

GRUNTY WYSADZINOWE – wyzwanie dla drogownictwa

ANNA GÓRSKA-PAWLICZUK

Zakład Geotechniki i Budownictwa Drogowego

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

WYSADZINOWOŚĆ

- zdolność ośrodka gruntowego do zwiększania objętości na skutek procesu zamrażania, powstania soczewek lodowych i ich zwiększania wskutek kapilarnego podciągania wody gruntowej do strefy przemarzania.

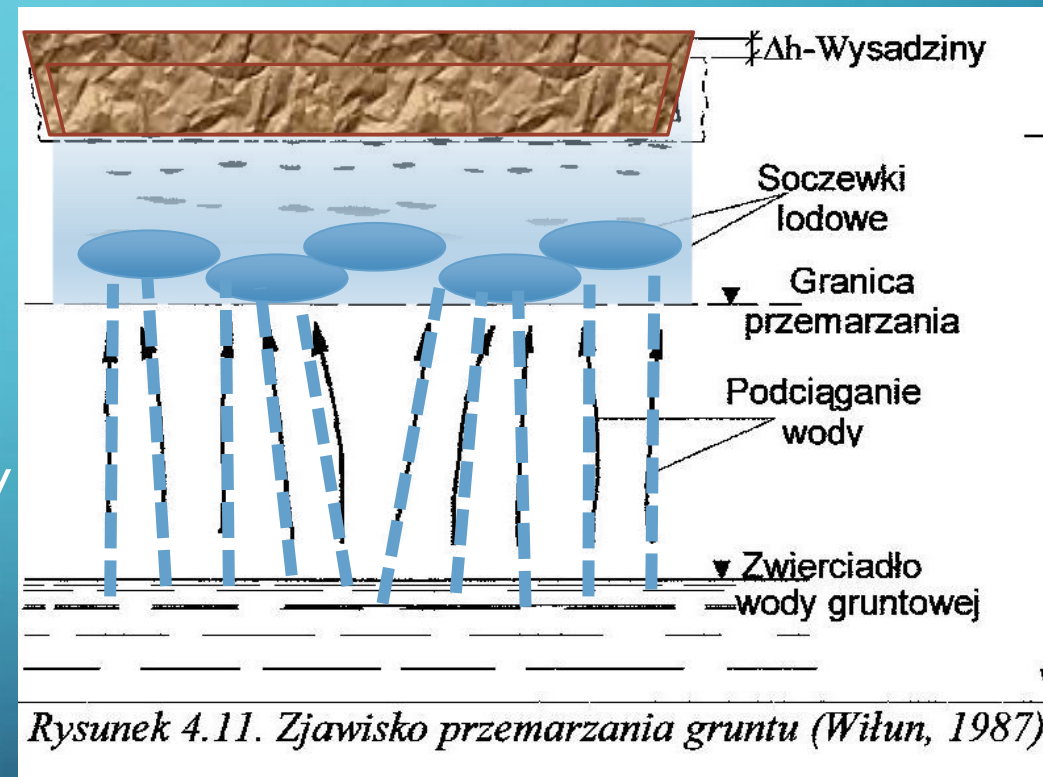
Czynniki wpływające na wystąpienie wysadzin (Rolla, 1993):

- Ujemna temp.,
- Czas działania mrozu,
- Głębokość przemarzania gruntu
- Wilgotność gruntu
- Rodzaj gruntu i jego uziarnienie
- Występowanie płytkiego zw. wody grunt
- Kapilarność i wodoprzepuszczalność

ZJAWISKO WYSADZINOWOŚCI

Kolejność zachodzących procesów tworzących wysadzinowość:

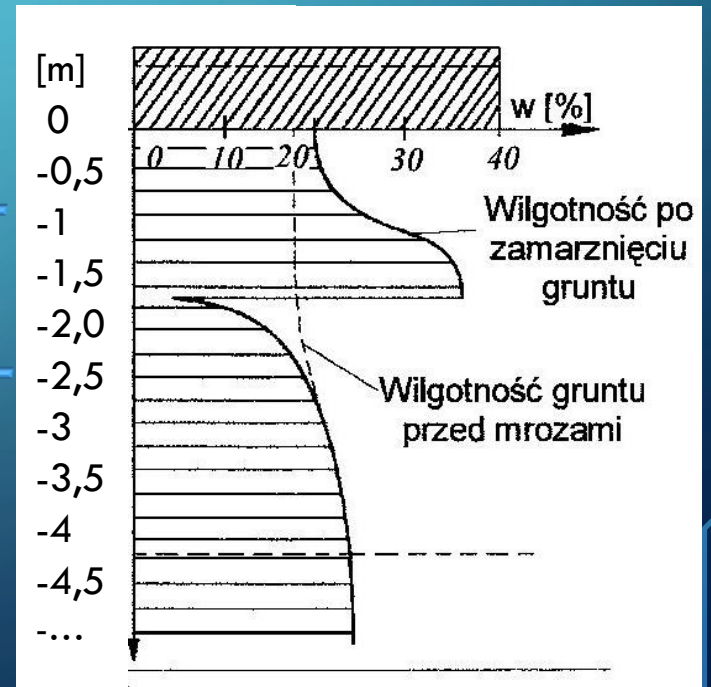
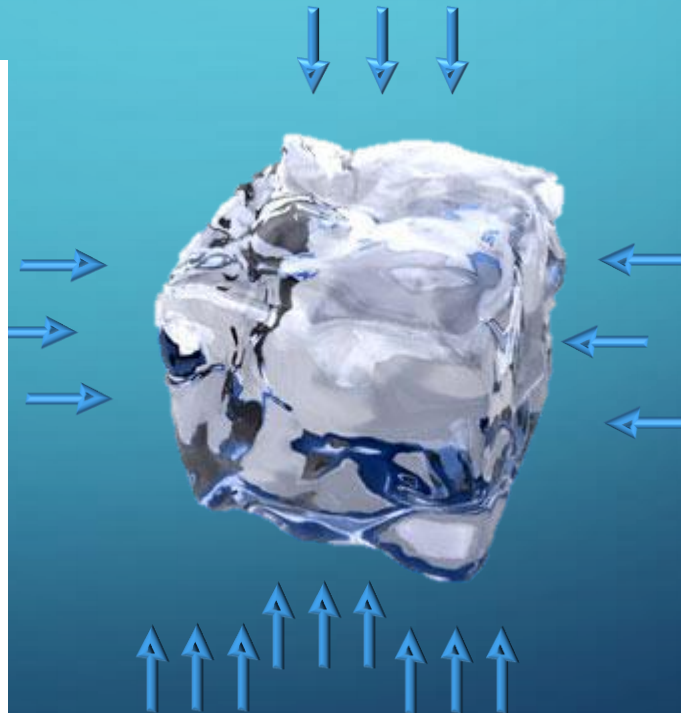
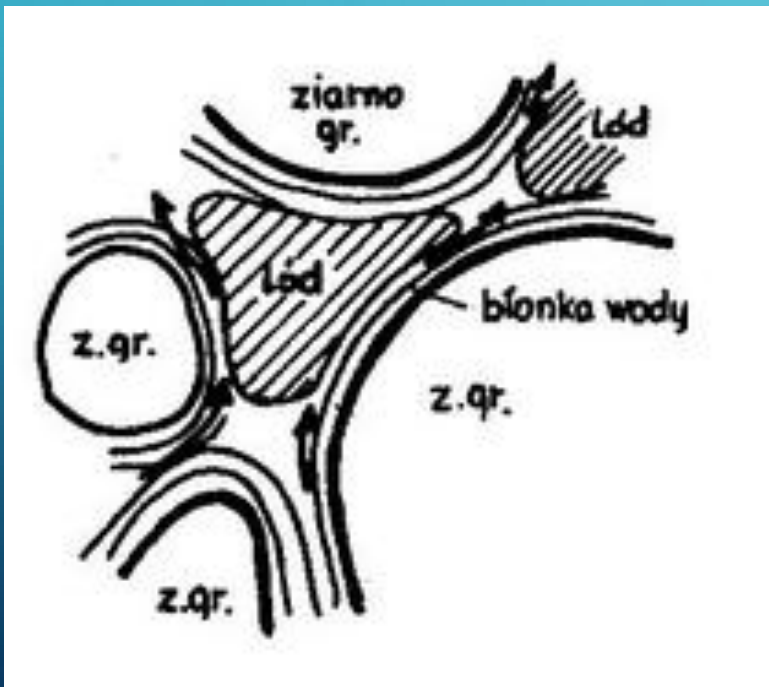
1. Zamarznięcie podłoża gruntowego
2. Tworzenie się soczewek lodowych
3. Podciąganie kapilarne wody z podłoża gruntowego znajdującego się poniżej strefy przemarzania do soczewek lodowych
4. Zwiększanie objętości soczewek lodowych i podłoża gruntowego



Gdy dochodzi do powolnego procesu zamarzania, soczewki lodowe powstają w wyższych partiach zamrożonego gruntu.

WODA - czynnik wysadzinowości

1. Wody gruntowe
2. Wody opadowe i roztopowe – wody infiltrujące
3. Wody z podtopień awaryjnych (zatkane rowy, awarie wodociągowe)



GRUNTY WYSADZINOWE, cechy ośrodka gruntowego

- Spoiste, zawierające znaczną część frakcji pyłowej i iłowej
- To grunty zawierające więcej niż 10% cząstek o średnicy mniejszej niż 0.02 mm
- O niskim współczynniku wodoprzepuszczalności (k_{10}) i wysokim podciąganiem kapilarnym
- Najniekorzystniejszy efekt wysadzinowości występuje przy uśrednionych wartościach wodoprzepuszczalności i kapilarności, dających maksymalny iloczyn tychże wartości fizycznych gruntu; np. grunty o dużej zawartości frakcji pyłowej takie jak lessy

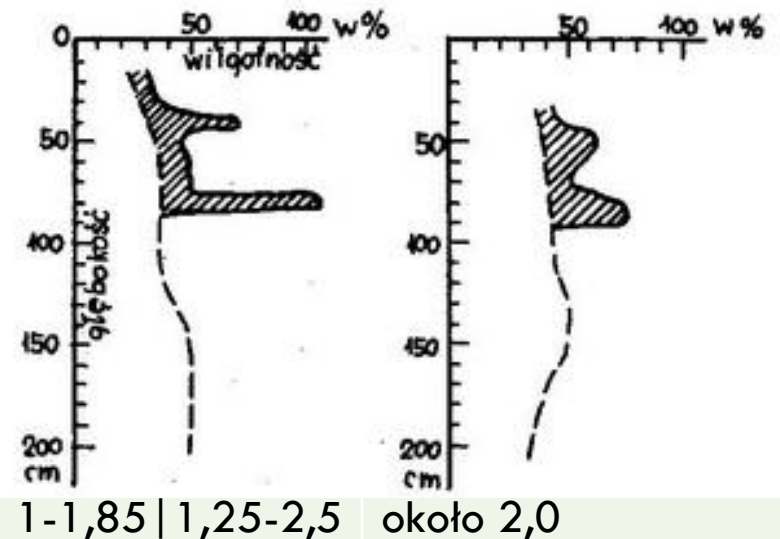
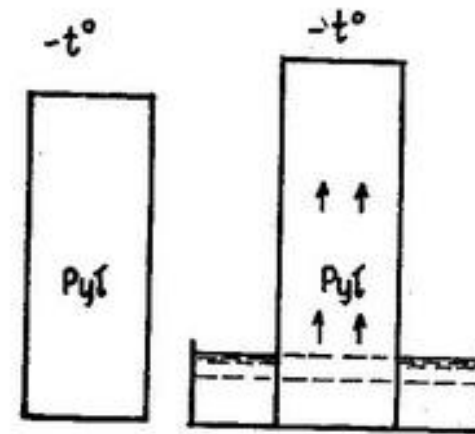
Klasyfikacja gruntów wysadzinowych

- Podział ze względu na wskaźnik różnoziarnistości U według Casagrande, 1934

Kryteria podziału gruntów	WYSADZINOWE	
- równoziarniste ($1 \leq U < 5$)	$U > 15$, zawartość	$U < 5$, zawartość
- różnoziarniste ($5 \leq U \leq 15$)	cząstek mniejszych od	cząstek mniejszych od
- b. różnoziarniste ($U > 15$)	0,02 mm jest $> 3\%$	0,02 mm jest $> 3\%$

- Podział ze względu na wskaźnik różnoziarnistości U , pochodzenia kapilarnego według Beskowa, 1935

Kryteria podziału gruntów	NIEWYSADZINOWE		WYSADZINOWE jedn. poziom zw. wód grunt. i
Pochodzenie gruntów	Osadzone w wodzie		w wodzie
Średnia śr. d_{50} mm	0,1	-	0,1-0,07 0,8-0,05
Zawartość % frakcji:			
<0,062 mm	< 33	15	30-50
<0,125 mm	15	22	-
Kapilarność bierna, m	< 1,0		1-1,85 1,25-2,5



Klasyfikacja gruntów wysadzinowych

- Podział gruntów ze względu na uziarnienie, cechy absorpcyjne cząstek i kapilarne porów, a także skład mineralogiczny grunty według **Wiłuna, 1998**

Grupy	Opis gruntu				Wysadzinowość
	Kapilarność	Zawartość cząstek	Rodzaj gruntu	Rozpoznanie	
A	$H_{kb} < 1,0 \text{ m}$	mniej niż <20% cząstek < od 0,05 mm oraz mniej niż 3% cząstek mniejszych niż 0,02 mm	<ul style="list-style-type: none"> - piaski - żwiry - pospółki 	Po wysuszeniu nie tworzą bryłek	NIEWYSADZINOWE
B	$H_{kb} < 1,3 \text{ m}$	20-30% cząstek < 0,05 mm i 3-10% cząstek < 0,02 mm	<ul style="list-style-type: none"> - b. drobne piaski - piaski próchnicze - piaski pylaste 	Po wysuszeniu tworzą lekko spójne bryłki, po lekkim ściśnięciu rozsypują się	WĄTPLIWE, przy kapilarności > 1,3 m → WYSADZINOWE
C	$H_{kb} > 1,3 \text{ m}$	więcej niż 30% cząstek < 0,05 mm i więcej niż 10% cząstek < 0,02 mm	<ul style="list-style-type: none"> -grunty spoiste -namuły org. 		WYSADZINOWE

Klasyfikacja gruntów wysadzinowych

- Podział gruntów pod względem wysadzinowości, według **Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, 2013**

Właściwości		Grupy gruntu			
		NIEWYSADZINOWE	WĄTPLIWE	WYSADZINOWE	
Rodzaj gruntu wg PN-B-02480		- Rumosz niegliniasty (KR) - Żwir (Ż) - Pospółka (Po) - Piasek gruby (Pr) - Piasek średni (Ps) - Piasek drobny Pd - Żużel nierozpadowy	-Piasek pylasty (Pπ) -Zwierzelina gliniasta (KWg) -Rumosz gliniasty (KRg) -Żwir gliniasty (Żg) -Pospółka gliniasta (Pog)	<u>Grunty mało wysadzinowe:</u> - Glina piaszczysta zwięzła (Gpz) - Glina zwięzła Gz - Ił (I) - Ił piaszczysty Ip - Ił pylasty (Iπ)	<u>Grunty bardzo wysadzinowe</u> - Piasek gliniasty Pg - Pył piaszczysty πp - Pył (π) - Glina piaszczysta (Gp) - Glina (G) - Glina pylasta - Ił warwowy
Zawartość cząstek, %	$\leq 0,063$ $\leq 0,02$	< 15 < 3	$15 - 30$ $3 - 10$	> 30 > 10	
Wskaźnik piaskowy		> 35	$25 - 35$	< 25	
Kapilarność H_{kb}, m		$< 1,0$	$1,0 \div 1,3$	$> 1,3$	

Grupy nośności podłoża

- Grupy nośności podłoża G_i dotyczące różnych gruntów w zależności od warunków wodnych, według **Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych oraz podatnych i półsztywnych, 1997 a 2013**

Lp.	Rodzaj gruntów podłoża	Grupa nośności podłoża nawierzchni G_i gdy warunki wodne są:		
		dobrze	przeciętne	złe
1	<u>Grunty niewysadzinowe</u> ($WP > 35$) \dot{Z} , P_o , P_r , P_s , P_d , rumosze skalne, żuźle nierozpadowe	G1	G1	G1
2	<u>Grunty wątpliwe</u> ($WP = 25 \div 35$) P_π , \dot{Z}_g , P_{og} , rumosze i zwiędziny gliniaste	G1	G2	G2
		G1 G2	G2	G3
3	<u>Grunty wysadzinowe</u> ($WP < 25$) G_z , G_p , G_π , I, I_p , I_π <u>Grunty bardzo wysadzinowe</u> P_g , Π_p , Π , G, G_p , G_π , I warwowe	G2 G3	G3 G4	G4
		G3 G4	G4	G4

Sprawdzenie wymaganej odporności na wysadziny

- według Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych oraz podatnych i półsztywnych, 2013

Tablica 9.5. Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża ze względu na odporność na wysadziny

Lp.	Kategoria obciążenia ruchem	Grupa nośności podłoża z gruntów wątpliwych i wysadzinowych		
		G2	G3	G4
1.	2	3	4	5
1.	KR1	0,40 h _z	0,50 h _z	0,60 h _z
2.	KR2	0,45 h _z	0,55 h _z	0,65 h _z
3.	KR3	0,50 h _z	0,60 h _z	0,70 h _z
4.	KR4	0,55 h _z	0,65 h _z	0,75 h _z
5.	KR5	0,60 h _z	0,70 h _z	0,80 h _z
6.	KR6 i KR7	0,65 h _z	0,75 h _z	0,85 h _z

Najbardziej narażone na przemarzanie są konstrukcje lekkie (KR1-KR3), które ze względu na nośność są konstrukcjami cienkimi, a udział podłoża w pracy tych konstrukcji jest największy.

Głębokość przemarzania w Olsztynie h_z = 1,0 m

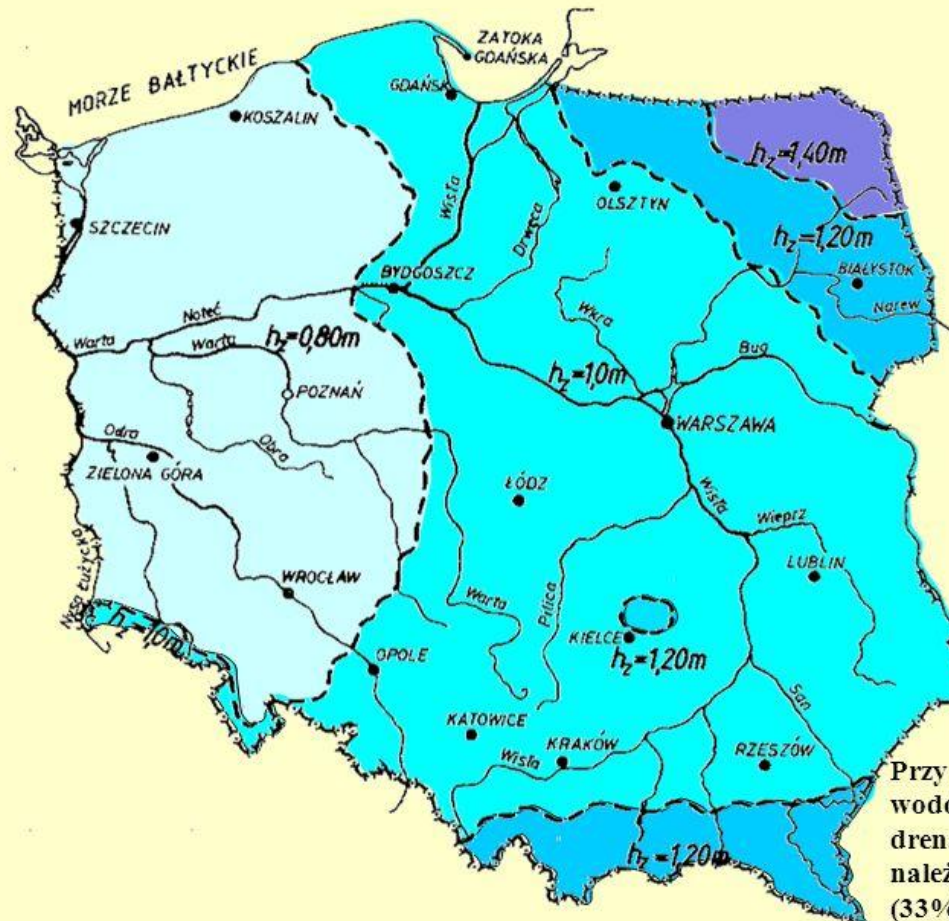


GŁĘBOKOŚĆ PRZEMARZANIA

- Jest wielkością przybliżoną, bazującą na założeniach nie uwzględniających całości zjawisk fizycznych zachodzących przy przemarzaniu ośrodka gruntowego (Rückli, 1950)

W krajach takich jak Stany Zjednoczone czy Rosja, głębokość przemarzania wyznaczana jest na podstawie wskaźnika mrozu czy sumie ujemnych śr. temp. miesięcznych wg wieloletnich obserwacji meteorologicznych.

Strefy głębokości przemarzania na terenie Polski dla celów fundamentowania wg PN-81/B-03020



z 1981r

Przy projektowaniu sieci wodociągowych, kanalizacyjnych oraz drenaży głębokości podane na mapie należy powiększyć co najmniej o 1/3 (33%)

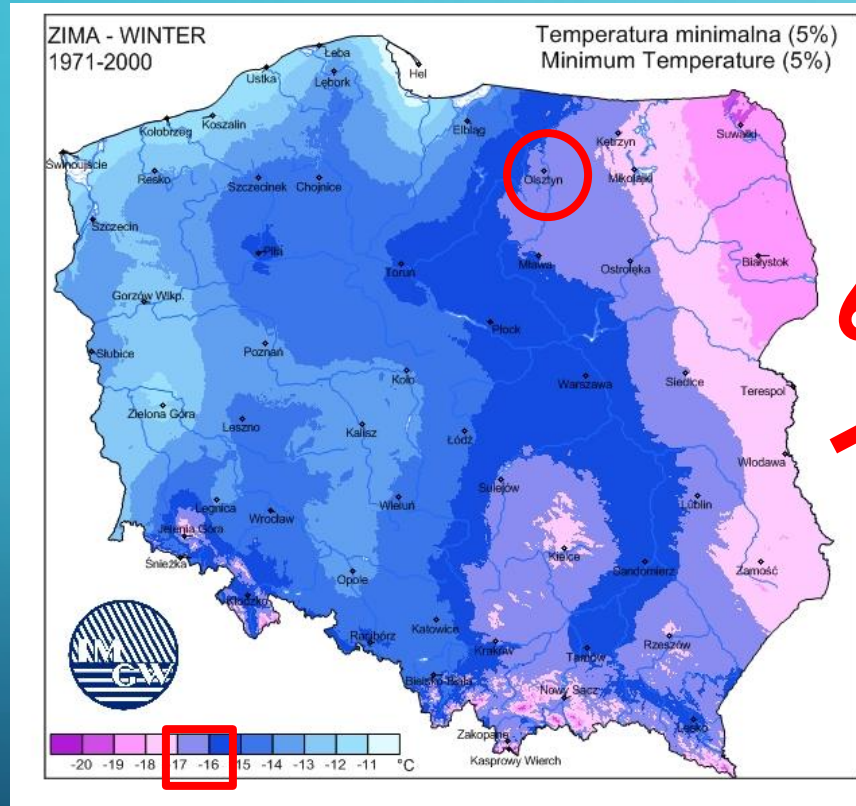
Ocieplenie klimatu Polski, stan w okresie zimowym

1971-2000

średnia temp minimalna w Olsztynie to **-16°C**

2004-2016

średnia temp minimalna w Olsztynie to **-10°C**



Olsztyn (137m)

diagram Planista Podróży (Zalanyj Podróż) Robot Klimatu

dzień przyjazdu: 01 stycznia czas trwania: 1 tydzień idź

Okres: 01.01 - 08.01

tekst tabela

Statystyczne Warunki Pogodowe

Przeciętne warunki pogodowe w: Olsztyn
Średnia maksymalna dobową temperaturę zmieniała się od **-6°C** do **5°C**. Nocą występowały znaczące wahania temperatury pomiędzy a **-10°C** do **2°C**.
Przeciętnie wiatr był łagodny, o sile 3 Bft (skala Beauforta). Analiza oparta na danych z ostatnich 12 lat.

www.weatheronline.pl/weather/maps/city

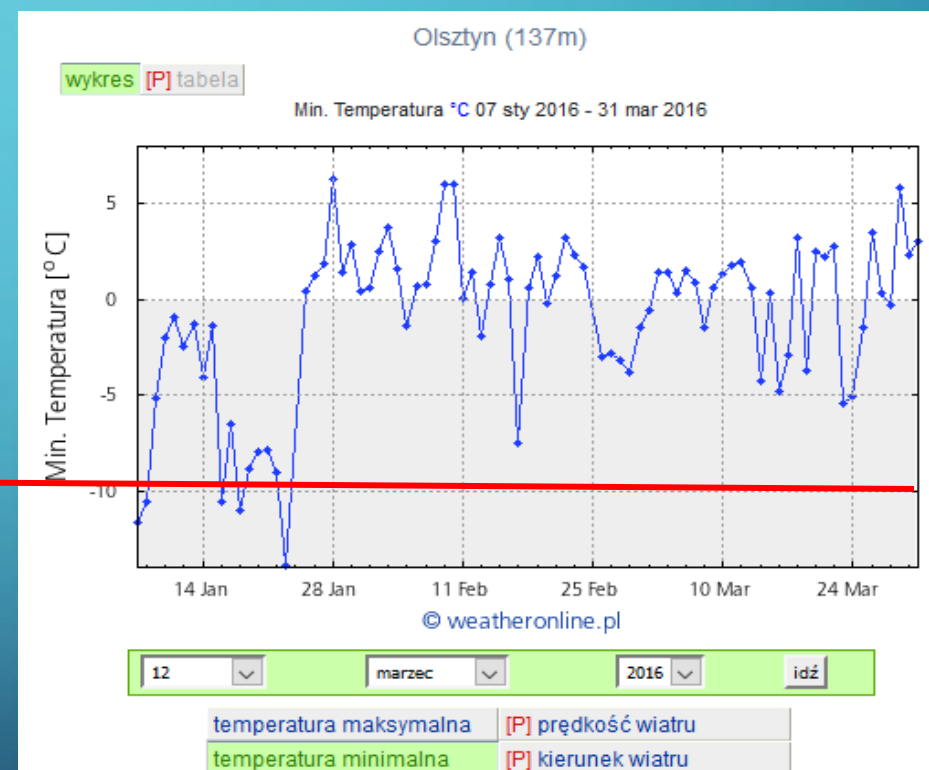
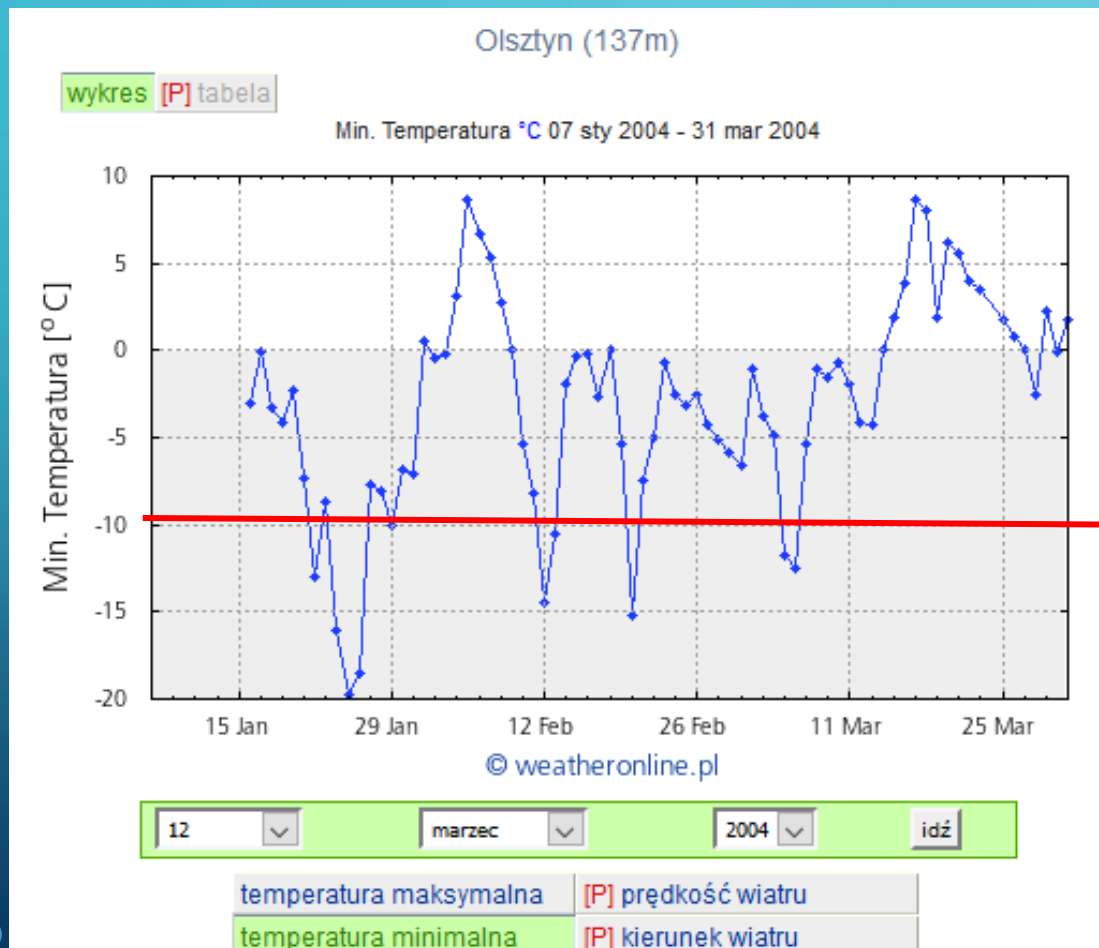
6°C

W stosunku do obserwacji wieloletnich z lat 1971-2000 wystąpiła w okresie 2004-2006 lekka tendencja ocieplenia klimatu Polski i mniejszej ilości opadów atmosferycznych (TN-256: Weryfikacja i uaktualnienie Katalogu Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, IBDiM 2012)

Temperatura minimalna w okresie zimowym na przykładzie miasta Olsztyn

styczeń – marzec 2004

styczeń – marzec 2016



www.weatheronline.pl/weather/maps/city

Negatywne efekty zjawiska wysadzinowości

A. Na podłoże gruntowe

- zmiana cech fizycznych: zwiększenie wilgotności podłoża gruntowego, zmniejszenie gęstości objętościowej szkieletu gruntowego
- pogorszenie się parametrów wytrzymałościowych gruntu tj.: spójność, kat tarcia wewnętrznego, edometryczny moduł ścisłości, moduł odkształcenia
- osłabienie nośności podłoża gruntowego (konstrukcji drogi)

B. Na funkcjonowanie obiektów inżynierskich

- torowiska -zmiany położenia toru w okresie przemarzania i gwałtowne jego odkształcanie się w okresie wiosennym
- przewody wodociągowe - zmiany naprężeń, pęknięcie poprzeczne lub przecieki na złączach
- budownictwo kubaturowe - zarysowania i pęknięcia
- wykopy i nasypy – pogorszenie warunków stateczności skarp w porze roztopów
- nawierzchnie drogowe – deformacja i zniszczenie nawierzchni

Skutki zjawiska wysadzinowości w drogownictwie

- **deformacje nawierzchni drogowej** powstają w wyniku odmarzania gruntu (przewilgocenie podłoża nawet do 200%) przy jednoczesnym działaniu obciążenia dynamicznego od kół pojazdów



Skutki zjawiska wysadzinowości w drogownictwie



Droga wojewódzka 538, woj. Warmińsko-mazurskie, okolice Nidzicy, 2010

Przeciwdziałanie zjawisku wysadzinowości w drogownictwie

- Zaostrzenie wymogów dotyczących mrozoodporności w katalogach i zaleceniach projektowych dla typowych nawierzchni sztywnych, półsztywnych i podatnych
- Izolacja konstrukcji drogi od gruntów wysadzinowych warstwą mrozochronną
- Powiększenie odległości niwelety drogi do zw. wód gruntowych (droga na nasypach)
- Obniżenie poziomu wód gruntowych oraz odwodnienie powierzchniowe
- Wymiana gruntu wysadzinowego w zasięgu głębokości przemarzania lub zastosowanie podsypki -Ż, Po, Pr, Ps- pod nawierzchnię
- Wykonanie podbudowy z gruntu stabilizowanego cementem lub bitumem
- Wzmocnienie gruntu geotekstyliami
- Odpowiedni system eksploatacji i utrzymania dróg przed i po okresie występowania mrozów w gruncie

Zabezpieczenie istniejących nawierzchni drogowych narażonych na zjawisko wysadzinowości

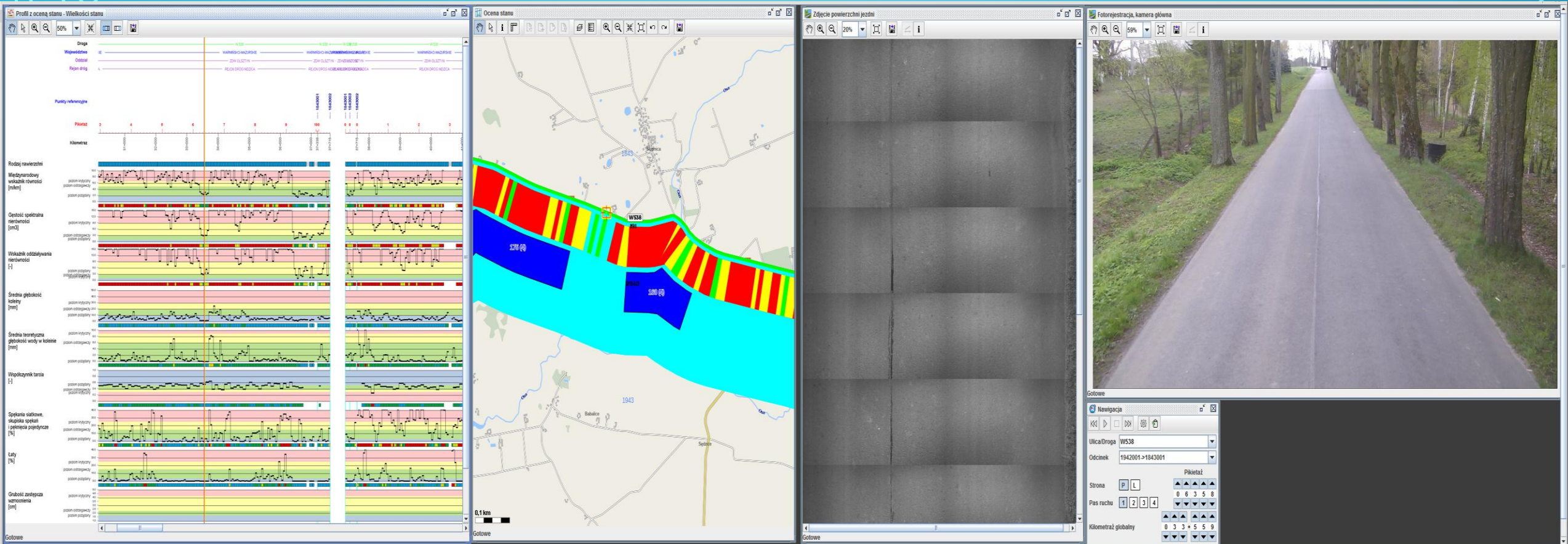
- Wzmocnienie istniejącej nawierzchni przez pogrubienie konstrukcji, nadbudowa
- Odwodnienie podłoża, przez obniżenie zw. wód gruntowych
- Wykonanie drenażu podłużnego
- Udrożnienie przepustów i rowów melioracyjnych dla poprawy odwodnienia powierzchniowego
- Ograniczenie lub czasowe zamknięcie ruchu dla pojazdów ciężkich
- Monitoring odcinków dróg podatnych na zjawisko wysadzinowości
- Przewidywanie okresu możliwych przełomów i ich intensywności na podstawie obserwacji i prognoz meteorologicznych

Monitoring odcinków dróg podatnych na zjawisko wysadzinowości

The screenshot displays a multi-panel software interface for road management. The leftmost panel, titled "Profil z wynikami ewidencji", shows a vertical cross-section of the road with various data layers: "Droga" (Road), "Wzrostki" (Plantings), "Odcinek" (Section), "Pojazdy" (Vehicles), "Punkty referencyjne" (Reference points), "Pikietaż" (Mileage), "Kilometr" (Kilometer), "Stojowiska" (Stops), "Obiekty czyszczenia" (Cleaning objects), "Numer obiektu" (Object number), "Stanowiska jezdni" (Roadway stations), "Strona lewa" (Left side), "Znaki ostrzegawcze" (Warning signs), "Strona prawa" (Right side), "Znaki zakazu" (Prohibitory signs), "Znaki nakazu" (Mandatory signs), "Znaki kierunkowe" (Directional signs), "Znaki informacyjne" (Informational signs), "Znaki kierunkowe i informacyjne" (Directional and informational signs), "Znaki czyszczenia" (Cleaning signs), and "Znaki dodatkowe i tabliczki do znaków" (Additional signs and plates). The middle panel, "Województwo warmińsko-mazurskie", shows a map of the region with a green line indicating the road's location. The rightmost panel, "Fotorejestracja, kamera główna", shows a live camera feed of a road with a blue grid overlay. Below it, "Fotorejestracja, Prawa kamera boczna" shows a side-view camera feed. At the bottom right, a "Nawigacja" (Navigation) window displays "Ulica/Droga: W538", "Odcinek: 1942001->1943001", and "Pikietaż" (Mileage) controls.



Monitoring odcinków dróg podatnych na zjawisko wysadzinowości



WNIOSKI

- wzrost częstotliwości wahań temperatur w zakresie dodatnie-ujemne ($^{\circ}\text{C}$) powoduje zwiększenie zagrożenia zjawiskami wysadzinowości
- projektowanie konstrukcji nawierzchni drogowych powinno uwzględniać zróżnicowanie wysadzinowości gruntów
- należy rozważyć potrzebę aktualizacji mapy głębokości przemarzania gruntu w Polsce na podstawie danych meteorologicznych
- badanie temperatur w gruntach, a w szczególności głębokości ich przemarzania jest niezbędnym elementem diagnozowania wpływu wysadzinowości na eksploatację dróg