną dla nowych budowli lekkich tj. takich których stateczność uniemożliwia zakotwienie linki nośnej przewodów jezdnych trakcji elektrycznej (skrajnia D)

zał.11 Id-1 - uchylony 24.03.2015

nie usunięty lecz przeniesiony do: Moduł A2, zał. III - jako fakultatywny:

**dopuszcza się ocenę skrajni budowli wg dotychczasowych zasad
- do czasu inwentaryzacji obiektów zgodnie z nowymi wymaganiami**

SKRAJNIA - NOWE WYMAGANIA

- **2013 - nowe normy:**
 - 1) PN-EN 15273-1:2013-09 Kolejictwo - Skrajnie - Część 1: Postanowienia ogólne - Wymagania wspólne dla infrastruktury i pojazdów szynowych (208 stron)
 - 2) PN-EN 15273-2:2013-09 Kolejictwo - Skrajnie - Część 2: Skrajnia pojazdów szynowych (272 stron)
 - 3) PN-EN 15273-3:2013-09 Kolejictwo - Skrajnie - Część 3: Skrajnie budowli (186 stron)

razem 666 stron !!!

(kiedyś: Id-1 zał.11 – 9 stron; „stara” norma PN-K-02057:1969 – 5 stron)

- **2015 - nowy moduł w Id-1:**
 - MODUŁ A2, Skrajnia Budowli, wersja 2.0, 2015 - 25 stron
 - skrajnie:
 - ujednolicona: GPL-1
 - profile referencyjne:
 - G1 (stanowiąca minimalny gabaryt w przewozach kolejowych interoperacyjnych)
 - G2 (dla wagonów piętrowych)
 - GA i GB (dla przewozów kontenerowych)

- **2017 - nowa wersja tomu II Standardów Technicznych ... z 2009:**
 - **TOM II, Skrajnia budowlana linii kolejowych, wersja 2.0, 2017 - 39 stron**
 - **obowiązuje od 1.01.2018 i wprowadza:**
 - **3 odmiany skrajni (różniące się wielkością dodatków przestrzennych jakie zostały uwzględnione do obrysu referencyjnego):**
 - **SBU - Skrajnia Budowli Ujednolicona (prog P1)**
 - **NSZ - Nominalna Skrajnia Zabudowy (prog P2)**
 - **GSZ - Graniczna Skrajnia Zabudowy (prog P3)**
 - **2 + 5 typów skrajni (różniące się przeznaczeniem eksploatacyjnym):**
 - **ujednolicone: GPL-1 i GPL-2**
 - **profile referencyjne: G1, G2, GA, GB, GC**

Tabela nr 1 Klasyfikacja skrajni budowli według procesu wieloprogowego

	RODZAJ PROGU		
	Prog P1	Prog P2¹⁾	Prog P3¹⁾
Odmiana skrajni budowli	Skrajnia Budowli Ujednolicona (SBU)	Nominalna Skrajnia Zabudowy (NSZ)	Graniczna Skrajnia Zabudowy (GSZ)
Typ skrajni budowli	GPL-1	G1, G2, GA, GB	G1, G2, GA, GB
	GPL-2	G1, G2, GA, GB, GC	G1, G2, GA, GB, GC

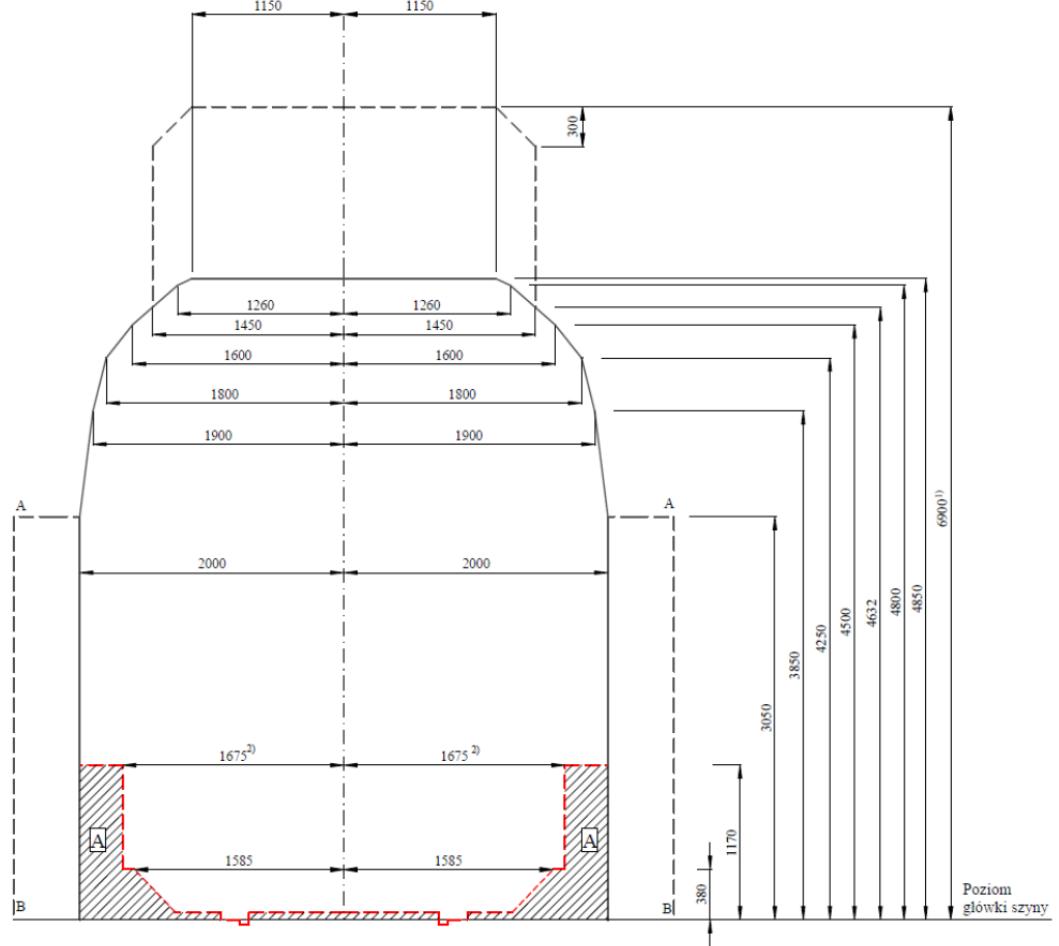
P1 (normalne wartości dopuszczalne) - podstawowe parametry stosowane w projektowaniu

P2 (zawężone wartości dopuszczalne) - w przypadku niekorzystnych uwarunkowań lokalnych
- wymaga zgody właściwego Zakładu Linii Kolejowych PKP PLK

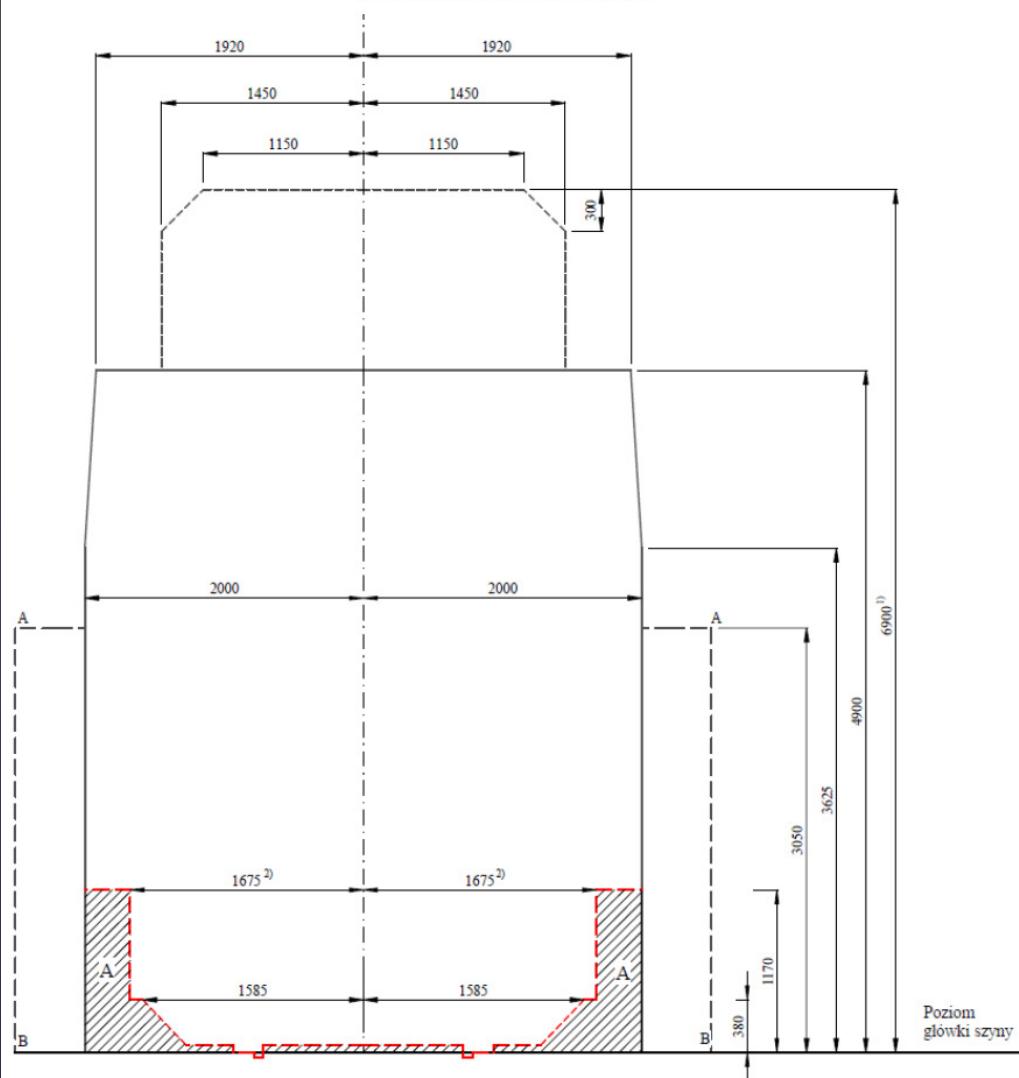
P3 (wyjątkowo dopuszczone wartości) - stosowane wyjątkowo dla przypadków j.w.
- wymaga zgody zarządu PKP PLK

TYPY SKRAJNI:

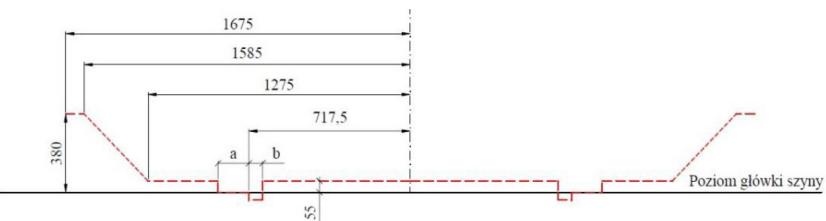
SKRAJNIA BUDOWLI UJEDNOLICONA GPL-1, PRZESTRZEŃ UDOSTĘPNIONA I SKRAJNIA PANTOGRAFU



SKRAJNIA BUDOWLI UJEDNOLICONEJ GPL-2, PRZESTRZEŃ UDOSTĘPNIONA I SKRAJNIA PANTOGRAFU



GRANICZNA SKRAJNIA ZABUDOWY WSZYSTKICH TYPÓW SKRAJNI BUDOWLI DO WYSOKOŚCI 380 mm



LEGENDA:

Skrajnia Budowli Ujednolicona GPL-1



Graniczna Skrajnia Zabudowy
(fragment dla wysokości do 1170 mm)

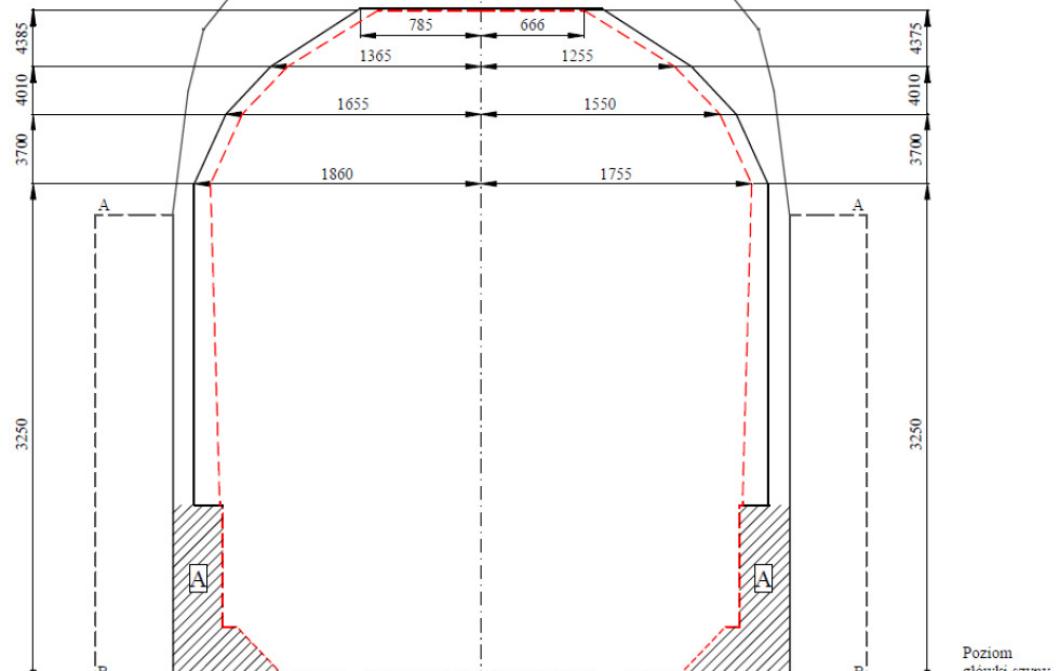


Skrajnia budowli pantografu dla
linii zelektryfikowanych



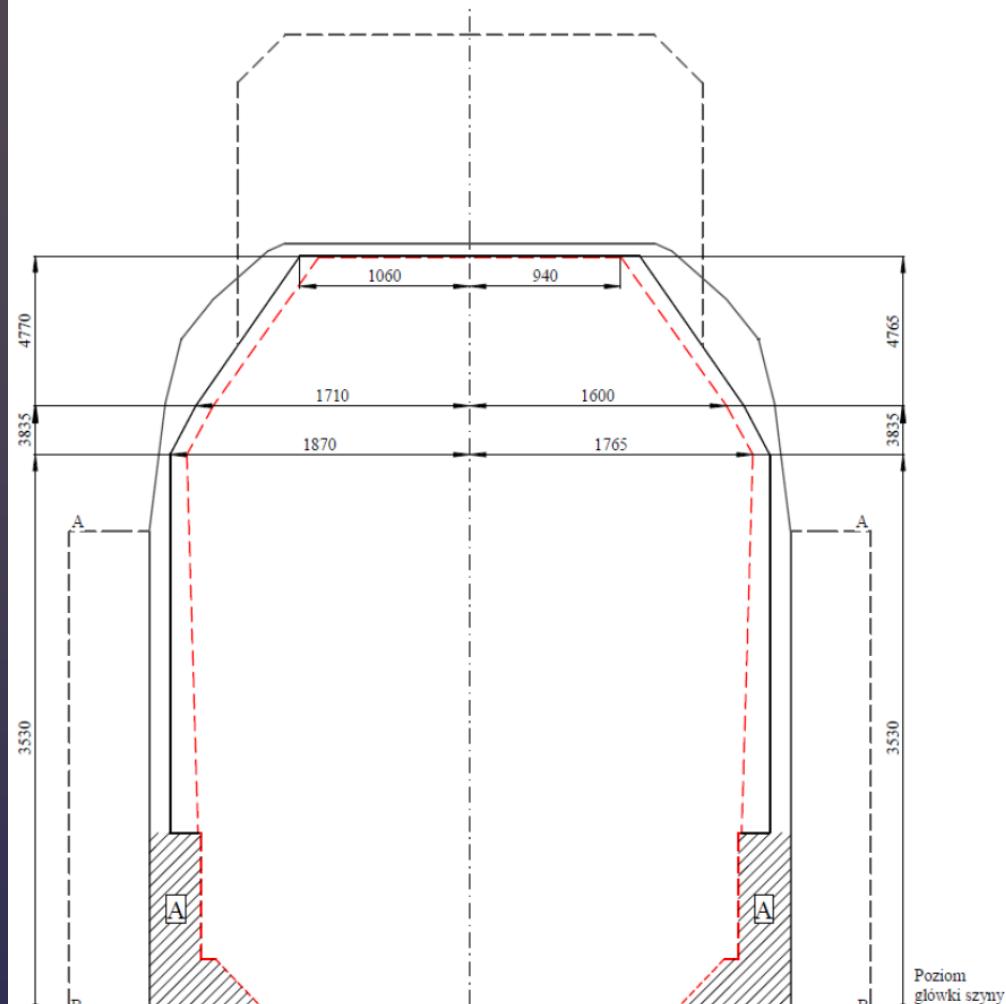
GRANICZNA SKRAJNIA ZABUDOWY I NOMINALNA SKRAJNIA ZABUDOWY TYPU G1

NA TLE SKRAJNI BUDOWLI UJEDNOLICONEJ GPL-1



GRANICZNA SKRAJNIA ZABUDOWY I NOMINALNA SKRAJNIA ZABUDOWY TYPU G2

NA TLE SKRAJNI BUDOWLI UJEDNOLICONEJ GPL-1



LEGENDA:

Skrajnia Budowli Ujednoliciona



Nominalna Skrajnia Zabudowy



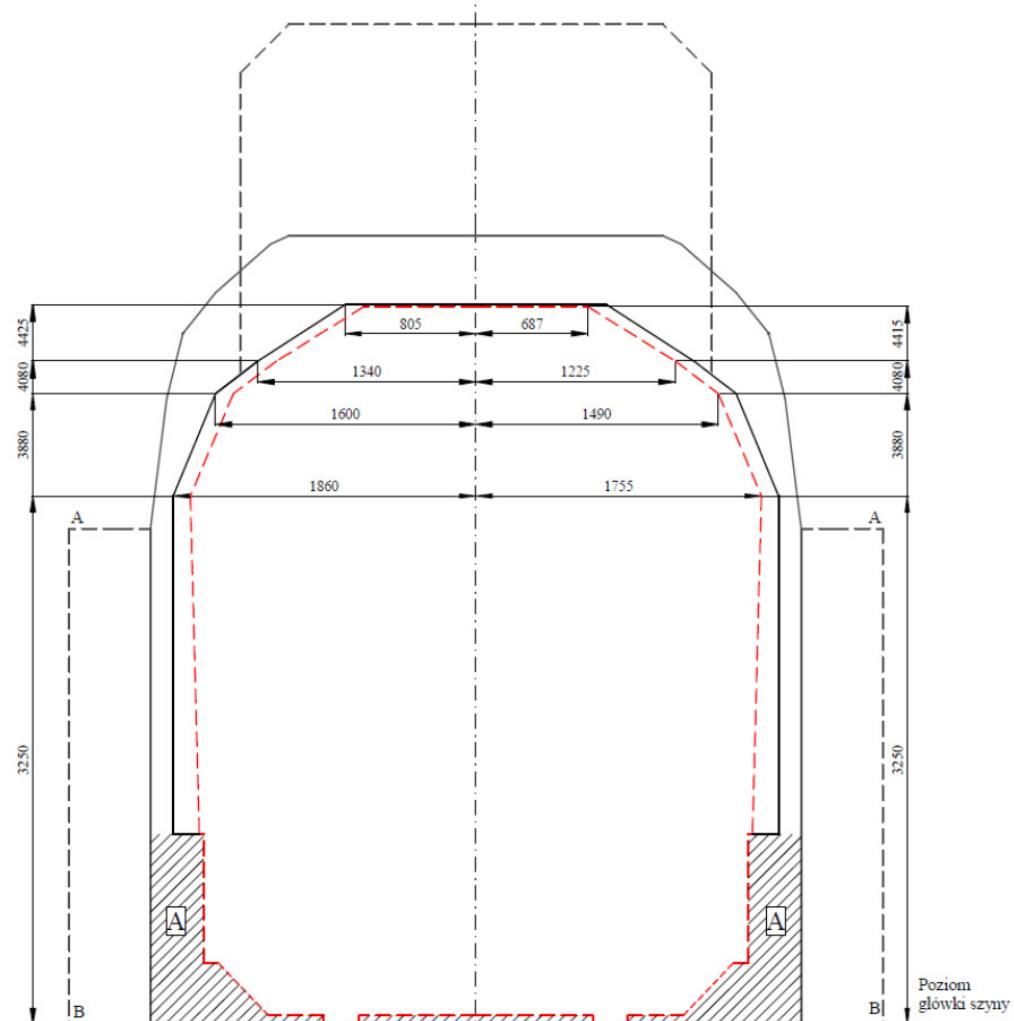
Graniczna Skrajnia Zabudowy



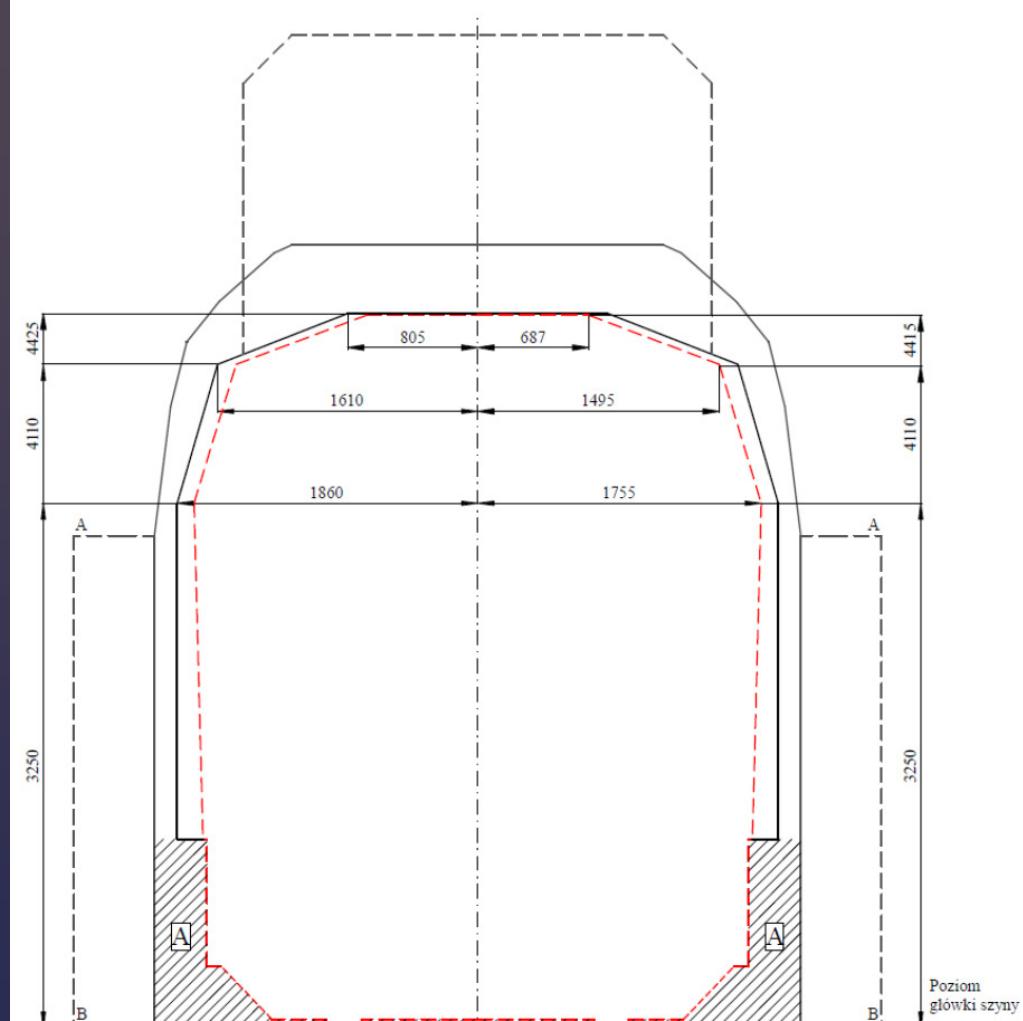
Skrajnia budowli pantografa dla linii zelektryfikowanych



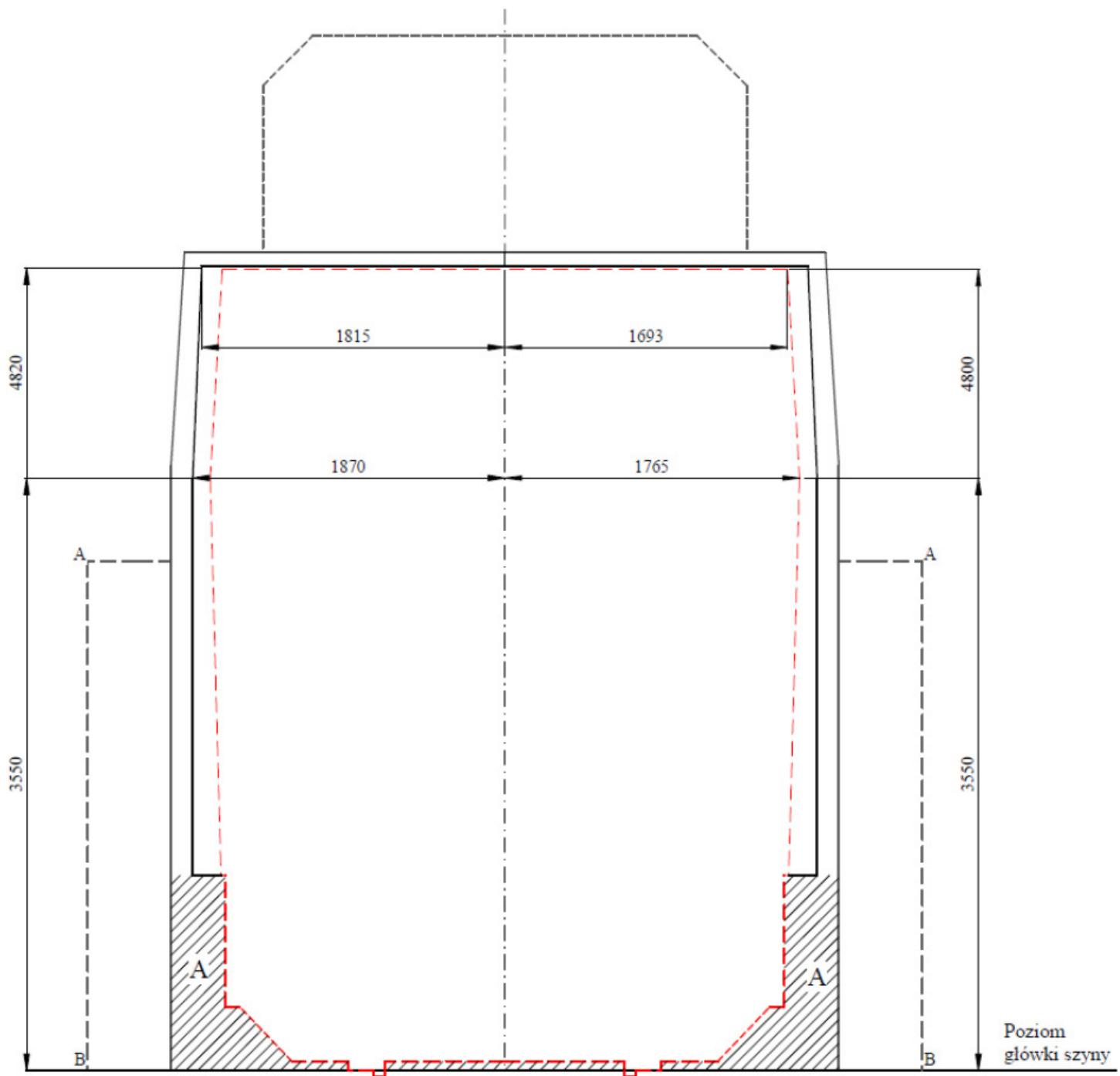
**GRANICZNA SKRAJNIA ZABUDOWY I NOMINALNA SKRAJNIA ZABUDOWY TYPU GA
NA TLE SKRAJNI BUDOWLI UJEDNOLICONEJ GPL-1**



**GRANICZNA SKRAJNIA ZABUDOWY I NOMINALNA SKRAJNIA ZABUDOWY TYPU GB
NA TLE SKRAJNI BUDOWLI UJEDNOLICONEJ GPL-1**



**GRANICZNA SKRAJNIA ZABUDOWY I NOMINALNA SKRAJNIA ZABUDOWY TYPU GC
NA TLE SKRAJNI BUDOWLI UJEDNOLICONEJ GPL-2**



Nawierzchnia kolejowa

Funkcje nawierzchni:

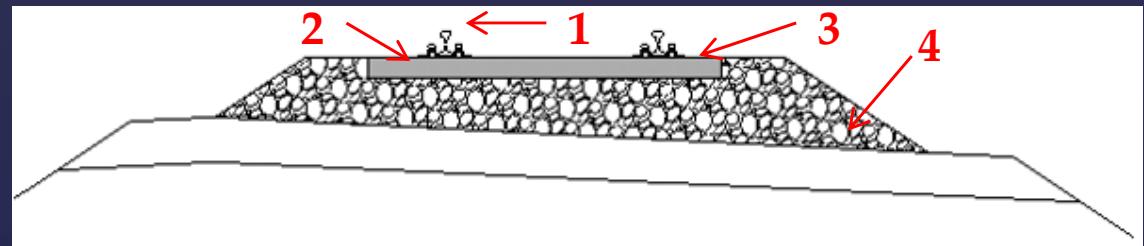
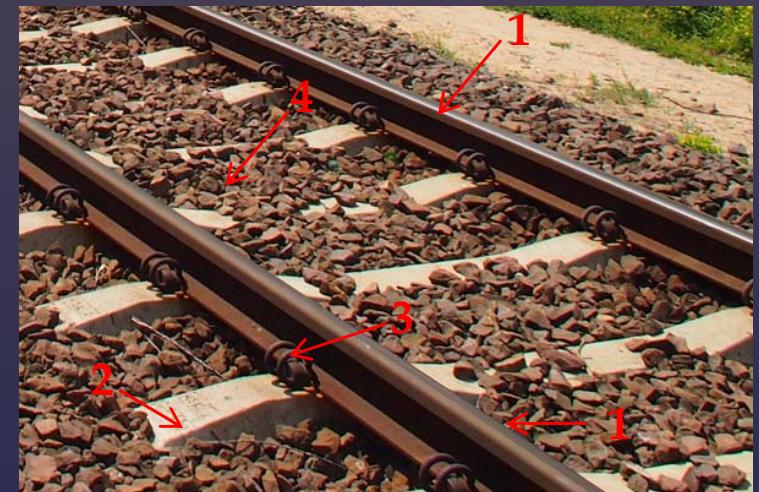
- umożliwienie prowadzenia pojazdów po szynach
- przenoszenie na podtorze obciążen statycznych i dynamicznych spowodowanych ruchem pojazdów kolejowych

Typy nawierzchni:

- klasyczna (podsyapkowa)
- niekonwencjonalna (bezpodsyapkowa)

Elementy nawierzchni klasycznej (podsypkowej):

1. szyny kolejowe
2. podkłady
3. przytwierdzenia szyn do podkładów
4. podsypka



Szyny kolejowe

Rola szyn:

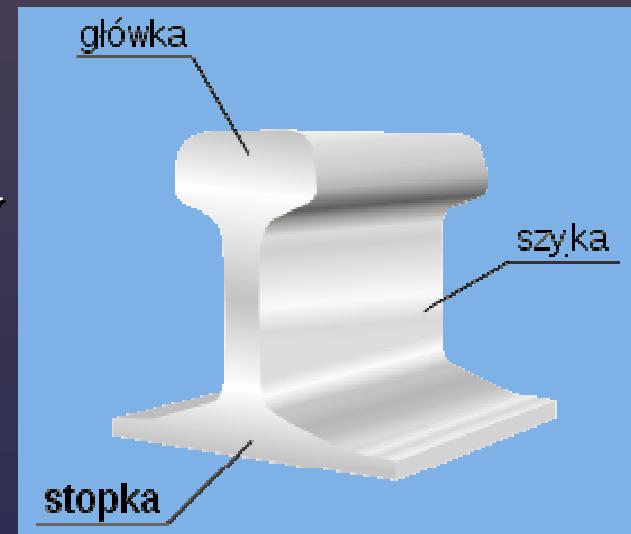
- prowadzą zestawy kołowe
- bezpośrednio przenoszą obciążenie naciskami statycznymi i oddziaływaniami dynamicznymi kół pojazdu szynowego
- przekazują obciążenia pojazdami kolejowymi bezpośrednio na podkłady
- przewodzą prąd zasilający (powrotny) w przypadku trakcji elektrycznej

Budowa szyny:

główka – bezpośrednio współpracuje z kołami pojazdu, ma kształt dostosowany do przekroju kół

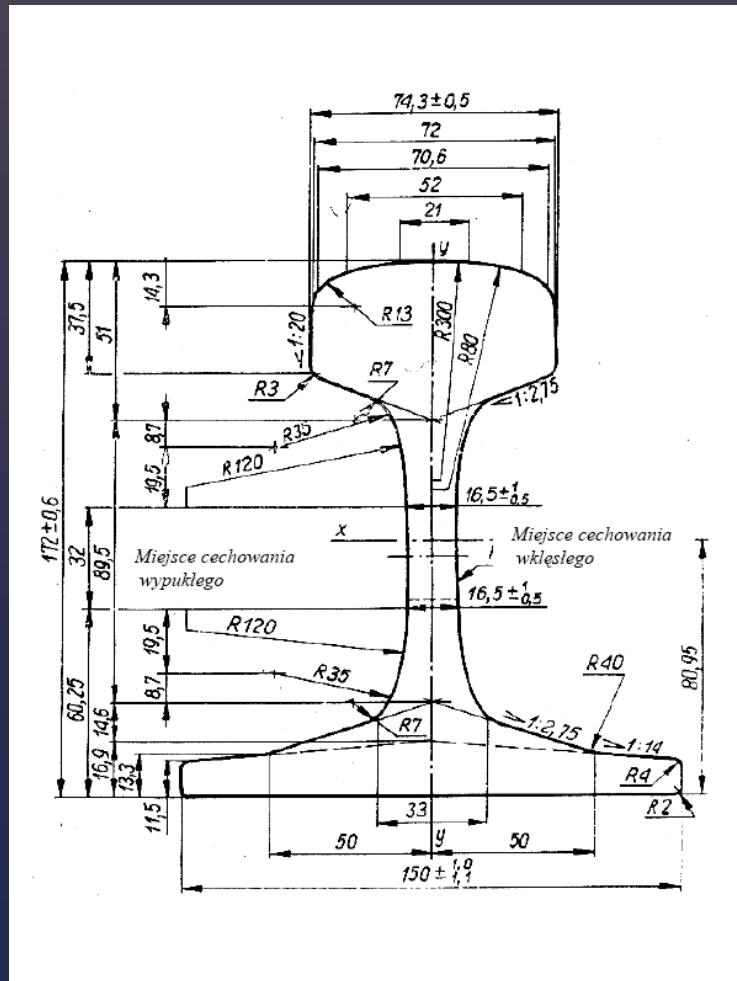
szynka – łączy głowkę ze stopką, musi mieć odpowiednią sztywność na zginanie (sztywność giętną)

stopka – oparcie szyny na podkładach



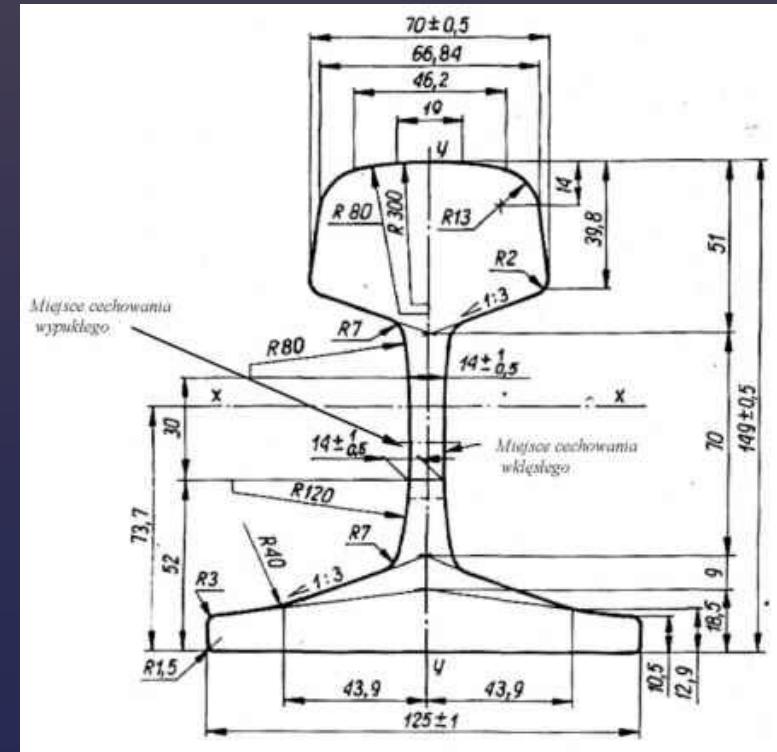
Typy szyn kolejowych

60E1 (inaczej UIC 60)



**Wymagane cechy szyn:
odporność na zużycie i zmianę
kształtu, wytrzymałość zmęczeniowa
w warunkach dynamicznych**

49E1 (inaczej S49)



Charakterystyki szyn

Parametr	Typ 60E1	Typ 49E1
Powierzchnia przekroju [mm ²]	7686,00	6297,00
Masa 1 metra szyny [kg]	60,34	49,43
Moment bezwładności I_x [m ⁴]	3055,00	1819,00
Moment bezwładności I_y [m ⁴]	513,00	320,00
Wskaźnik wytrzymałości W_x [m ³]	335,50	240,00

Szyny produkowane są ze stali niskostopowych, średnio-węglowych, zaliczanych do materiałów trudno-spawalnych
Standardowa stal szynowa:

St90: wytrzymałość na rozciąganie $R_m = 880$ MPa

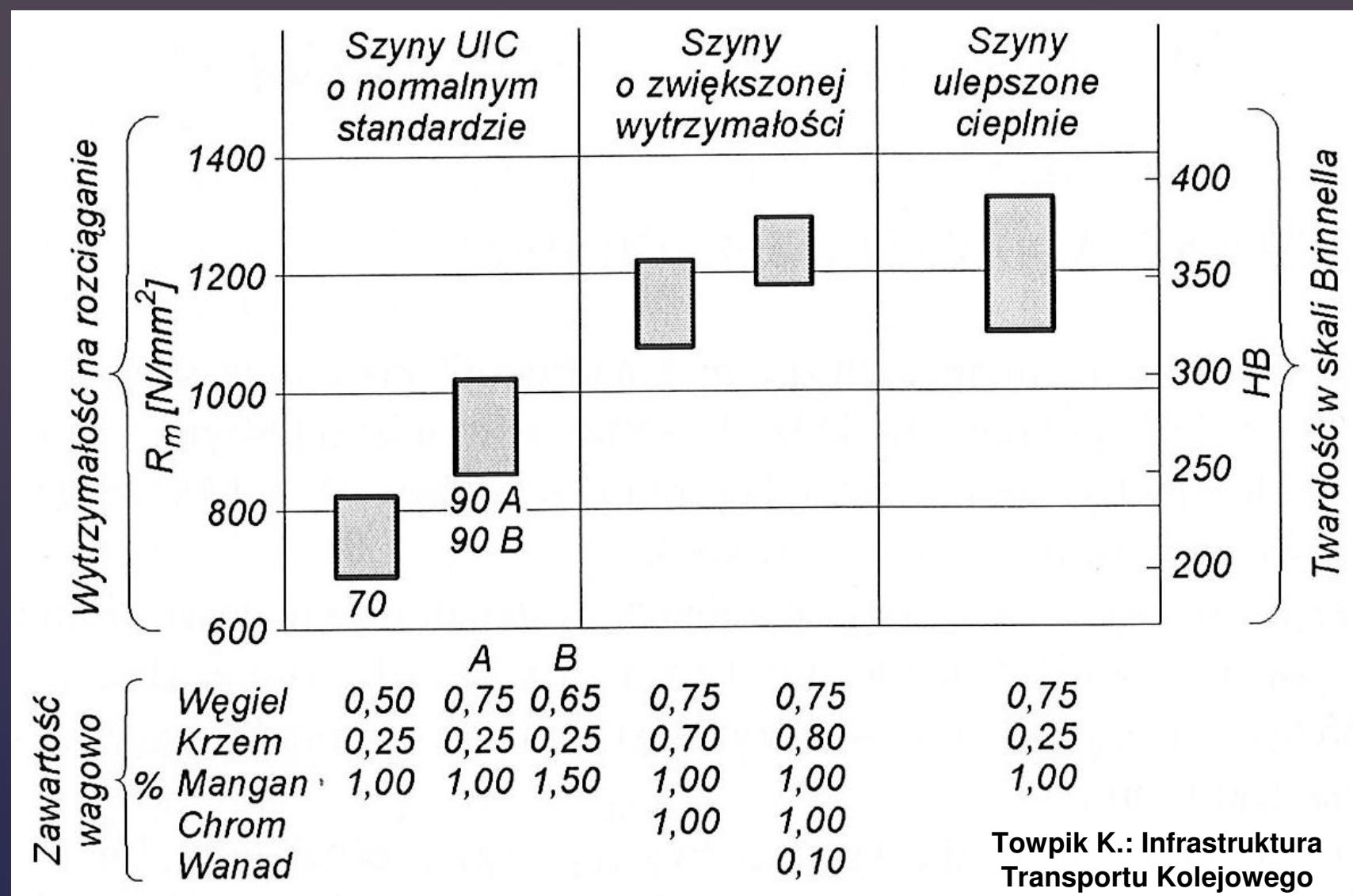
St110: wytrzymałość na rozciąganie $R_m = 1100$ MPa
wymagana granica plastyczności $R_e \cong 0,64 R_m$

- obecnie w Polsce produkuje się szyny ze stali:
 - St90 - o wytrzymałości na rozciąganie $R_m = 880 \text{ MPa}$
 - St110 - o $R_m = 1100 \text{ MPa}$

o wymaganej granicy plastyczności: $R_e = 0,64 \cdot R_m$
- w eksploatowanych torach można jeszcze spotkać szyny ze stali:
 - St70, St72 - o $R_m = 700 \text{ MPa}$
- w poprzednim systemie gospodarczym produkowano szyny:
 - obrabiane cieplnie w całym przekroju (tzw. szyny twardze albo hartowane - linia technologiczna sprowadzona z ZSRR) niestety okazały się podatne na kruche pękanie - są sukcesywnie wycofywane
- obecnie procesom ulepszania cieplnego poddaje się jedynie główka szyn
- obecnie używa się oznaczeń stali szynowych zgodnie z PN-EN:

Grade	Hardness range (HBW)	Description
R200	200 to 240	Carbon-manganese, Non heat treated
R220	220 to 260	Carbon-manganese, Non heat treated
R260	260 to 300	Carbon-manganese, Non heat treated
R260Mn	260 to 300	Carbon-manganese, Non heat treated
R320Cr	320 to 360	Alloy (1% Cr), Non heat treated
R350HT	350 to 390	Carbon-manganese, Heat treated
R350LHT	350 to 390	Low alloy, Heat treated

zależność wytrzymałości szyn od składu chemicznego stali:



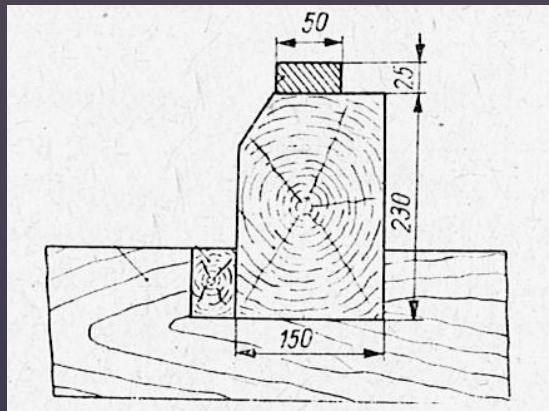
• zalecenia stosowania:

- Id-1: dla $R \leq 600$ m - szyny o $R_m \geq 1100$ MPa ze stali stopowej lub obr. cieplnie
- Id-106: w tokach zewn. łuków o $R \leq 800$ m przy $T > 9$ Tg - szyny ze stali R350HT, poza tym R260

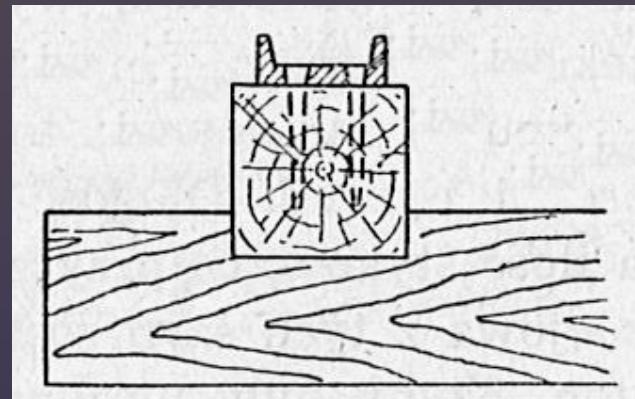
(film)

kiedyś:

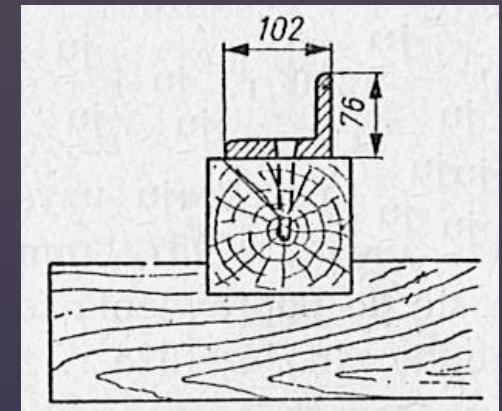
- szyny żeliwne, odlewane (nie znano stali i procesu jej walcowania)
- o innym kształcie:
 - dla kół bez obrzeża:



- płaskownik

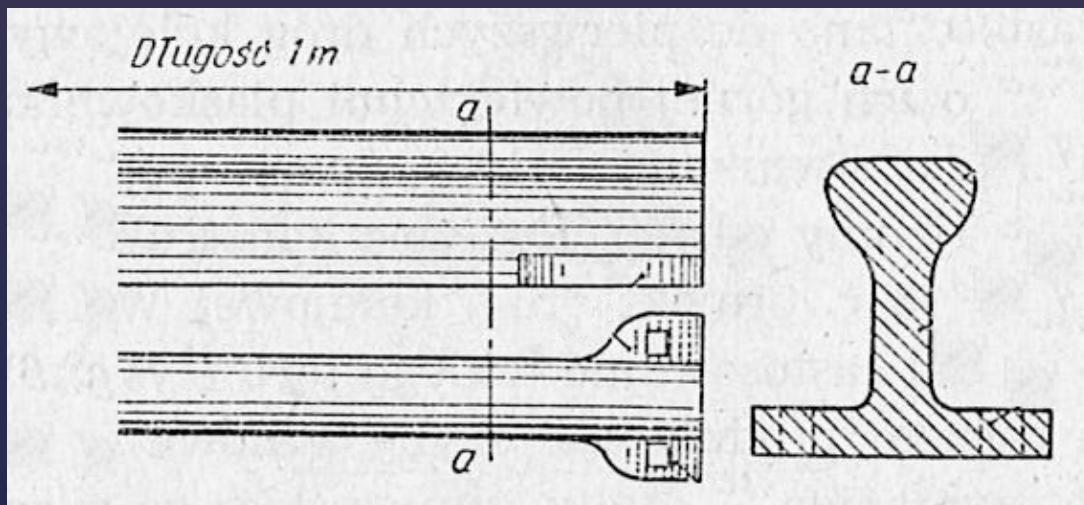


- korytko (ceownik)

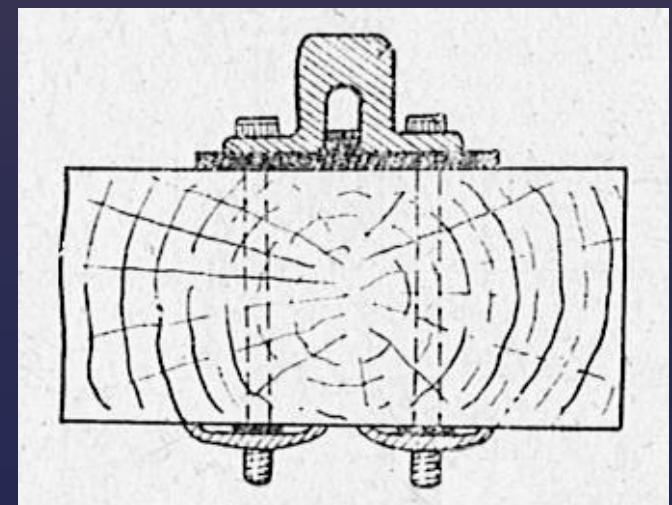


- kątownik

- dla kół z obrzeżem:



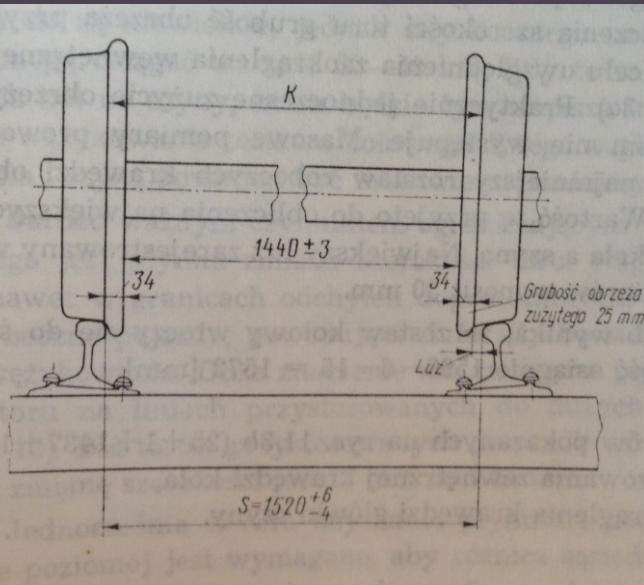
- Jessopa



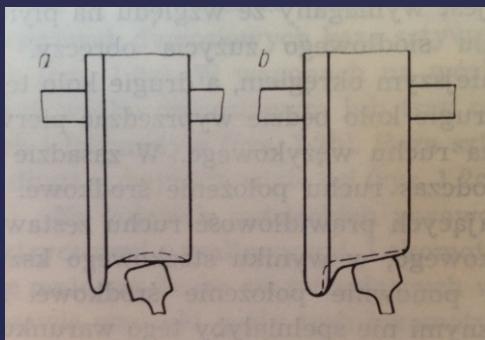
- Brunela

Pochylenie boczne szyn

Pochylenie boczne szyn



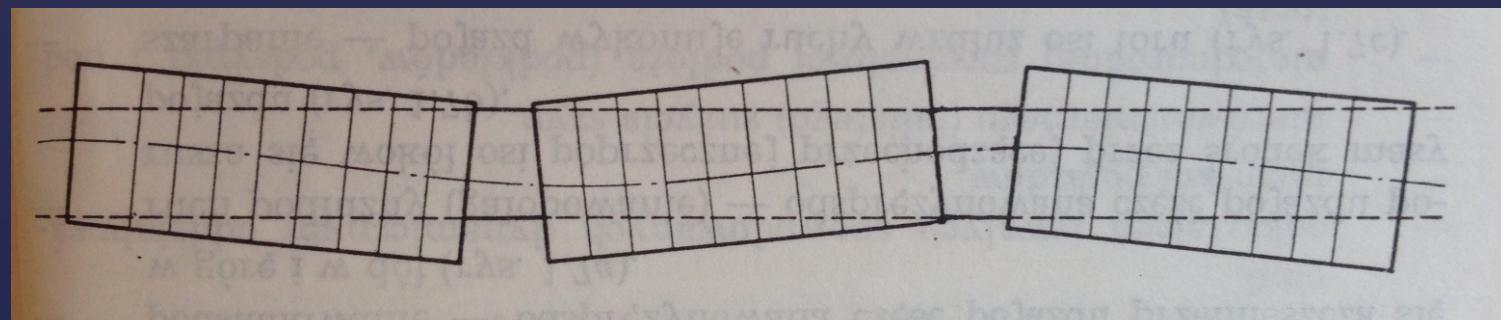
Zużycie siodłowe
obręczy kół (rys. a)



Szyny układane są w pochyleniu bocznym ku środkowi toru, ze względu na **stożkowatość kół pojazdów szynowych**.

Kształt stożkowy (1:20 albo 1:40) powierzchni tocznych kół zapobiega siodłowemu zużyciu obręczy (niedopuszczalne, bo powoduje znaczny wzrost sił dynamicznych) oraz umożliwia tzw. samonaprowadzanie - co przeciwdziała węzykowaniu pojazdów szynowych

Węzykowanie pojazdu szynowego



Połączenia szyn (styki)

Połączenia (złącza) lubkowe – odcinki szyny są połączone za pomocą lubków cztero- lub sześciootworowych oraz śrub lubkowych

- styk wiszący (6-otworowy)
- styk podparty (4-otworowy)



łącznik szynowy



1. lubek sześciootworowy
2. śruby lubkowe z nakrętkami
3. przerwa międzyszynowa
4. podkładki żebrowe na podkładach

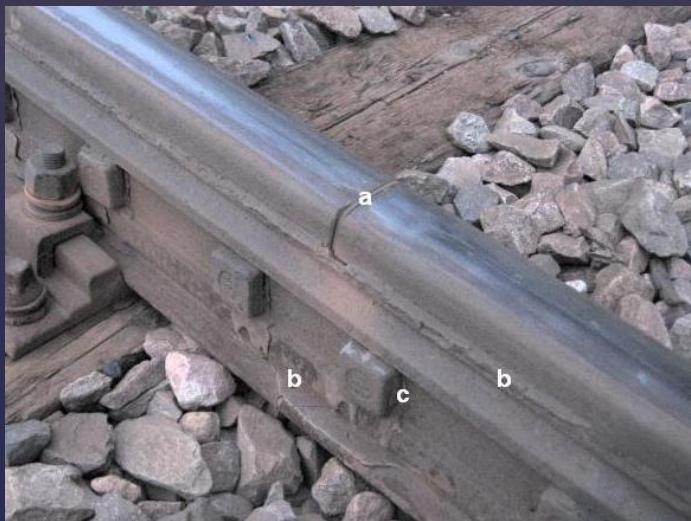
Źródło: www.transportszynowy.pl

Połączenia odcinków szyn

Izolowane złącza lubkowe – dzielą toki szynowe na odcinki niezależne elektrycznie

Stosowane są na liniach zelektryfikowanych wyposażonych w układy kontroli zajętości odstępów linii. Przejazdzający tabor kolejowy zwiera zestawami kołowymi odizolowane toki szyn, co stanowi sygnał zajętości odstępu przez tabor.

Złącze z lubkami stalowymi



- (a) przekładka poprzeczna,
- (b) wkładka podłużna,
- (c) tuleja izolacyjna śruby

Złącze z lubkami
z tworzywa sztucznego



- (a) przekładka poprzeczna,
- (b) lubek z tworzywa sztucznego,
- (c) blaszka dociskowa
- (d) tuleja izolacyjna śruby

Poprzeczna (pionowa)
przekładka izolacyjna

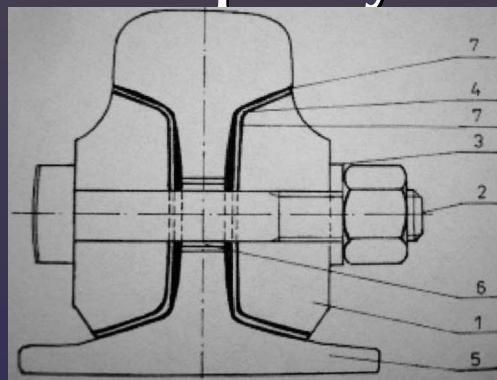


Połączenia odcinków szyn

Izolowane złącza szynowe klejono-sprężone

Złącze składa się z dwóch lubków sześciootworowych, śrub sprężających, przekładki izolacyjnej podłużnej i poprzecznej, tulejki izolacyjnej oraz zaprawy klejowej.

Części składowe:



1. lubek wzmocniony
2. śruba sprężająca z nakrętką
3. podkładka
4. przekładka izolacyjna podłużna
5. przekładka izolacyjna poprzeczna
6. tulejka izolacyjna
7. zaprawa klejowa (żywica + utwardzacz)



Faza montażu

Tor bezstykowy

Tor bezstykowy: tor, który powstaje w wyniku trwałego połączenia odcinków szyn o normatywnej długości (zespawania bądź zgrzania bezpośrednio w torze).

Długość toru bezstykowego jest ograniczona jedynie warunkami układu torowego wymagającego przecięcia toku szynowego (np. założenie styku izolowanego, ułożenia rozjazdu niespawanego itp.)



Tor bezstykowy

Zalety:

- spokojna jazda (brak stukotu na połączeniach szyn)
- mniejsze zużycie szyn i kół taboru (większa trwałość)
- redukcja drgań i hałasu przy przejeździe pociągu
- mniejsze zużycie materiałów (brak łubków, śrub łubkowych i podkładów podzłączowych)
- mniejsze nakłady na utrzymanie nawierzchni

Wady:

Tor wymaga starannego utrzymania, a zwłaszcza niedopuszczenia do wyboczenia wskutek koncentracji naprężeń (naprężenia termiczne i naprężenia wynikające z pełzania toków szynowych)



Tor bezstykowy

Spawanie termitowe metodą SoWoS

Metoda polega na nałożeniu na miejsce łączenia formy spawalniczej odpowiadającej przekrojowi szyny danego typu. Następnie łączone szyny podgrzewa się palnikiem i w formę spawalniczą wlewa się spoiwo spawalnicze (termit), którego nadlew po zastygnięciu się obcina. Kolejnym krokiem jest szlifowanie miejsca łączenia.



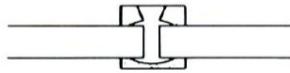
Spawanie termitowe

- proces polegający na reakcji chemicznej sproszkowanej mieszaniny tlenków żelaza i glinu (zwanej termitem), z której w temperaturze ok. 2 tyś. stopni C powstaje spoivo spawalnicze
- na dokładnie ustawione końce szyn z zachowaniem odpowiedniego luzu spawalniczego nakłada się ceramiczne formy, a nad nimi umieszcza pojemnik wypełniony termitem,
- po uprzednim podgrzaniu szyn palnikiem podpala się termit - powoduje to reakcję, w wyniku której powstaje płynne żelazo stanowiące łącznik spawanych szyn (spoivo) oraz tlenek glinu w postaci żużla
- wypływki spoiva obcina się w stanie, w którym mają one jeszcze barwę ciemnoczerwoną, a następnie obrabia się połączenie przez szlifowanie.

(film)



- ustawienie końców szyn do spawania



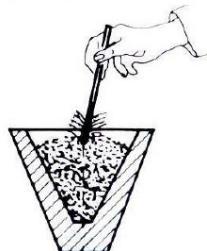
- założenie i uszczelnienie formy



- podgrzewanie końców spawanych szyn



- reakcja i spust stopiwa



TERMIT
ŽUŻEL
STAL

Segregacja stopiwa i żużla po reakcji termitowej



Zgrzewanie elektrooporowe:

- nagrzanie oporowe obszaru styku zgrzewanych szyn w wyniku przepływu prądu i wywarcia docisku - w efekcie wyiskrzenie ciekłego metalu z obszaru styku powodującego połączenie szyn zgrzeiną

(film)



zgrzeina po oszlifowaniu



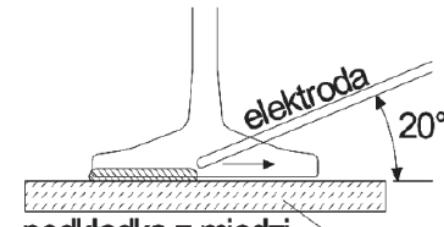
zgrzewarka stacjonarna



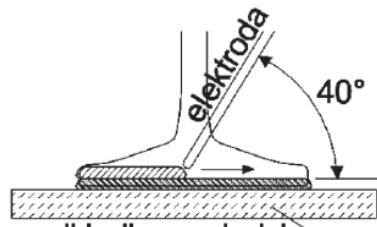
zgrzewarka mobilna

Spawanie łukiem elektrycznym

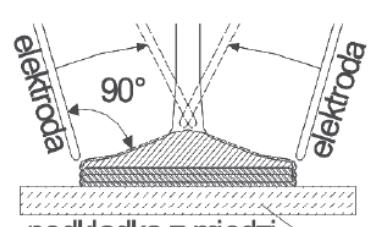
- w miejscach trudnodostępnych, gdzie nie jest możliwe spawanie termitowe lub zgrzewanie
- ręcznie elektrodą otuloną albo półautomatem z podajnikiem drutu



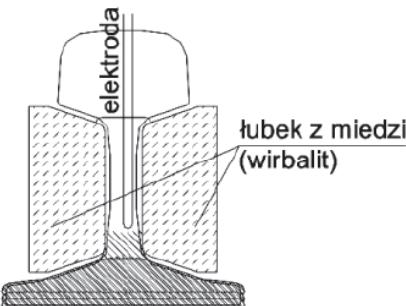
Ścieg 1



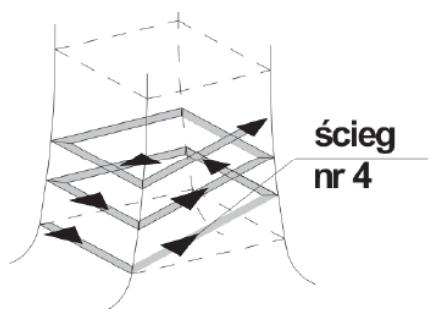
Ścieg 2
Ścigi stopki szyny



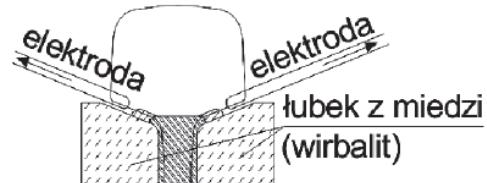
Ścieg 3



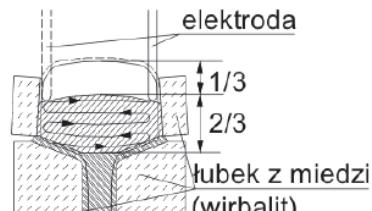
Ścieg szyjki szyny



ścieg nr 4



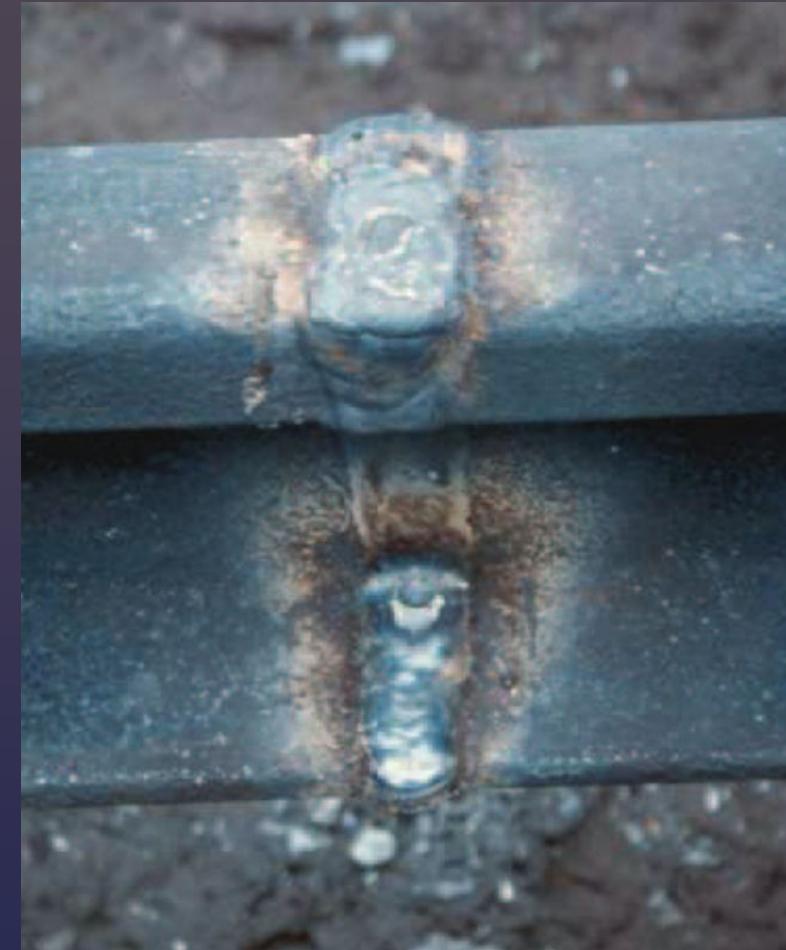
Ścieg 5



Ścigi główki szyny



Ścieg 7



**spoina wykonana
elektrycznie
półautomatem, drutem
proszkowym**

Podkłady

Belki poprzeczne do osi toru, do których za pomocą specjalnych przytwierdzeń mocuje się szyny

Rola podkładów:

- przejmują naciski szyn i przekazują je na podsypkę
- zagłębione w podsypce czoła podkładów stanowią podparcie szyn w płaszczyźnie poziomej (w kierunku podłużnym i poprzecznym do osi toru – szczególnie na łukach poziomych)
- zapewniają stały rozstaw szyn
- tłumią drgania szyn przekazywane na podsypkę (poprawa własności tłumiących podkładów przez zastosowanie zelówek)



Podkłady

Rodzaje podkładów
w zależności od materiału:

- drewniane
- betonowe (strunobetonowe lub żelbetowe w zależności od typu zbrojenia)
- stalowe
- stalowo-betonowe (dwublokowe)
- kompozytowe (z tworzyw sztucznych)



Podkłady drewniane

Belki wykonywane z drewna drzew iglastych (sosny) lub liściastych (buku lub rzadziej dębu), nasyczonego środkiem przeciwnilnym.

Trwałość:

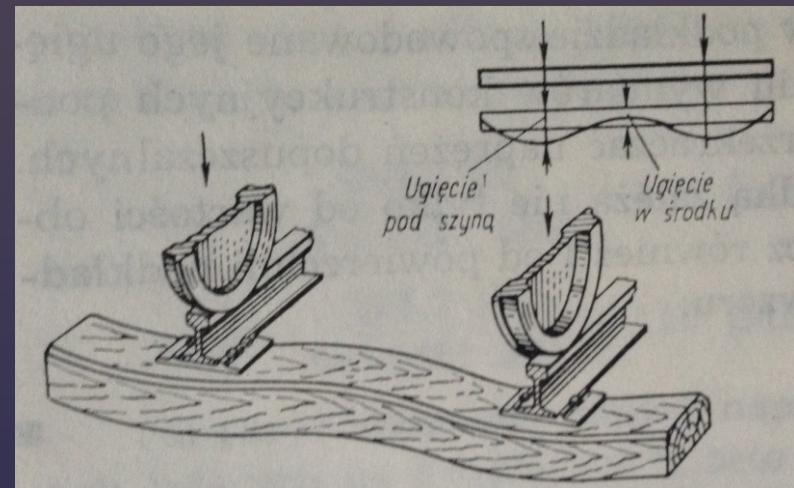
- ok. 18 lat – podkłady sosnowe
- ok. 25 lat – podkłady bukowe
- ok. 30 lat – podkłady dębowe
i z drewna azobe

Zalety:

nie przewodzą prądu (ważne ze względu na instalacje elektryczne na kolei) i bardzo dobrze tłumią drgania, stosunkowo łatwe do wymiany

Wady:

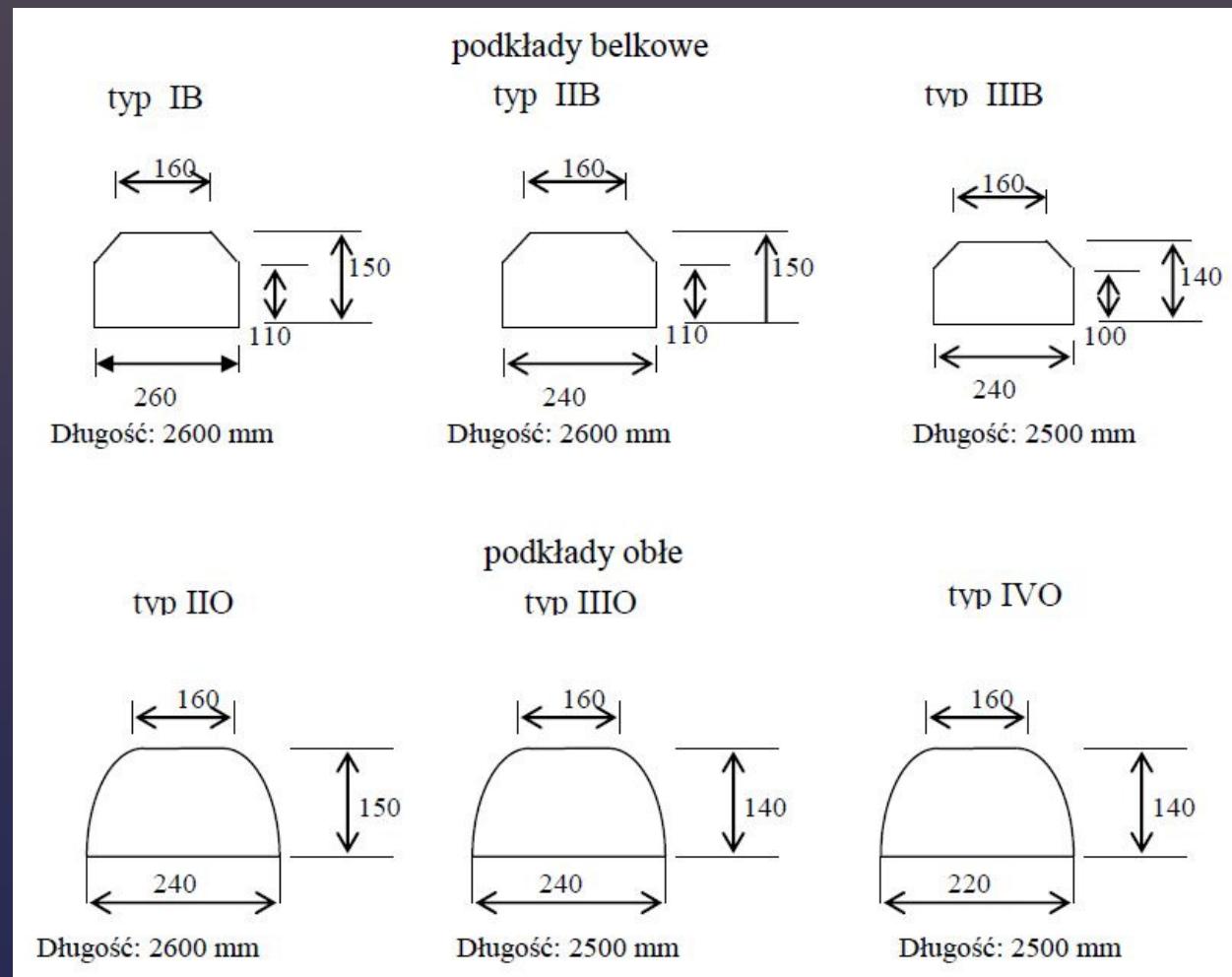
korozja biologiczna (gnicie), zużycie drewna (ekologia), mały współczynnik tarcia (mniej nadają się do toru bezstylowego), częste ścinanie wkrętów



Podkłady drewniane

Pod względem kształtu podkłady drewniane dzielą się na:

- belkowe (B)
- obłe (O)



Charakterystyki: masa 60-80 kg, dług. 2,6 m (IB, IIB, IIO) i 2,5 m (III B, III O, IVO), wskaź. wytrz. W_x od $6,2 \cdot 10^{-4}$ do $8,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Podkłady betonowe

Belki betonowe w postaci monobloków:

- **podkłady strunobetonowe** – wstępnie sprężone strunami stalowymi, najczęściej stosowane
- **podkłady żelbetowe** – zbrojone klasycznie prętami stalowym

Trwałość: ok. 40 lat (lepsza niż podkładów drewnianych)

Masa: od 220 do 300 kg



Podkłady betonowe

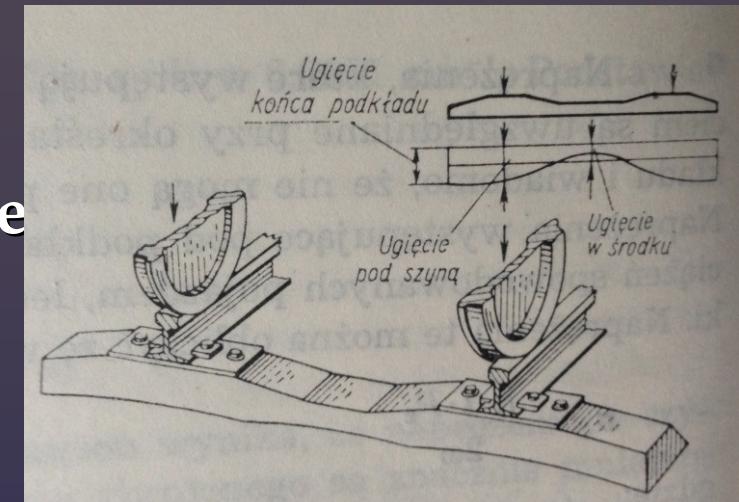
Charakterystyki podkładów betonowych eksploatowanych w Polsce

Rodzaj podkładu	Typ	Wymiary [mm]		Masa [kg]
		długość	szerokość	
betonowy blokowy	Bl-3	2240	300	210
strunobetonowy	INBK-3	2500	265	225
strunobetonowy	INBK-4	2300	286	215
strunobetonowy	INBK-7	2500	300	250
strunobetonowy	INBK-8	2500	286	240
strunobetonowy	PS-83	2500	300	250
strunobetonowy	PS-93	2600	300	320
strunobetonowy	PS-94	2600	300	300
strunobetonowy	PS-94M	2600	300	335

Podkłady betonowe

Zalety:

- niska cena,
- duża wytrzymałość,
- niewielkie przewodnictwo elektryczne
- stwarzają duży opór na przesunięcie ze względu na dużą masę,
- utrzymują geometrię toru lepiej od podkładów drewnianych



Wady:

- duża sztywność zwiększająca oddziaływanie dynamiczne,
- tłumienie drgań i hałasu słabsze niż podkładów drewnianych,
- podatność na uszkodzenia mechaniczne (kruchosć, rysy i pęknięcia w betonie),
- trudniejsza technologia budowy i utrzymania nawierzchni (trudna wymiana)

Przytwierdzenia szyn

Elementy nawierzchni kolejowej służące do połączenia szyn z podkładami lub szyn z innymi podporami

Ogólnie dzielą się na:

przytwierdzenia sztywne (śrubowe) i sprężyste

Rola przytwierdzeń:

- połączenie szyn z podkładami w poziomy ruszt ramowy zagłębiony w podsypce
- zapewnienie odpowiedniego pochylenia stopy szyny (1:20, 1:40) w płaszczyźnie przekroju
- zapobieganie podłużnym ruchom szyn względem podkładów
- tłumienie drgań i hałasu – wkładki wibroizolacyjne i elementy sprężyste w przytwierdzeniach sprężystych

Przytwierdzenia szyn

Przytwierdzenie bezpośrednie - sztywne

Szyny są przymocowane do podkładów wbijanymi hakami (tak jak gwoździe) albo wkręcanymi wkrętami, bezpośrednio albo przez otwory w stalowej podkładce

Jest to przytwierdzenie słabsze w porównaniu z przytwierdzeniem pośrednim, nie zapewnia stałego docisku szyny do podkładu, rzadko stosowane – tylko na liniach o najmniejszym znaczeniu, obecnie – w zaniku

Części składowe:

- wkręty albo haki
- podkładka



Przytwierdzenia szyn

Przytwierdzenie pośrednie typu K – z łapką Łp

Podkładka żebrowa przymocowana jest do podkładów wkrętami, szyna zaś do podkładki za pomocą śrub stopowych i łapek sztywnych (Łp)

Przytwierdzenie zalicza się do przytwierdzeń sztywnych (połączenie śrubowe), mimo zastosowania pierścieni sprężystych na śrubę stopową.

Części składowe:

- a) podkładka żebrowa
- b) łapki sztywne
- c) wkręty
- d) śruby stopowe



Przytwierdzenia szyn

Przytwierdzenie pośrednie typu K - z łapką Skl

Sztywne łapki Łp zostają zastąpione sprężystymi Skl-12. Łapki są osadzone na żebach podkładki.



Części składowe:

- a) podkładka żebrowa
- b) łapka sprężysta Skl-12
- c) wkręty
- d) śruba stopowa

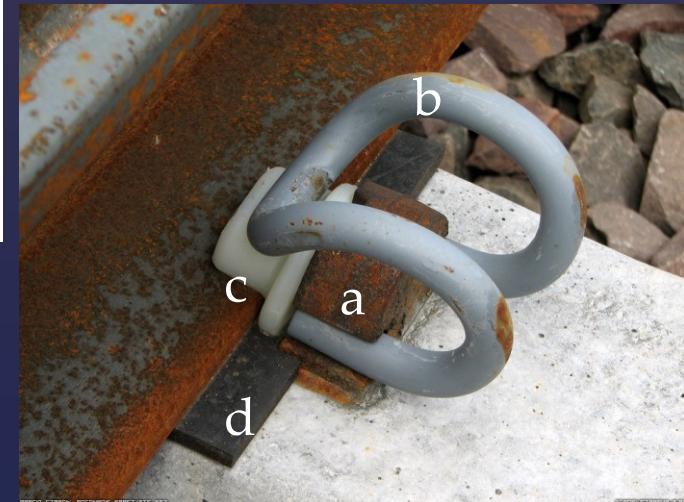
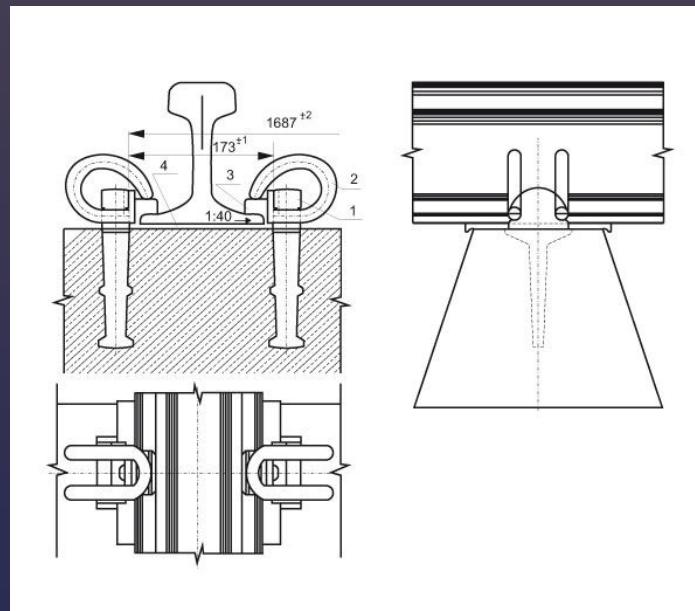
Przytwierdzenia szyn

Przytwierdzenie bezpośrednie SB - sprężyste

Przytwierdzenie szyn do podkładów (wyłącznie strunobetonowych) za pomocą łapek sprężystych. Łapki są zamocowane w kotwach osadzonych w podkładach.

Części składowe:

- a) kotwy
- b) łapki sprężyste (SB-3, 4, 7, 8)
- c) wkładki izolacyjne (dystansowe)
- d) przekładka podszytowa (amortyz.)

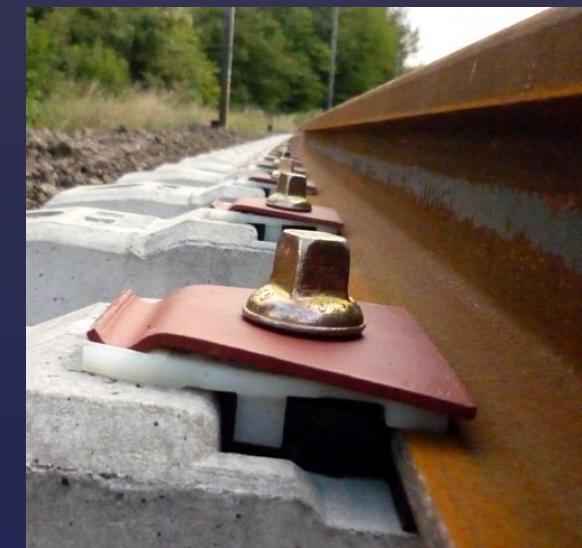
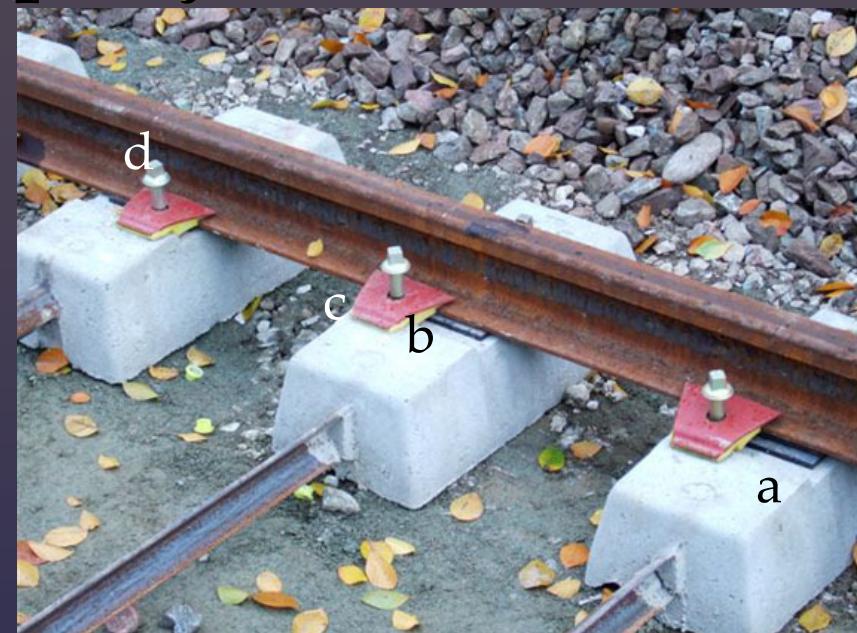
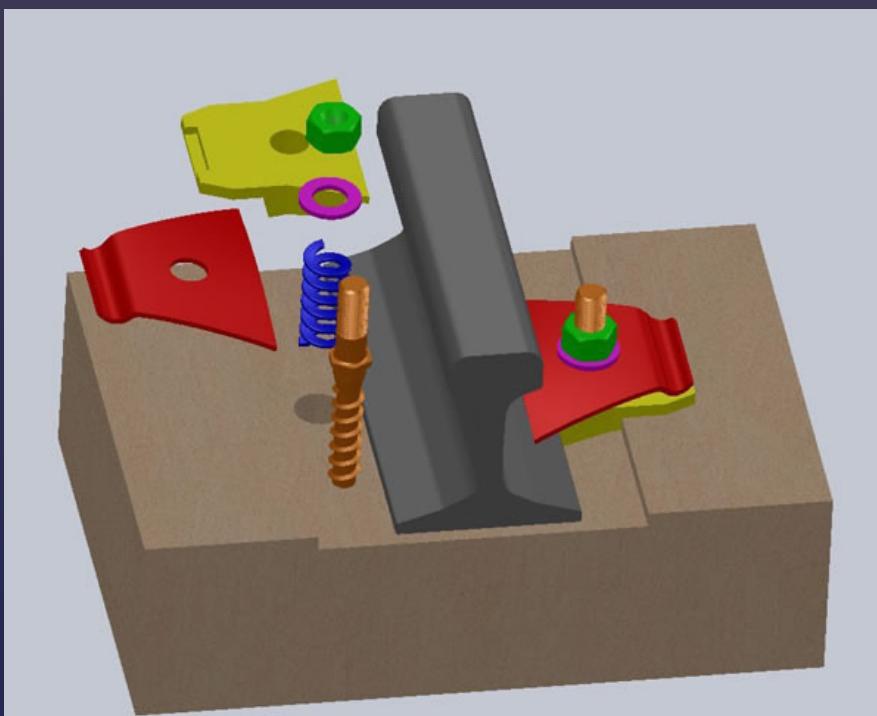


Przytwierdzenia szyn

Przytwierdzenie typu Nabla - sprężyste (francuskie)

Części składowe:

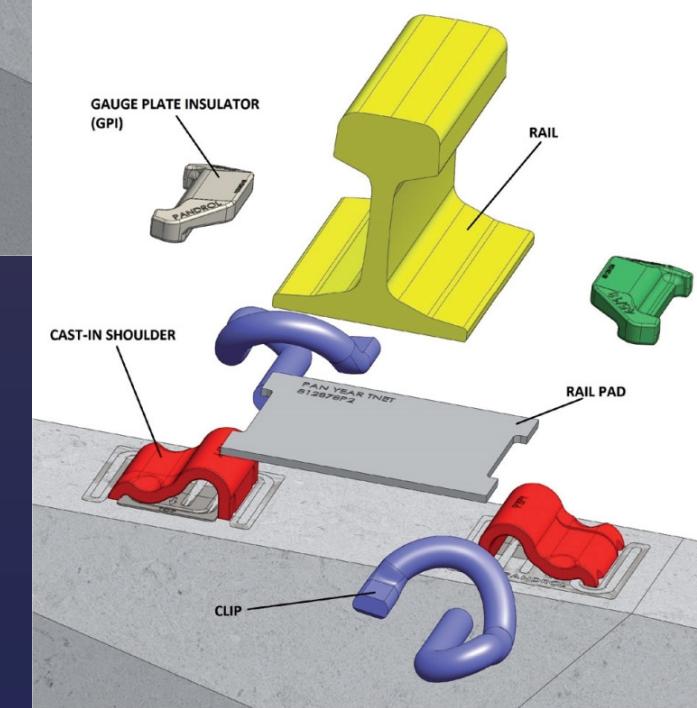
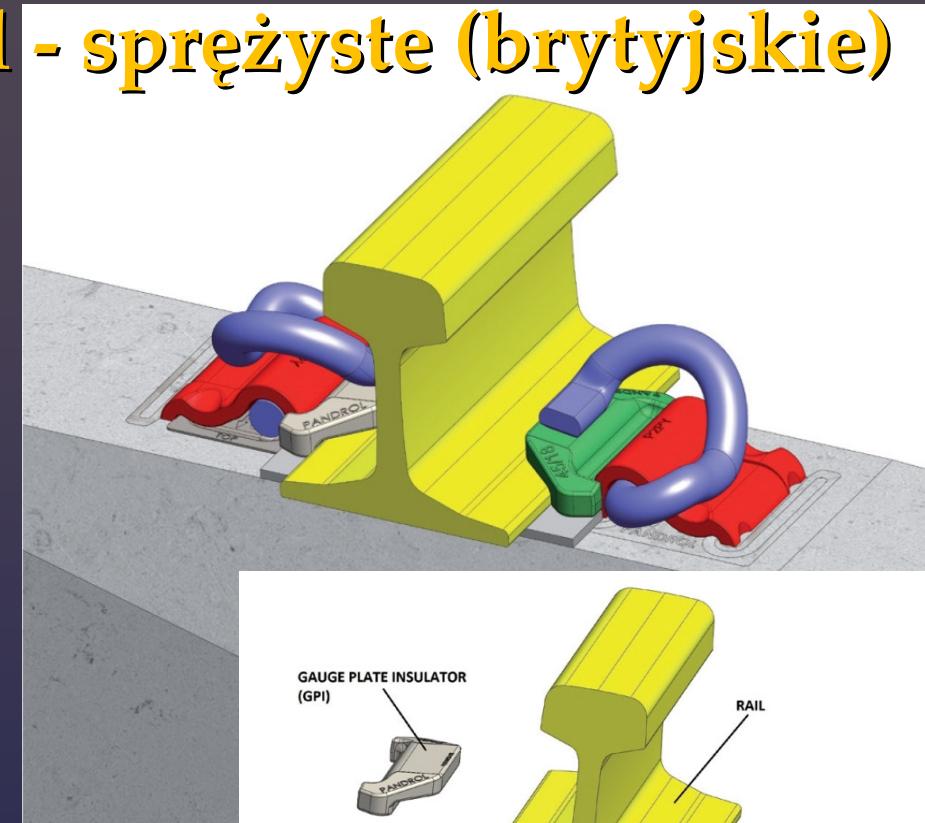
- a) przekładka podszytowa
- b) podkładki polietylenowe
- c) łapki sprężyste (z blachy)
- d) wkręty (albo śruby z nakr.)



Przytwierdzenia szyn

Przytwierdzenie typu Pandrol - sprężyste (brytyjskie)

- a) dla kolei konwencjonalnych prędkości - z niesymetrycznymi łapkami (obok)
- b) dla kolei dużych prędkości - z symetrycznymi łapkami (poniżej)

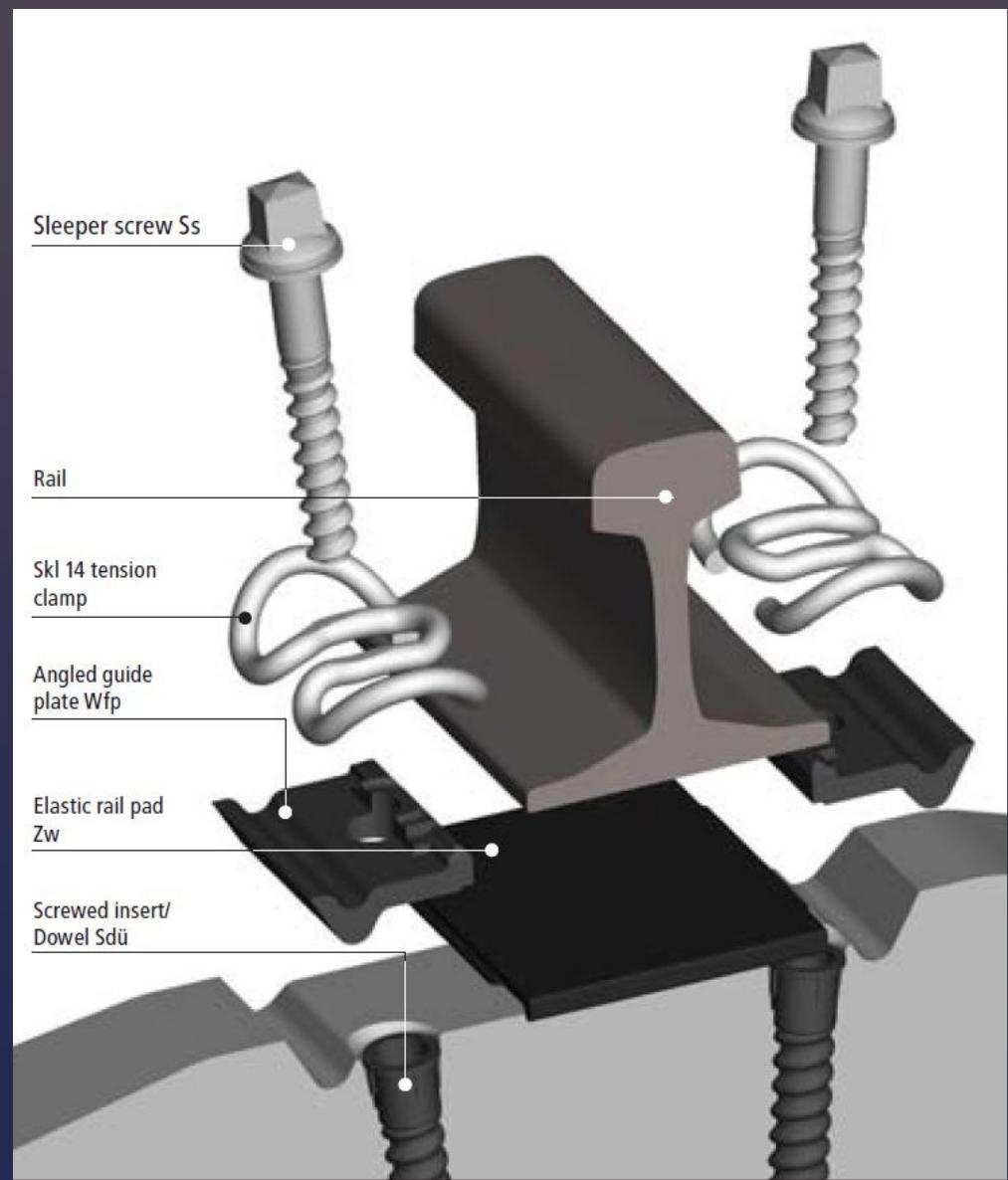


Przytwierdzenia szyn

Przytwierdzenie typu Vossloh - sprężyste (niemieckie)

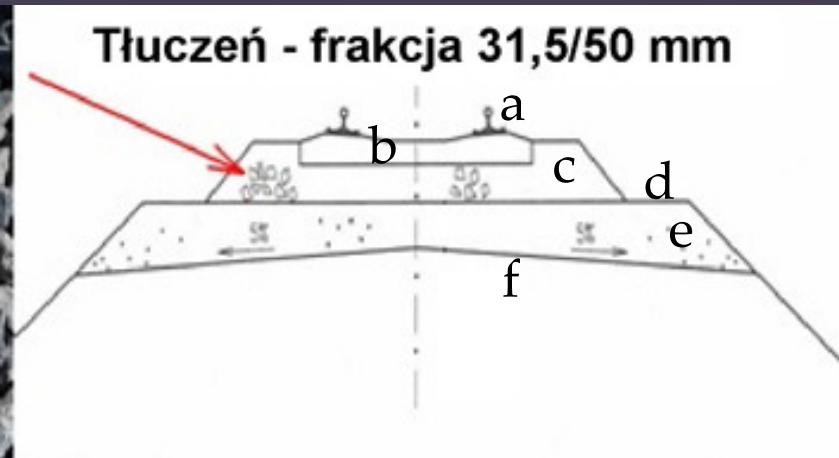
Części składowe:

- a) podkładka podszynowa
 - b) wkładki dystansowe
 - c) łapki sprężyste Skl-14
 - d) wkręty



Podsypka

Warstwa zagęszczonego tłucznia (rzadziej żużla wielkopiecowego, zwiru lub pospółki) ułożona pod podkładami na torowisku, wypełniająca przestrzeń między podkładami



- a) szyna
- b) podkład
- c) podsypka
- d) ława torowiska
- e) warstwa ochronna
- f) nasyp

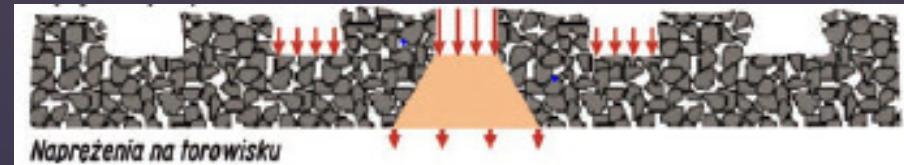
Najczęściej stosowaną podsypką jest tłuczeń (kruszywo kamienne łamane) o uziarnieniu $31,5 \div 50$ albo 63 mm

Grubość warstwy podsypki jest przyjmowana w granicach od 16 cm do 35 cm, w zależności od rodzaju podkładów i klasy technicznej toru

Podsypka

Rola podsypki:

- przeniesienie nacisków przekazywanych przez podkłady na torowisko
- możliwie równomierny rozkład nacisków podkładów na powierzchnię torowiska
- odprowadzenie wód opadowych z otoczenia podkładów na boki torowiska, aby utrzymać podtorze w możliwie suchym stanie
- przeciwdziałanie podłużnemu i poprzecznemu przesunięciu rusztu torowego (utrzymanie podkładów w położeniu zaprojektowanym)
- tłumienie drgań toru przekazywanych na podtorze



źródło: W. Koc i inni „Drogi szynowe”

Podsypka

Właściwości podsypki zależą od:

- rodzaju materiału skalnego (skład mineralogiczny i chemiczny)
skały: magmowe (granit, bazalt, melafir, diabaz); metamorficzne - z wyjątkiem wapieni krystalicznych i łupków; osadowe - takie jak piaskowce kwarcowe o lepiszczu krzemionkowym
- cech fizycznych (wytrzymałość mechaniczna, ścieralność, kruchosć, mrozoodporność)
- składu granulometrycznego (wielkość i kształt ziaren)
- zdolności filtracyjnych kruszywa

Podsypka jest najbardziej odkształcalnym elementem nawierzchni kolejowej.

Pracuje w stanie sprężysto-plastycznym, tzn. doznaje odkształceń trwałych. Odkształcenia trwałe kumulują się.

Narastanie odkształceń trwałych postępuje bardzo szybko, gdy podsypka jest zanieczyszczona.

Podsypka

Rodzaje zanieczyszczeń:

- pozostawiane przez człowieka (np. śmieci i butelki wyrzucane z okna pociągu)
- naturalne, takie jak np. ziemia, trawa, liście, itp.
- zapylenie (ścieranie się)
- usypy małkich substancji z wagonów



Podsypka musi być co pewien okres czyszczona.

Zanieczyszczenia przy równoczesnym zawilgoceniu powodują pokrycie ziaren tłucznia mazią, która zmniejsza tarcie między ziarnami.

Ziarna łatwiej przesuwają się względem siebie - co może powodować zwiększenie osiadań i zmianę kształtu pryzmy podsypki w przekroju oraz przebiegu toru w planie i profilu.

Podsypka

Do oczyszczania tłucznia wykorzystuje się:
oczyszczarki tłucznia

specjalne maszyny, które jadąc po torach wybierają,
czyszczą i układają z powrotem tłuczeń.

Maszyny te sięgają przy oczyszczaniu poziomu ławy
torowiska.



Standardy konstrukcyjne nawierzchni

Wymagania dotyczące elementów konstrukcyjnych nawierzchni są określone przez standardy konstrukcyjne.

Standardy konstrukcyjne nawierzchni określają:

- typ szyn,
- typ, rodzaj i rozstaw podkładów,
- typ przytwierdzeń i złączy,
- rodzaj i grubość warstwy podsypki.

Są przyporządkowane do danej klasy technicznej toru.

Wyróżnia się 6 klas technicznych torów.

W każdej z nich można stosować kilka równorzędnych standardów konstrukcyjnych.

Klasy techniczne torów

Warunki klasyfikacji torów kolejowych

Klasy techniczne torów	Dopuszczalna prędkość pociągów [km/h]	Obciążenie przewozami w [Tg/rok]	Uwagi
1	2	3	4
0	200	nienormowane	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 i podatności utrzymaniowej ...”
1	120 140 160	powyżej 25	
2	80 100	16-25	
3	70 80	9-15	
4	60 70	4-8	
5	30 40	0-3	

Przykład standardu konstrukcyjnego

Standard konstrukcyjny dla toru klasy 0

Wariant	Typ szyny	Rodzaj podkładów	Maksymalny rozstaw podkładów [m]	Rodzaj przytwierdzenia	Minimalna grubość podsypki pod podkładem [m]
1	2	3	4	5	6
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

Instrukcja PKP PLK Id-1 (D-1) „Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych” proponuje od 2 do 6 wariantów standardu konstrukcyjnego nawierzchni dla każdej klasy toru.