

Wpływ zanieczyszczenia olejem napędowym na uziarnienie i plastyczność mad z rejonu Warszawa-Siekierki



DOROTA IZDEBSKA-MUCHA
JERZY TRZCIŃSKI
MARTA KLEIN

WYDZIAŁ GEOLOGII UNIWERSYTET WARSZAWSKI

DZIEŃ DOBRY



dr Dorota Izdebska-Mucha



dr Jerzy Trzeciński

WSTĘP

- **Mady – termin genetyczny, osady aluwialne facji powodziowej akumulowane w dolinach: tarasy, w starorzecza, delty**
- **W Polsce budują holocenijskie tarasy zalewowe i nadzalewowe oraz tarasy plejstocenijskie większych rzek, np. Wisły i Odry**
- **Mady gliniaste powstałe – osady powodziowe rzeki meandrującej o spokojnym przepływie – seria I**
- **Mady pylasto-piaszczyste – osady rzeki dzikiej, roztokowej o szybkim przepływie – seria II**
- **Mady przemysłowe – osady antropogeniczne powstałe w wyniku zmiany naturalnych warunków sedymentacji na skutek przemysłowej działalności człowieka – seria III**
- **Miąższość: 1-2 m tarasy holocenijskie, tarasy plejstocenijskie najczęściej 3-4 m**
- **Zajmują ponad 7870 km², około 5% powierzchni kraju**

WSTĘP

- Zmienne warunki sedymentacji, zróżnicowana litologia, zmienna zawartość substancji organicznej (najczęściej do 10%)
- Zgodnie z PN-B-02480 (1986) zaliczane do grupy gruntów nieskalistych organicznych (zawartość części organicznych >2%)
- W geologii inżynierskiej i geotechnice określane wg PN nazwą namuły (Nm), z dodatkiem frakcji piaskowej namuły piaszczyste – Nmp, z dodatkiem frakcji iłowej namuły gliniaste – Nmg
- Duża zmienność cech litologicznych, niski stopień diagenety, wysoka wilgotność i zawartość substancji organicznej
- Mady – grunty słabe pod względem nośności (słabonośne)
- Obszary dolin rzecznych należą do trzeciej kategorii – skomplikowane warunki gruntowe

PROBLEMATYKA BADAWCZA MAD W LITERATURZE

- Falkowski (1967, 1970, 1980)
- Szczepankiewicz (1974)
- Frankowski (1980)
- Myślińska i in. (1982)
- Myślińska (1980, 1984, 2001, 2016)
- Stępień (1996)
- Wójcik (2003)
- Falkowska (2005)
- Roman i in. (2016)
- Kaczyński i in. (2009-2012), grant 3629/B/T02/2009/37

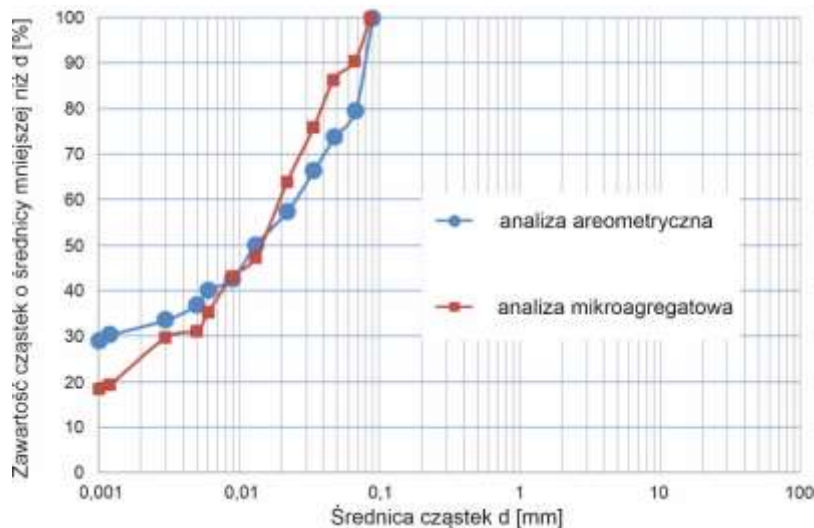
PROBLEMY

- **Tematyka zanieczyszczeń środowiska gruntowo-wodnego produktami ropopochodnymi jest ważna ze względu na postępujące procesy urbanizacji (rozwój przemysłu, infrastruktury drogowej oraz dystrybucji paliw)**
- **Potencjalne zagrożenie: rafinerie, stacje paliw, rurociągi, magazyny, bazy przeładunkowe, użytkownicy komunalni, awarie, wycieki paliw**
- **Produkty ropopochodne przyczyniają się do zagrożenia życia organizmów żywych oraz funkcjonowania ekosystemów na terenach skażonych**
- **Zanieczyszczone środowisko gruntowo-wodne wykazuje niekorzystne zmiany parametrów geologiczno-inżynierskich**
- **Plany zagospodarowania przestrzennego włączają obszary dolin rzecznych do terenów inwestycyjnych powodując potencjalne narażenie środowiska gruntowo-wodnego na zanieczyszczenie tymi produktami**

Cel badawczy

- **Głównym celem badań jest określenie wpływu zanieczyszczenia olejem napędowym na podstawowe, wskaźnikowe właściwości geologiczno-inżynierskie mad, takie jak uziarnienie i plastyczność**

Uziarnienie mad niezanieczyszczonych



Norma	Nazwa (symbol) i zakres frakcji uziarnienia [mm]			Nazwa gruntu Symbol
	Skład granulometryczny wg analizy areometrycznej [%]			
	Skład granulometryczny wg analizy mikroagregatowej [%]			
PN-B-0248 (1986)	piasekwa (f_p) 2,0-0,05	pyłowa (f_π) 0,05-0,002	iłowa (f_i) $\leq 0,002$	-
	27	42	31	ił/glina zwięzła I/G _z
	12 (-15)*	62 (+20)	26 (-5)	glina pylasta zwięzła G _{πz}
PN-EN ISO 14688	piasek (Sa) 2-0,063	pył (Si) 0,063-0,002	ił (CI) $\leq 0,002$	-
	21	48	31	ił z piaskiem i pyłem/ił z pyłem sasiCI/siCI
	9 (-12)	65 (+17)	26 (-5)	ił z pyłem siCI

* zmiana zawartości frakcji w stosunku do analizy areometrycznej

Skład mineralny i podstawowe parametry fizyko-chemiczne badanych mad

Parametr	Wartość
Wilgotność naturalna w_n [%]	29,5
Gęstość właściwa szkieletu gruntowego ρ_s [Mg/m ³]	2,69
Gęstość objętościowa gruntu ρ [Mg/m ³]	1,89
Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego ρ_d [Mg/m ³]	1,46
Porowatość n [%]	45,7
Wskaźnik porowatości e [-]	0,84
Pojemność sorpcyjna MBC [g/100g]	5,15
Powierzchnia właściwa S_t [m ² /g]	108
Pojemność wymiany kationowej CEC [meq/100g]	13,8
Powierzchnia zewnętrzna S_e [m ² /g]	21,8
Wskaźnik pęcznienia ε_p [%]	8,4
Skład mineralny [%]	
beidelit	22
kaolinit	7
substancja organiczna	1,5
węglany	0,5
minerały nieaktywne termicznie (kwarc, skalenie, minerały ciężkie)	69

- dominacja smektytu we frakcji iłowej;
- wysoka wilgotność, porowatość;
- niska gęstości objętościowa gruntu;
- niskie wartości parametrów sorpcyjnych oraz pęcznienia;
- wartości zgodne z danymi literaturowymi mad serii I z rejonu Warszawy (Myślińska, 1982)

Materiały – olej napędowy (ON)

OLEJ NAPEĐOWY

Ekodiesel Ultra B,D,F, Olej napędowy arktyczny klasy 2, EFECTA DIESEL B,D,F, VERA ON B,D,F

Karta charakterystyki: ON
(www.orldn.pl; 02.09.2021)

Data sporządzenia: 16.12.2005

Aktualizacja: 19.04.2021

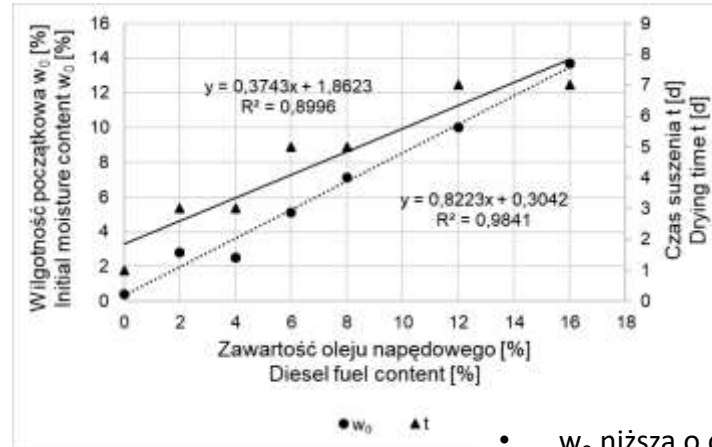
Wersja: 1 (19.04.2021)

Estry alkilowe kwasów tłuszczowych, C10-18 i C12-22- nienasycone, C14-18 i C16-18- nienasycone	0-7	85049-31-6	285-200-8	Nie dotyczy	Nie dotyczy	01-2119675342-38-xxxx
Estry metylowe kwasów tłuszczowych z oleju rzepakowego	0-7	85586-25-0	287-828-8	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Niedostępny

Mieszanina węglowodorów C₉-C₂₅ pochodzenia naftowego (olej napędowy) oraz estrów metylowych wyższych kwasów tłuszczowych np. C₁₇H₃₃COOCH₃, zawierająca dodatki uszlachetniające: detergenty, dodatki smarnościowe, przeciwkorozyjne, poprawiające odporność na utlenianie, podwyższające liczbę cetanową, deemułgujące i depresatory; może zawierać dodatki przeciwpienne, biobójcze oraz znacznik paliwa (max 3 000 ppm).

Parametr	Wartość
Początkowa temperatura wrzenia i zakres temperatur wrzenia [°C]	175-180°C - początkowa temperatura wrzenia; 95% obj. destyluje do 360°C
Gęstość w 15 °C [g/cm ³]	0,82 – 0,845
Rozpuszczalność	Nierozpuszczalna w wodzie
Lepkość kinematyczna w 40 °C mm ² /s	2,0 – 4,5
Stała dielektryczna [-]	2,1

Przygotowanie past gruntowych



rozdrobienie oraz wysuszenie gruntu w 105-110°C



roztarcie i przesianie gruntu przez sito \varnothing 2 mm



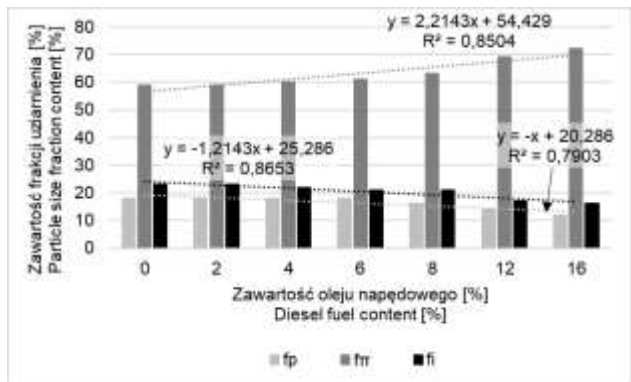
ujednolicony materiał podzielono na 7 części i dodano ON wg:
 $\%ON = (m_{ON} / m_s) * 100$



homogenizacja past przez 4 miesiące

- w_0 niższa o ok. 1-2% niż zawartość % ON w próbce;
- efekt residuum węglowodorów na szkieletcie gruntu, które nie odparowały w 105 °C;
- czas suszenia do stałej masy różnie ze wzrostem % ON

Uziarnienie mad zanieczyszczonych ON



- liniowa zależność między zawartością frakcji a %ON
- ze wzrostem % ON nastąpił spadek zawartości f_p i f_i , a wzrost zawartości f_π
- wyraźne zmiany uziarnienia dla próbek $\geq 6\%$ ON
- zmiana klasyfikacji dla próbek 12 i 16% ON

Przyczyny zmian:

- efekt agregacji pokrytych węglowodorami cząstek iłowych ($\searrow f_i$ i $\nearrow f_\pi$);
- obecność węglowodorów prowadzi do osłabienia wiązań strukturalnych w gruncie i rozpadu większych agregatów frakcji piaskowej ($\searrow f_p$).

ON [%]	PN-B-0248 (1986)				PN-EN ISO 14688			
	Frakcja piaskowa f_p [%]	Frakcja pyłowa f_π [%]	Frakcja iłowa f_i [%]	Nazwa i symbol gruntu	Piasek Sa [%]	Pył Si [%]	Ił Cl [%]	Nazwa i symbol gruntu
0	18	59	23	glina	17	60	23	ił z pyłem
2	18	59	23	pylasta	17	60	23	siCl
4	18	60	22	zwięzła	17	61	22	
6	18	61	21	$G_{\pi z}$	17	62	21	
8	16	63	21		14	65	21	
12	14	69	17	glina	12	71	17	pył z iłem
16	12	72	16	pylasta G_π	9	75	16	clSi

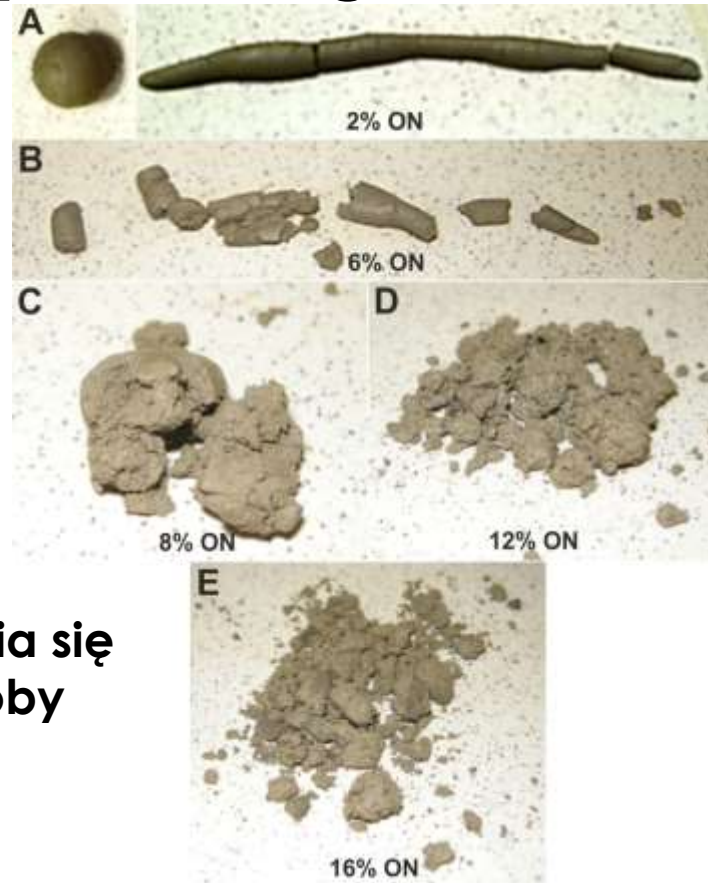
Wyniki oznaczenia granicy plastyczności próbek gruntu zanieczyszczonego ON

A – kulka i spękany poprzecznie wałeczek

B – wałeczek spękany poprzecznie i rozwarstwiony podłużnie

C, D, E – brak możliwości zrobienia kulki

Zróżnicowany sposób zachowania się próbek 0-16% ON podczas próby wałeczkowania



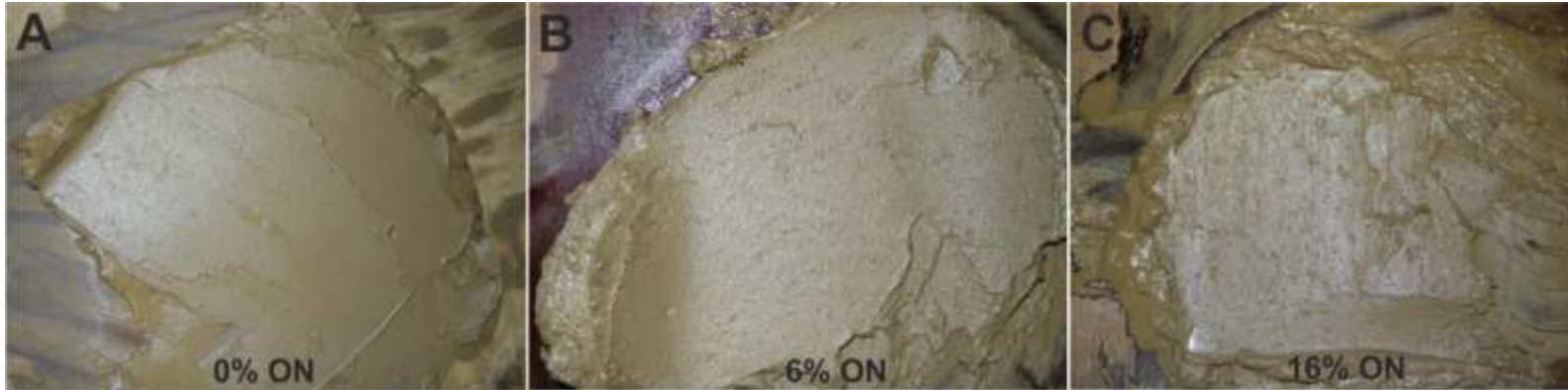
Wyniki oznaczenia granicy plastyczności próbek gruntu zanieczyszczonego ON

Zawartość ON [%]	Granica plastyczności w_p [%]
0	25,0
2	28,9
4	27,8
6	27,6
8	NP
12	NP
16	NP

NP – pasta nieplastyczna

- wraz ze wzrostem zawartości oleju napędowego następuje wzrost, a następnie spadek wartości granicy plastyczności
- wzrost wartości w_p w próbce 2% ON wynika z podwyższonej sorpcji molekuł wody przez węglowodorowo-mineralną strukturę pasty
- wzrost zawartości oleju napędowego do 6% doprowadził do częściowej utraty plastyczności i spoistości pasty
- olej spowodował rozpoczęcie procesu agregacji cząstek frakcji ilowej, co doprowadziło do wzrostu zawartości frakcji pyłowej oraz spadku plastyczności
- zawartość ON powyżej 6% wywołała dalszy rozwój procesu agregacji cząstek frakcji ilowej oraz całkowitą utratę plastyczności i spoistości gruntu

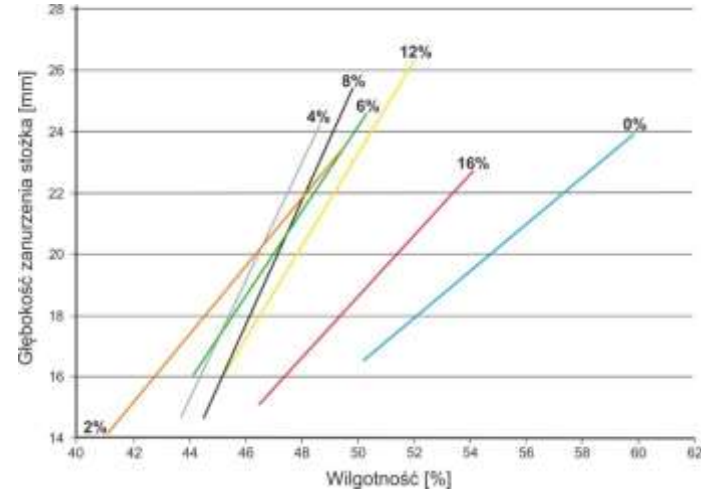
Wygląd past zanieczyszczonych ON w trakcie oznaczania granicy płynności



- **wzrastająca zawartość ON zmienia wygląd makroskopowy pasty**
- **powierzchnia zanieczyszczonych past staje się bardziej „chropowata” i o większym połysku**
- **ciecz ropopochodna gromadziła się jako lżejsza na powierzchni mieszanej pasty**

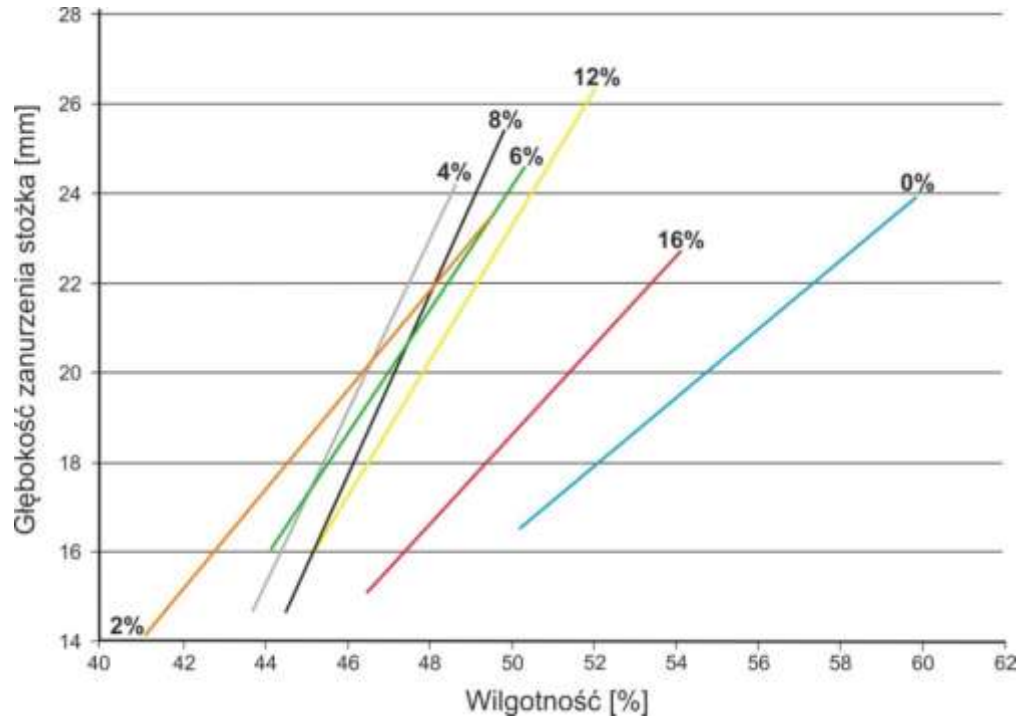
Wyniki badań granicy płynności próbek gruntu zanieczyszczonego ON

Zawartość ON [%]	Granica płynności w_L [%]
0	54,7
2	46,3
4	46,5
6	46,9
8	47,2
12	47,8
16	51,4



- grunt o zawartości 0% ON osiągnął najwyższą wartość granicy płynności - 54,7%
- dodatek oleju napędowego spowodował spadek wartości w_L
- największy spadek, o prawie 8,5% uzyskano w próbce 2% ON, a najmniejszy, o ponad 3% w próbce 16% ON

Wyniki badań granicy płynności próbek gruntu zanieczyszczonego ON



- wzrost zawartości ON powodował szybsze upłynnianie pasty po dodaniu coraz mniejszych porcji wody, a w rezultacie głębsze zanurzenie stożka
- wzrost kąta nachylenia linii służących do wyznaczenia wilgotności granicy płynności
- wzrost zawartości wody dodawanej do pasty powodował przyrost wody wolnej, która nie mogła zostać zaadsorbowana przez szkielet mineralny pokryty cząsteczkami węglowodorów
- wysoka zawartość wody wolnej oraz nadmiar oleju napędowego w paście gruntowej wywoływał efekt mniejszego tarcia i większego poślizgu pobocznicy stożka

Parametry obliczeniowe plastyczności próbek gruntu zanieczyszczonego ON

Zawartość oleju napędowego w_o [%]	Wskaźnik Plastyczności I_p [%]	Stopień plastyczności I_L [-]	Wskaźnik konsystencji I_c [-]	Aktywność A [-]
0	29,7	0,15	0,85	0,96 AN
2	17,4	0,03	0,97	0,56 NA
4	18,7	0,09	0,91	0,60 NA
6	19,3	0,10	0,90	0,62 NA

AN – aktywny normalny
NA – nieaktywny

- zawartość oleju napędowego w gruncie nie zmieniła stanu gruntu w zakresie klasyfikacji
- bez względu na procentową zawartość zanieczyszczenia, grunt posiada stan twar doplastyczny wg PN-B-02480 i PN-EN ISO 14688-2:2018-05
- zawartość 2% ON powoduje skokową redukcję I_L , a konsystencja pasty zbliża się do stanu półzwarłego i granicy skurczalności
- dla wyższych stopni zanieczyszczenia ON, I_L ponownie rośnie, a konsystencja gruntu zbliża się w kierunku w_p

Podsumowanie

- Skład mineralny: 29% minerałów ilastych (beidelit 22%, kaolinit 7%); ok. 1,5% substancji organicznej; ok. 0,5% węglanów oraz 69% kwarcu i innych składników
- Wg PN-B-0248 (1986) ił/glinę zwięzłą (I/Gz), wg PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2:2012 ił z piaskiem i pyłem/ił z pyłem (sasiCl/siCl)
- Wysoka wartość wilgotności i porowatości, niska wartość gęstości objętościowej, sorpcji i pęcznienia
- Czas suszenia past gruntowych o zawartości 2-16% ON do momentu uzyskania stałej masy wzrasta wraz ze wzrostem zanieczyszczenia – dla próbki 2% i 4% ON wynosił 3 dni, dla 6% i 8% ON – 5 dni, dla 12% i 16% ON – 7 dni, a wilgotność gruntu jest o ok. 1-2% niższa niż zawartość procentowa ON w próbce
- Wyniki analizy mikroagregatowej gruntów naturalnych w stosunku do wyników analizy areometrycznej: spadek zawartości frakcji iłowej o 5% i frakcji piaskowej o 12-15%, wzrost zawartości frakcji pyłowej o 17-20%

Podsumowanie

- Analiza mikroagregatowa zanieczyszczonych past wykazała, że wraz ze wzrostem zawartości ON nastąpił spadek zawartości frakcji piaskowej i iltowej, a wzrost zawartości frakcji pyłowej
- Zanieczyszczenie ON prowadzi do agregacji cząstek minerałów ilastych pokrytych węglowodorami oraz do osłabienia wiązań strukturalnych występujących w naturalnym gruncie, co powoduje rozpad większych agregatów
- Zanieczyszczenie ON zachowuje właściwości plastyczne i spójność do 4% ON, następnie grunt staje się mało spoisty (6% ON), ostatecznie wykazuje cechy gruntu nieplastycznego i niespoistego (8-16% ON)
- Im wyższy stopień zanieczyszczenia, tym szybciej osiągnięta zostaje granica płynności i upłynnienie gruntu
- Zanieczyszczone pasty gruntowe wykazują redukcję wskaźnika plastyczności, stopnia plastyczności i aktywności oraz wzrost wskaźnika konsystencji w stosunku do gruntu niezanieczyszczonego

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ

