

# Badania ugięć nawierzchni ugięciomierzem laserowym TSD oraz rozpoznanie konstrukcji drogowej metodą GPR

Jacek Sudyka

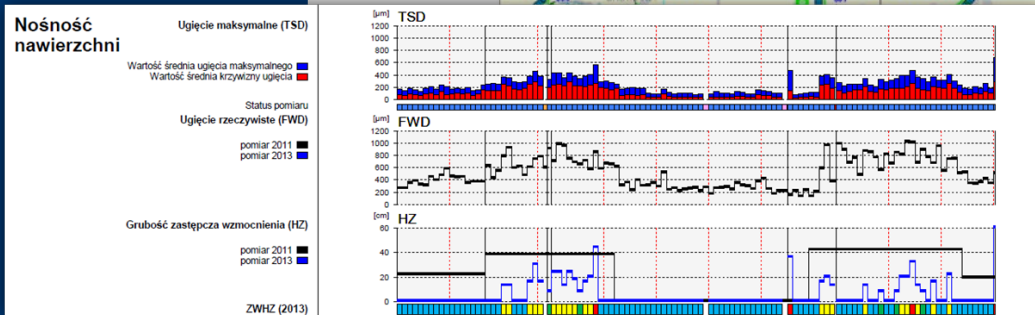
Kierownik Pracowni Diagnostyki Konstrukcji Drogowych

14 kwietnia 2025 r., Warszawa



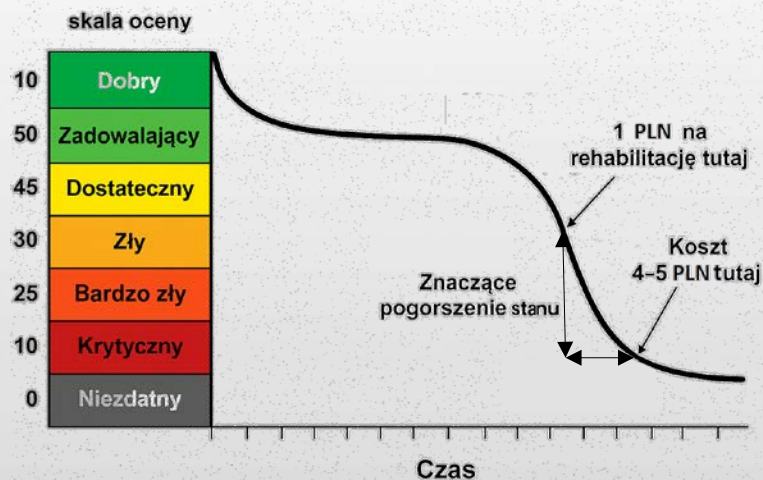
Stosowanie ugięciomierza TSD (*Traffic Speed Deflectometer*) w monitoringu sieci drogowej daje możliwość odejścia od zarządzania reaktywnego na rzecz **nowoczesnego zarządzania proaktywnego**

Dlaczego?



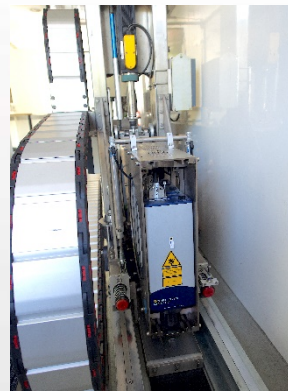
## Zalety stosowania TSD:

- **identyfikacja zmian nośności przed wystąpieniem objawów (np. pęknięcia, koleiny)**
- detekcja zmian w czasie i możliwość predykcji stanu na podstawie rzeczywistych danych
- pełne pokrycie sieci drogowej –  
**optymalizacja procesu planowania**



## Podstawowa charakterystyka ugięciomierza TSD:

- pomiar ciągły (min 54mm)
- obciążenie nominalne 10 ton na oś;  
pomiar zmian obciążenia
- 11 czujników laserowych (w tym 3 za osią obciążenia)
- georadar z anteną 2 GHz typu horn
- skaner laserowy LCMS
- kamera ROW
- czujnik laserowy (IRI)

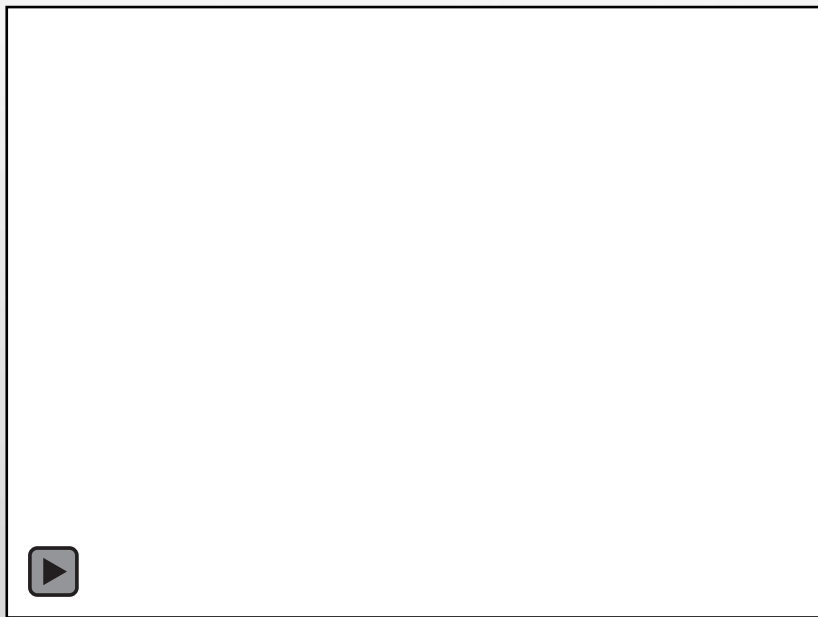


## Podstawowa charakterystyka ugięciomierza TSD:

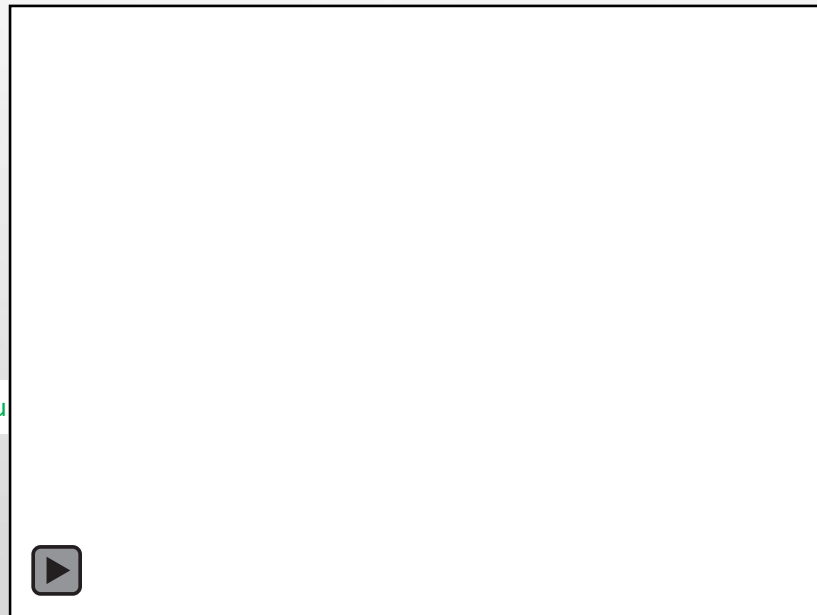
- wykorzystanie efektu Dopplera w pomiarze prędkości ugięcia
- nachylenie ugięcia obliczane jako iloczyn prędkości ugięcia i prędkości poziomej
- model Eulera-Bernoulliego sztywnej belki na podłożu podatnym jako bazowy w obliczeniu ugięć, wsparty modelem statystycznym
- parametry (D, SCI) obliczane w każdej lokalizacji (podejście Lagrangiana)



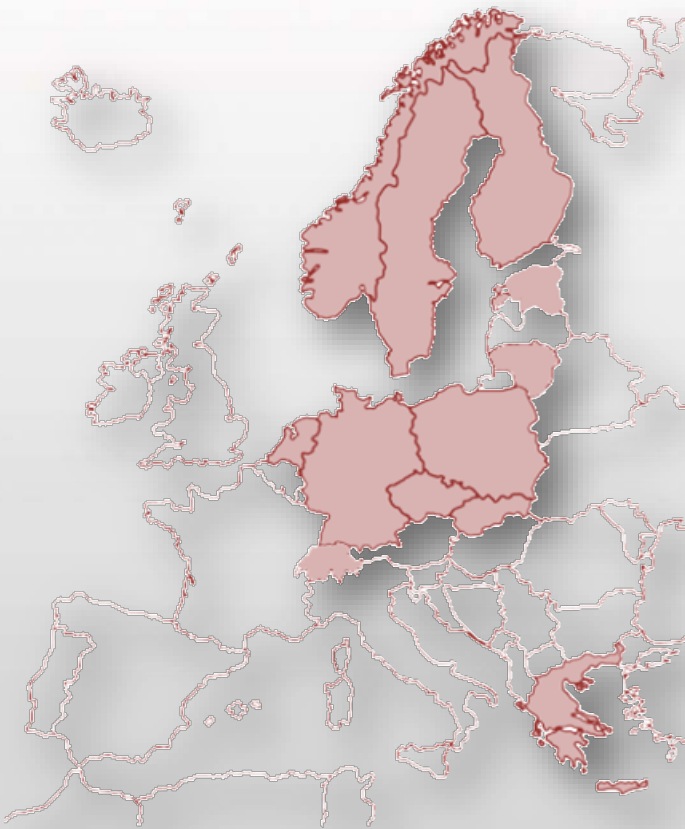
dodatkowe czujniki Dopplera za osią obciążenia – niepotrzebny gadżet?



miaru



możliwość obserwacji dynamicznych zmian kształtu czaszy ugięć związanych z właściwościami  
lepkosprężystymi nawierzchni asfaltowych

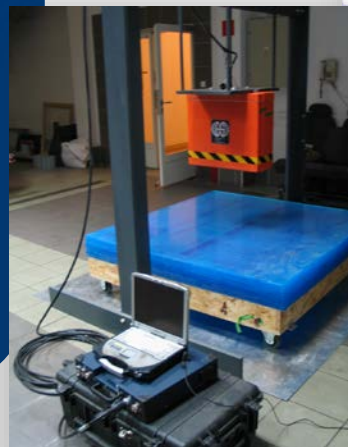


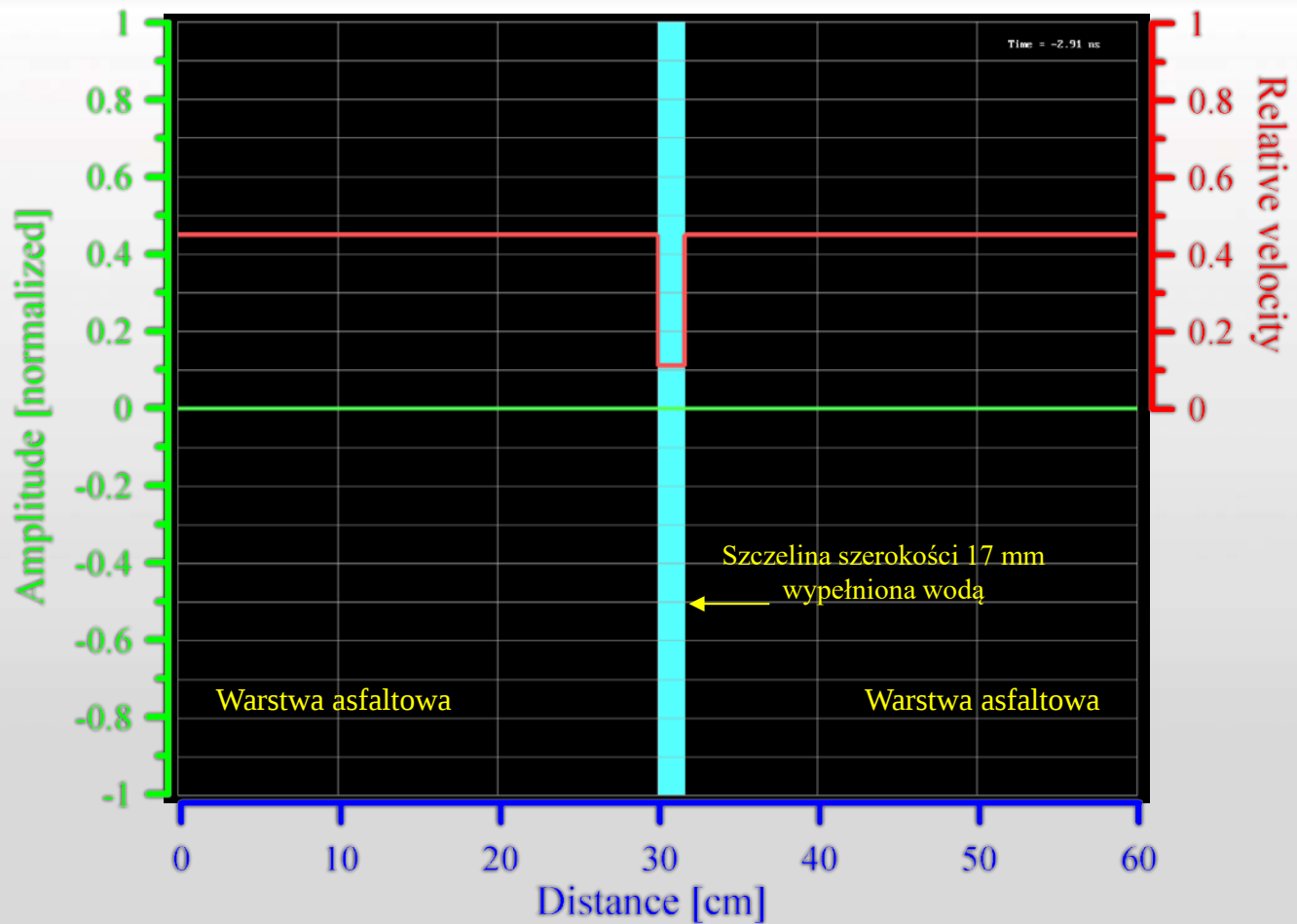
- zrealizowano łącznie ponad 30 projektów obejmujących wdrożenia, badania i rutynowe pomiary sieci drogowych
- wykonano łącznie ponad 40 000 km pomiarów ugięć
- najwyżej położony odcinek na wysokości 1210 m n.p.m. (Norwegia)



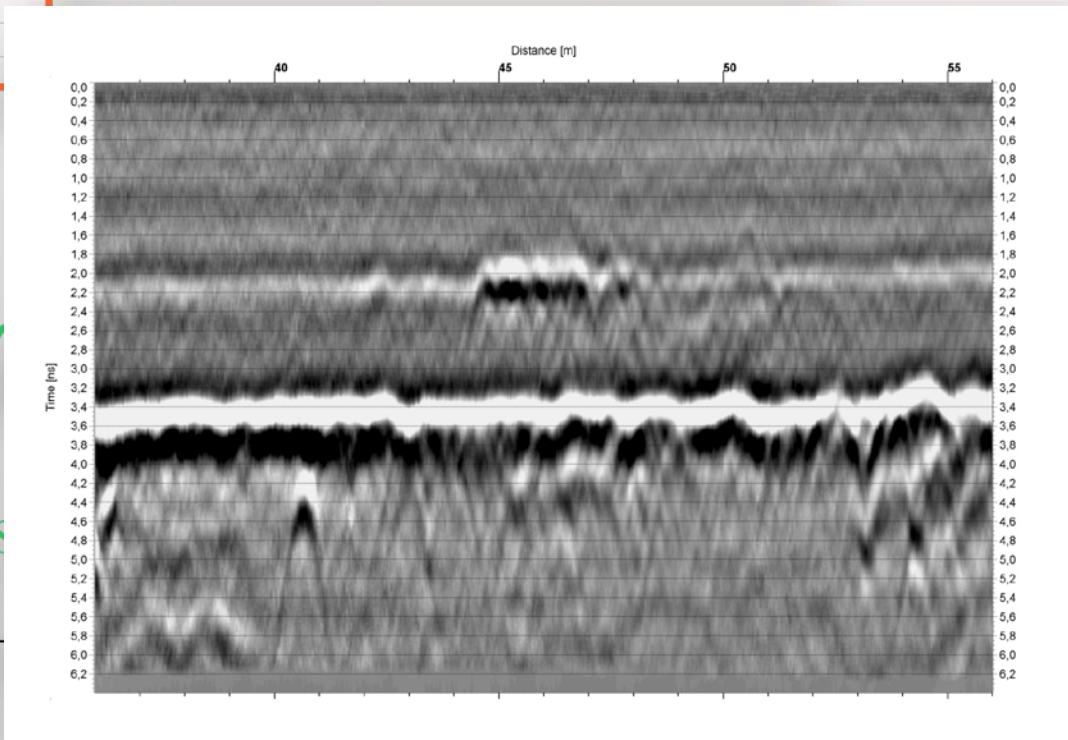
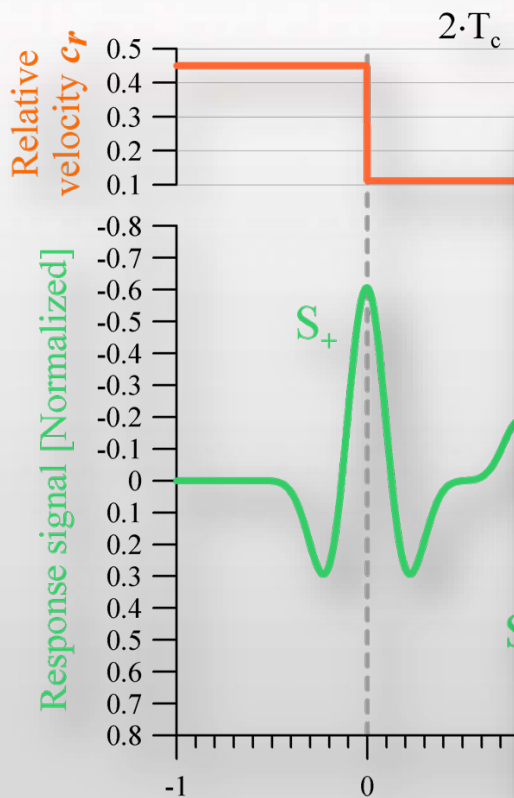
## Aktywność Zakładu TD w zakresie stosowania GPR (Ground Penetrating Radar)

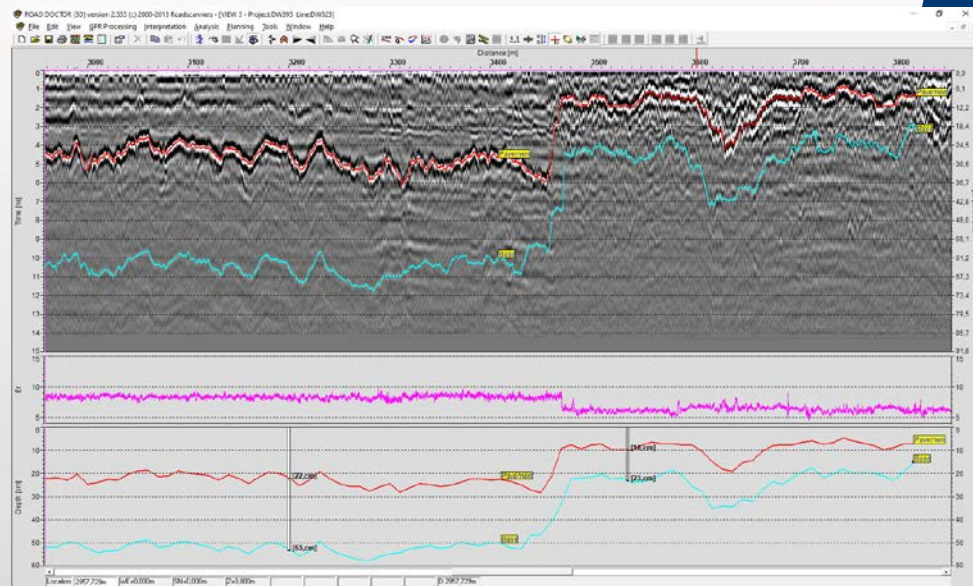
1. Opracowanie i wdrożenie metod georadarowych przydatnych w praktyce budowy i utrzymania dróg:
  - analiza konstrukcji warstwowych,
  - ocena połączeń międzywarstwowych,
  - wykrywanie i badanie pęknięć,
2. Rozwój narzędzi niezbędnych do interpretacji pomiarów: procedury pomiarowe, modelowanie numeryczne i metody przetwarzania danych.





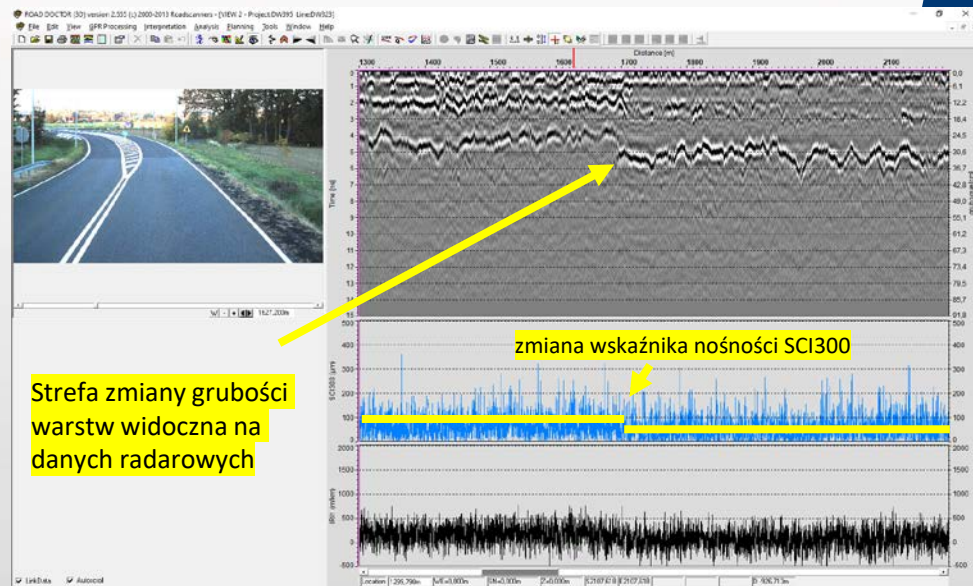
## Wet crevice





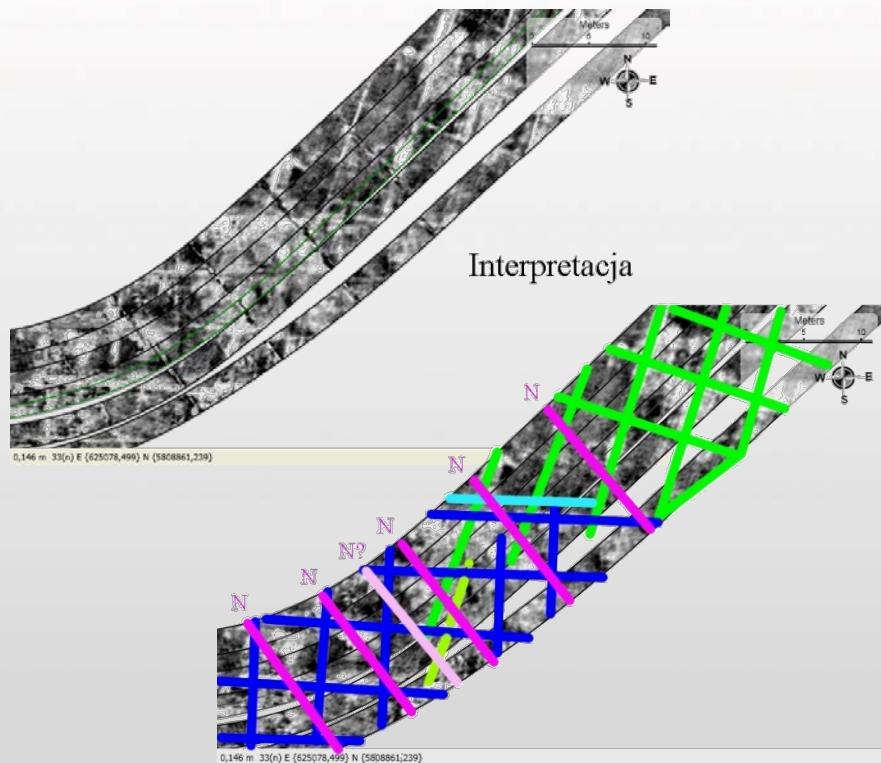
## Zalety stosowania GPR:

- bezinwazyjność pomiaru, ograniczenie liczby odwiertów
- możliwość wykonywania pomiarów przy normalnym ruchu drogowym
- wysoka rozdzielczość danych umożliwia identyfikację cienkich warstw i niewielkich niejednorodności w strukturze nawierzchni (np. brak szczepności między warstwami)



## Synchronizacja z TSD:

- określenie przyczyn zmian wartości ugięć nawierzchni,
- precyzyjniejsza analiza struktury konstrukcji, z uwzględnieniem zawilgoceń, pustek itp.
- dokładniejsze dopasowanie modelu konstrukcji w obliczeniach trwałości zmęczeniowej nawierzchni



## Zastosowanie profilowania 3D na nawierzchni z płyt betonowych:

- rysunek górny – cięcie poziome (widok z góry) nawierzchni na głębokości 14 cm
- rysunek dolny – interpretacja układu płyt i ich pęknięć występujących na różnych głębokościach



**INSTYTUT BADAWCZY  
DRÓG I MOSTÓW**  
ROAD AND BRIDGE  
RESEARCH INSTITUTE

1955 - 2025

Jacek Sudyka  
[jacek.sudyka@ibdim.edu.pl](mailto:jacek.sudyka@ibdim.edu.pl)

