

## PROJEKT WZMOCNIENIA PODŁOŻA Z GRUNTÓW ORGANICZNYCH NA ODCINKU DROGI GMINNEJ DOJAZDOWEJ

Przedmiotem opracowania jest wzmocnienie istniejącego podłoża gruntowego pod korpusem drogowym drogi gminnej na działkach nr 48 i 53 w m. Milewyszczyna Gm. Korycin.

### 1. Podstawa opracowania i materiały wyjściowe

- 1) Parametry geotechniczne podłoża przyjęte na podstawie opinii geotechnicznej opracowanej przez „SALIX” s.c Usługi geologiczne Irena Data, Jan Data
- 2) Parametry techniczne geotkaniny podane przez producentów.
- 4) Obowiązujące normy i wytyczne do projektowania oraz literatura techniczna z zakresu dotyczącego opinii.

### 2. Zakres opracowania

Niniejsze opracowanie obejmuje rozwiązanie wzmocnienia podłoża gruntowego przy użyciu materacy kruszywowych zbrojonych geotkaniną i geosiatki komórkowej wypełnionej kruszywem, alternatywne do wymiany gruntów nienośnych zalegających do głębokości ok.3 m.

### 3. Warunki gruntowo – wodne

Z przedłożonych materiałów wynika, że odcinek drogi został odcinkowo zaprojektowany na gruncie uwarstwowionym, przy czym decydujące znaczenie dla właściwego zaprojektowania podbudowy mają grunty organiczne (namuły piaszczyste średniskompresyjne i torfy słabo i średni skompresyjne) o nieokreślonych parametrach geotechnicznych.

Z dostarczonej opinii geologicznej wynika, że wierzchnią warstwę podłoża gruntowego w otworach nr 5 i 6 stanowią namuły piaszczyste i torfy o grub. warstwy 2.80- 3.30 m przewarstwione cienkimi wkładkami piasku drobnego i gliny pylastej o grub. 0.20-0.40 m.

Poniżej w/w gruntów organicznych zalegają piaski średnie.

Maksymalny nawiercony poziom wody gruntowej wynosi 2,80 m p.p.t. ustabilizowany na poziomie 1.10 ppt.

Parametry geotechniczne wydzielonej warstwy gruntów rodzimych (do dalszych obliczeń) przyjęto na podstawie w/w opinii geologicznej i literatury.

Przewiduje się, że w ramach robót przygotowawczych, przed wykonaniem robót ziemnych zasadniczych zostanie na przedmiotowym terenie dokonane zdjęcie wierzchniej warstwy ziemi humusowej o grub. 30-40 cm.

Z uwagi na to, że w dostarczonych materiałach geotechnicznych brak jest parametrów geotechnicznych organicznych warstw podłoża, do kontrolnych obliczeń statycznych przyjęto jako miarodajne następujące wartości parametrów geotechnicznych istniejącego podłoża, określone orientacyjnie na podstawie danych z literatury:

Dla przekroju nr 1

Nr warstwy	Rodzaj gruntu	Stan gruntu	grubość [m]	gęstość [kN/m <sup>3</sup> ]	kąt tarcia [°]	spójność [kPa]	Mo [kPa]	M [kPa]
1	Nm (namuł piaszczysty)		0.40	10	2	5	500	10000
2	Pd (piasek drobny)	ID= 0,30	0.40	17	29.5	0	45000	50000
3	T (torf)		1.10	10	2	5	200	5000
4	Gлина pylasta	IL=0.35	0.40	20.6	12.2	11.5	20500	28000
5.	T(torf)		0.70	12	8	10	200	5000
6.	Ps (piasek średni)	ID= 0,30	0.70	10	34.7	1	114000	140000

Dla przekroju nr 2

Nr warstwy	Rodzaj gruntu	Stan gruntu	grubość [m]	gęstość [kN/m <sup>3</sup> ]	kąt tarcia [°]	spójność [kPa]	Mo [kPa]	M [kPa]
1.	Pd ( piasek drobny)	ID= 0,30	0.20	17	29	0	35000	43000
2.	Nm ( namuł)		0.60	10	2	5	500	10000
3.	T(torf)		1.60	10	2	5	200	5000
4.	Ps (piasek średni)	ID= 0,30	0.70	10	34.7	1	114000	140000

#### 4. Obciążenia podłoża.

- z uwagi na lokalizację drogi wewnętrznej, charakter przyległych terenów, które będzie obsługiwać oraz przewidywany, sporadyczny ruch kołowy przyjęto obliczeniowe maksymalne obciążenie ruchem projektowanej nawierzchni jako KR1, 100 kN/ oś
- c.wł. nawierzchni ( nawierzchnia żwirowa dwuwarstwowa z mieszanki żwirowej frakcji 0/20 mm i 0/63 mm – 25 cm)  $q_k = 0,25 \times 20,0 = 5 \text{ kN/m}^2$
- niweleta drogi będzie przebiegała na rozpatrywanym odcinku w nasypie o wys. 0.50-1.2 m powyżej poziomy terenu. Korpus drogowy będzie wykonany z gruntu niewysadzinowego ( żwiry, piaski średnie ) o średniej gęstości objętościowej  $19,5 \text{ kN/m}^3$

Minimalna grubość nawierzchni z uwagi na odporność na wysadziny Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych dla obciążenia KR1 i grupy nośności podłoża G4  $H_{\min} = 0,60 \times 1,20 = 0,72 \text{ m}$ .

##### 4.1. Parametry kruszywa wypełniającego geosiatkę komórkową i materac kruszywowy

Przyjęto kruszywo do wypełnienia geosiatki komórkowej i materaca filtracyjno-separacyjnego o następujących granicznych parametrach i spełniające następujące warunki:

- A) kruszywo mineralne wypełniające geosiatkę komórkową i „materace” kruszywowe musi spełniać następujące wymogi:
- a) zawartość frakcji ilowej nie może przekroczyć 2%
  - b) zawartość frakcji piaskowej nie może być mniejsza niż 60%
  - c) zawartość frakcji kamienistej (ziarna powyżej 31,5 mm) nie może przekroczyć 10%
  - d) maksymalna średnica ziaren nie może przekroczyć 1/3 grubości układanej warstwy kruszywa
  - e) jest zachowana ciągłość uziarnienia kruszywa.

Przy zachowaniu powyższych parametrów może być stosowane dowolne kruszywo mineralne, żuźłowe (żużel hutniczy, wielkopiecowy), betonowe (pokruszony beton) lub keramzytowe, jak również mieszanka tych kruszyw.



## 5. Naprężenia w podłożu wzmocnionym geosyntetykami

Gamma-03/KT

Data obliczeń 28 październik 2016

Wzmacnianie uwarstwionego podłoża geosiatką komórkową oraz geotkaniną

Milewyszczyna – przekrój 1

Dane \_\_\_\_\_  
Teren

Grunt nie odprężony w trakcie robót

Parametry fizyko-mechaniczne podłoża wg metody C (orientacyjnie)

	h	ro	Fir	Cr	M0	M
Warstwa [m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	0.30	10.00	2.0	5.00	500	10000
2	0.40	17.00	29.5	0.00	45000	50000
3	1.10	10.00	2.0	5.00	200	5000
4	0.40	20.60	12.2	11.50	20500	28000
5	0.70	12.00	8.0	10.00	200	5000
6	0.70	10.00	34.7	1.00	114000	140000

h - grubość warstwy

ro - ciężar nasypowy warstwy

Fir - obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego w warstwie

Cr - obliczeniowa spójność gruntu warstwy

M0, M - edometryczne moduły ścisłości pierwotnej i wtórnej

Wysokość nasypu  $H_n = 0.60$  m

Ciężar nasypowy gruntu nasypu  $\rho_{on} = 20.000$  kN/m<sup>3</sup>

Charakterystyczny kąt tarcia wewnętrznego  
gruntu nasypu  $F_{ir} = 40.0^\circ$

Charakterystyczna spójność gruntu nasypu  $C_{rn} = 0.000$  kPa

Budowla

Rodzaj obciążenia droga kołowa

Głębokość posadowienia budowli

od poziomu korony nasypu  $Dbp = 0.25$  m

Charakterystyczny ciężar własny budowli płaskiej

obciążającej nasyp  $q_k = 5.000$  kN/m<sup>2</sup>

Obciążenie na oś  $K_{os} = 80.0$  kN

Kategoria ruchu  $K_R = 1$

Charakterystyczne obciążenie użytkowe drogi  $q_n = 22.222$  kN/m<sup>2</sup>

Wzmocnienie gruntu

Materiał warstw kruszywowych i wypełnienia

geosiatki komórkowej tłuczeń

Grubość górnej warstwy kruszywowej  $H_{gw} = 0.05$  m

Wysokość geosiatki komórkowej  $G_g = 0.200$  m

Wymiar komórek geosiatki w poprzek sekcji  $B_{kg} = 0.260$  m

wzdłuż sekcji  $H_{kg} = 0.210$  m

Materiał zbrojenia materaca geotkanina

Materiał wypełnienia materaca tłuczeń

Liczba warstw materaca  $N_m = 2$

Założona grubość jednej warstwy materaca  $H_{ww} = 0.20 \text{ m}$   
 Całkowita założona grubość materaca  $H_{mat} = 0.40 \text{ m}$   
 Współczynnik pewności dla zbrojenia materaca z uwagi na:  
     uszkodzenia przy wbudowaniu  $\gamma_1 = 1.50$   
     pełzanie materiału  $\gamma_2 = 2.00$   
     degradację chemiczną i biologiczną  $\gamma_3 = 2.00$

#### Wyniki

##### Podłoże

Obliczeniowe naprężenie pionowe

    pod nasypem  $mp \cdot qc = 39.51 \text{ kN/m}^2$   
     nad geosiatką komórkową  $mp \cdot qcg = 40.65 \text{ kN/m}^2$   
     pod geosiatką komórkową  $mp \cdot qrd = 34.57 \text{ kN/m}^2$   
     pod materacem  $mp \cdot qcd = 39.13 \text{ kN/m}^2$

Naprężenia pionowe  $mp \cdot qc$  i nośność warstw  $qfr$  (obliczeniowe)  
 oraz siły rozciągające w geotkaninie  $Zm$

Warstwa nr	$mp \cdot qc$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$qfr$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Zm$ [kN/m]
1	Warstwa zastąpiona przez budowlę lub wzmocnienie		
Materac	39.127	1470.093	0.00
2	41.766	285.271	0.00
3	47.033	25.537	5.339
4	56.052	157.859	0.00
5	63.912	115.007	0.00
6	67.943	1493.791	0.00

Efektywna grubość warstwy gruntu nr 2  $h[2] = 0.05 \text{ m}$   
 Całkowite osiadanie gruntu  $S = 56.881 \text{ cm}$

##### Materac

##### Zbrojenie geotkaniną

Liczba warstw materaca  $N_m = 2$   
 Obliczona grubość jednej warstwy materaca  $H_{ww} = 0.20 \text{ m}$   
 Obliczona grubość materaca  $H_{mat} = 0.40 \text{ m}$   
 Minimalna długość

    górnego zakładu geotkaniny  $L_g = 1.00 \text{ m}$   
     poprzecznych zakładów geotkaniny  $L_d = 1.50 \text{ m}$

Maksymalna obliczeniowa siła rozciągająca

    w materacu  $Zm\text{-obl} = 32.04 \text{ kN/m}$

    w jednej warstwie materaca

        dla doboru geotkaniny  $Zw\text{-obl} = 16.02 \text{ kN/m}$

Do zbrojenia materaca przyjęto geotkaninę o własnościach:

Wzdłuż osnowy:

    wytrzymałość na rozciąganie  $\min. 75.00 \text{ kN/m}$   
     wydłużenie przy zerwaniu  $\min. 14.00 \%$   
     siła rozciągająca dla 10% wydłużenia  $\min. 49.50 \text{ kN/m}$   
     siła rozciągająca dla 5% wydłużenia  $\min. 24.50 \text{ kN/m}$   
     siła rozciągająca dla 3% wydłużenia  $\min. 13.00 \text{ kN/m}$   
     siła rozciągająca dla 2% wydłużenia  $\min. 7.80 \text{ kN/m}$

Wzdłuż wstaku:

    wytrzymałość na rozciąganie  $\min. 75.00 \text{ kN/m}$

wydłużenie przy zerwaniu min. 14.00 %  
 siła rozciągająca dla 10% wydłużenia min. 63.40 kN/m  
 siła rozciągająca dla 5% wydłużenia min. 38.00 kN/m  
 siła rozciągająca dla 3% wydłużenia min. 27.00 kN/m  
 siła rozciągająca dla 2% wydłużenia min. 18.00 kN/m  
 Przepuszczalność prostopadła do płaszczyzny min. 6.00 l/(m<sup>2</sup> s)

**Gamma-03/KT** **Data obliczeń 28 październik 2016**  
**Wzmacnianie uwarstwionego podłoża geosiatką komórkową oraz**  
**geotkaniną**  
**Milewyszczyna – przekrój 2**

Dane \_\_\_\_\_

Teren

Grunt nie odprężony w trakcie robót

Parametry fizyko-mechaniczne podłoża wg metody C (orientacyjnie)

	h	ro	Fir	Cr	M0	M
Warstwa	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	0.20	17.00	29.0	0.00	35000	43000
2	0.60	10.00	2.0	5.00	500	10000
3	1.60	10.00	2.0	5.00	200	5000
4	0.70	10.00	34.7	1.00	114000	140000

h - grubość warstwy

ro - ciężar nasypowy warstwy

Fir - obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego w warstwie

Cr - obliczeniowa spójność gruntu warstwy

M0, M - edometryczne moduły ścisłości pierwotnej i wtórnej

Wysokość nasypu Hn = 0.25 m

Ciężar nasypowy gruntu nasypu ron = 20.000 kN/m<sup>3</sup>

Charakterystyczny kąt tarcia wewnętrznego  
 gruntu nasypu Firn = 40.0 °

Charakterystyczna spójność gruntu nasypu Crn = 0.000 kPa

Budowla

Rodzaj obciążenia droga kołowa

Głębokość posadowienia budowli

od poziomu korony nasypu Dbp = 0.25 m

Charakterystyczny ciężar własny budowli płaskiej

obciążającej nasyp qk = 5.000 kN/m<sup>2</sup>

Obciążenie na oś Kos = 80.0 kN

Kategoria ruchu KR = 1

Charakterystyczne obciążenie użytkowe drogi qn = 22.222 kN/m<sup>2</sup>

Wzmocnienie gruntu

Materiał warstw kruszywowych i wypełnienia

geosiatki komórkowej tłuczeń

Grubość górnej warstwy kruszywowej Hgw = 0.05 m

Wysokość geosiatki komórkowej Gg = 0.200 m

Wymiar komórek geosiatki w poprzek sekcji Bkg = 0.260 m

wzdłuż sekcji Hkg = 0.210 m

Materiał zbrojenia materaca geotkanina



Materiał wypełnienia materaca żwir, pospółka, żużel hutniczy  
 Liczba warstw materaca  $N_m = 2$   
 Założona grubość jednej warstwy materaca  $H_{ww} = 0.20 \text{ m}$   
 Całkowita założona grubość materaca  $H_{mat} = 0.40 \text{ m}$   
 Współczynnik pewności dla zbrojenia materaca z uwagi na:  
     uszkodzenia przy wbudowaniu  $\gamma_1 = 1.50$   
     pełzanie materiału  $\gamma_2 = 2.00$   
     degradację chemiczną i biologiczną  $\gamma_3 = 2.00$   


---

 Wyniki

Podłoże  
 Obliczeniowe naprężenie pionowe  
     pod nasypem  $mp*qc = 32.00 \text{ kN/m}^2$   
     nad geosiatką komórkową  $mp*qc_g = 33.14 \text{ kN/m}^2$   
     pod geosiatką komórkową  $mp*qrd = 28.92 \text{ kN/m}^2$   
     pod materacem  $mp*qcd = 33.60 \text{ kN/m}^2$

Naprężenia pionowe  $mp*qc$  i nośność warstw  $q_{fr}$  (obliczeniowe)  
 oraz siły rozciągające w geotkaninie  $Z_m$

Warstwa nr	$mp*qc$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{fr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Z_m$ [kN/m]
1	Warstwa zastąpiona przez budowlę lub wzmocnienie		
Materac	33.598	1131.078	0.00
2	36.538	22.820	0.454
3	44.712	27.659	7.510
4	54.751	1131.169	0.00

Efektywna grubość warstwy gruntu nr 2  $h[2] = 0.15 \text{ m}$   
 Całkowite osiadanie gruntu  $S = 44.200 \text{ cm}$

Materac  
 Zbrojenie geotkaniną  
 Liczba warstw materaca  $N_m = 2$   
 Obliczona grubość jednej warstwy materaca  $H_{ww} = 0.20 \text{ m}$   
 Obliczona grubość materaca  $H_{mat} = 0.40 \text{ m}$   
 Minimalna długość  
     górnego zakładu geotkaniny  $L_g = 1.00 \text{ m}$   
     poprzecznych zakładów geotkaniny  $L_d = 1.50 \text{ m}$   
 Maksymalna obliczeniowa siła rozciągająca  
     w materacu  $Z_{m-obl} = 45.06 \text{ kN/m}$   
     w jednej warstwie materaca  
         dla doboru geotkaniny  $Z_{w-obl} = 22.53 \text{ kN/m}$   
 Do zbrojenia materaca przyjęto geotkaninę o własnościach:  
 Wzdłuż osnowy:  
     wytrzymałość na rozciąganie min. 75.00 kN/m  
     wydłużenie przy zerwaniu min. 14.00 %  
     siła rozciągająca dla 10% wydłużenia min. 49.50 kN/m  
     siła rozciągająca dla 5% wydłużenia min. 24.50 kN/m  
     siła rozciągająca dla 3% wydłużenia min. 13.00 kN/m  
     siła rozciągająca dla 2% wydłużenia min. 7.80 kN/m  
 Wzdłuż wstęgu:  
     wytrzymałość na rozciąganie min. 75.00 kN/m  
     wydłużenie przy zerwaniu min. 14.00 %

siła rozciągająca dla 10% wydłużenia min. 63.40 kN/m  
siła rozciągająca dla 5% wydłużenia min. 38.00 kN/m  
siła rozciągająca dla 3% wydłużenia min. 27.00 kN/m  
siła rozciągająca dla 2% wydłużenia min. 18.00 kN/m  
Przepuszczalność prostopadła do płaszczyzny min. 6.00 l/(m<sup>2</sup> s)

## 6. Wnioski i zalecenia

Dla warunków gruntowo-wodnych opisanych w pkt. 3 sposobu użytkowania i obciążenia podłoża w okresie budowy nawierzchni i użytkowania obiektu oraz zgodnie z wynikami załączonymi w pkt. 5 kontrolnych obliczeń statycznych proponuje się następującą konstrukcję warstw wzmacniających słabonośne podłoże korpusu drogowego.

5 cm- warstwa klinująca z tłucznia betonowego frakcji 0/31.5 mm, stanowiąca naddatek kruszywa wypełniającego geosiatkę komórkową, wykonana łącznie z wypełnieniem geokraty, wskaźnik zagęszczenia kruszywa  $I_s \geq 0.98$

20 cm - teksturowana i perforowana geosiatka komórkowa o wysokości 20 cm i wymiarach komórek 26 x 20 cm wypełniona kruszywem mineralnym o frakcji 0/31.50 mm stabilizowanym mechanicznie, wskaźnik zagęszczenia  $I_s \geq 1.00$

2x 20 cm- podwójny materac wzmacniający i filtracyjno-separacyjny z kruszywa mineralnego o frakcji 0/31.5 mm stabilizowanego mechanicznie do wskaźnika zagęszczenia  $I_s \geq 0.98$  zbrojony geotkaniną o wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż pasma  $\geq 75$  kN/m.

---

65 cm- łączna grubość warstw wzmocnienia podłoża

## 7.0 Wytyczne wykonawcze

Po zdjęciu wierzchniej warstwy i dopiero wykonywać kolejne warstwy wzmocnienia podłoża i konstrukcji nawierzchni.

- pasma geotkaniny na podłożu rodzimym należy ułożyć poprzecznie do podłużnej osi drogi, na zakład min. 50 cm i zakotwić na szwach roboczych przy pomocy szpilek typu „J” o długości 500 mm i średnicy Ø8 mm ze stali St0 w odstępach co 50 cm. Wzdłuż krawędzi koryta należy pozostawić pas geotkaniny o długości min. 2 m poza krawędź korpusu drogowego.

Kruszywo użyte do wykonania materaca zagęszczać do uzyskania wskaźnika zagęszczenia  $I_s \geq 0.98$

Po uformowaniu materaca separacyjno-filtracyjnego należy założyć boczne zakładki geotkaniny na jego wierzch, naciągnąć i zakotwić w odległości ok. 20 cm od końca pasma szpilkami typu „J” o długości 600 mm w odstępach co 50 cm.

Na tak wykonanym dwuwarstwowym materacu kruszynowym wykonać warstwę wzmacniającą z geokraty wypełnionej kruszywem.

**Opracował:**

mgr inż. Krzysztof Szmidt  
..... projektant  
mgr inż. Krzysztof Szmidt w zakr. dróg  
nr Bt/31/90