

**BIURO INŻYNIERII DROGOWEJ**  
**DROTEST Sp. j.**

Józef JUDYCKI & Jacek ALENOWICZ

80-237 Gdańsk, ul. J. Uchagena 27, tel. (058) 341 40 11 w. 108, 143, tel./fax (058) 346 09 87, 346 00 20  
e-mail: [biuro@drotest.com.pl](mailto:biuro@drotest.com.pl) [www.drotest.com.pl](http://www.drotest.com.pl)  
NIP 584-025-19-42 REGON 190516271 KRS 0000006351

Temat opracowania:

**PROJEKT BUDOWLANY ŚCIAN OPOROWYCH JAKO ELEMENTÓW ZAPORY  
BOCZNEJ „PRZYSTAJNIA” W CIĄGU DROGI POWIATOWEJ NR 13.264 –  
ODCINEK OD KM 7+029,76 DO KM 7+331,00**

Zamawiający:

**HYDROPROJEKT Poznań**  
**ul. Grunwaldzka 21**  
**60-783 Poznań**

Autorzy opracowania:

Mgr inż. Janina Walicka  
upr. proj. nr 495/Gd/81

Mgr inż. Piotr Mazurowski

Mgr inż. Piotr Urbański

*Janina Walicka*  
*Piotr Mazurowski*

*Piotr Urbański*

Sprawdził:

Prof. dr hab. inż. Józef Judycki  
upr. proj. nr 2118/Gd/85

*Józef Judycki*

Data:

**30 grudnia 2002**

Nr archiwalny:

**P-6/2002**

Niniejszy dokument stanowi autorskie opracowanie firmy DROTEST Sp.j. i jest chroniony prawem autorskim zgodnie z ustawą z dnia 01.08.2000r. (Dz. U. nr 80, poz. 904). Powielanie lub udostępnianie dokumentu lub jego części firmom lub osobom trzecim wymaga uzyskania zgody firmy DROTEST Sp.j.

**Biuro Terenowe w Poznaniu**

60-166 Poznań  
ul. Grunwaldzka 182/196, pok. 305  
tel./fax (061) 865 21 66  
kom. 601 802 062  
e-mail: [Z.Gawel@drotest.com.pl](mailto:Z.Gawel@drotest.com.pl)

**Biuro Terenowe w Mikołowie**

43-190 Mikołów  
ul. Wyzwolenia 27, pok. 117  
tel./fax (032) 738 53 35  
kom. 605 559 532  
e-mail: [M.Langer@drotest.com.pl](mailto:M.Langer@drotest.com.pl)

**Biuro Terenowe w Warszawie**

02-261 Warszawa  
ul. Robotnicza 11/13, pok. 44  
tel./fax (022) 846 43 67 w. 176  
kom. 601 802 025  
e-mail: [A.Gutowski@drotest.com.pl](mailto:A.Gutowski@drotest.com.pl)

**PROJEKT BUDOWLANY ŚCIAN OPOROWYCH JAKO ELEMENTÓW ZAPORY  
BOCZNEJ „PRZYSTAJNIA” W CIĄGU DROGI POWIATOWEJ NR 13.264 –  
ODCINEK OD KM 7+029,76 DO KM 7+331,00**

**Spis treści**

1.	Podstawa opracowania	3
2.	Cel i zakres opracowania	3
3.	Materiały wyjściowe do opracowania	4
4.	Opis sytuacyjny i ogólne założenia dotyczące przyjętego rozwiązania projektowego	4
5.	Opis warunków gruntowo-wodnych	5
6.	Przyjęcie danych obliczeniowych	5
7.	Wzmocnienie podłoża pod korpusem zapory	6
8.	Sprawdzenie stateczności ogólnej projektowanej zapory z gruntu zbrojonego	8
9.	Projektowanie zbrojenia odwodnej ściany oporowej	8
10.	Projektowanie zbrojenia odpowietrznej ściany oporowej	10
11.	Technologia wykonywania ścian oporowych z gruntu zbrojonego z oblicowaniem z bloczków TW1	10
12.	Specyfikacje wyrobów użytych do budowy nasypu	17
13.	Obliczone ilości geosyntetyków i bloczków prefabrykowanych	24

**Spis rysunków**

Rysunek 1: Plan sytuacyjny

Rysunek 2: Przekrój odwodnej ściany oporowej, sekcje 1 - 9.

Rysunek 3: Przekrój odwodnej ściany oporowej, sekcje 9 - 17.

Rysunek 4: Przekrój odpowietrznej ściany oporowej

Rysunek 5: Schemat rozmieszczenia sekcji, sekcje 1 – 9.

Rysunek 6: Schemat rozmieszczenia sekcji, sekcje 9 – 17.

Rysunki 7 – 23: Przekroje poprzeczne, sekcje 1 – 17.

Rysunek 24: Szczegół typowy ściany odwodnej.

Rysunek 25: Szczegół typowy ściany odpowietrznej.

**Spis załączników**

Załącznik 1: Wyniki obliczeń stateczności zewnętrznej masywu zapory.

Załącznik 2: Wyniki obliczeń stateczności wewnętrznej ściany odwodnej.

Załącznik 3: Wyniki obliczeń stateczności wewnętrznej ściany odpowietrznej.

**PROJEKT BUDOWLANY ŚCIAN OPOROWYCH JAKO ELEMENTÓW ZAPORY  
BOCZNEJ „PRZYSTAJNIA” W CIĄGU DROGI POWIATOWEJ NR 13.264 –  
ODCINEK OD KM 7+029,76 DO KM 7+331,00**

**1. Podstawa opracowania**

Opracowanie wykonano na podstawie zlecenia firmy BSiPBW Hydroprojekt Poznań Sp. z o.o., 60-783 Poznań, ul. Grunwaldzka 21 – umowa nr 01/11/2002.

**2. Cel i zakres opracowania**

Celem niniejszego opracowania jest zaprojektowanie ścian oporowych stanowiących elementy zapory bocznej „Przystajnia”. Zapora boczna „Przystajnia” leży w ciągu drogi powiatowej nr 13.264 Wola Droszewska – Świerczyna i jest jednym z elementów zbiornika wodnego „Wielowieś Klasztorna” na rzece Prośnie.

Niniejsze opracowanie należy traktować jako integralną część projektu wykonawczego drogi powiatowej nr 13.264 Wola Droszewska – Świerczyna opracowanego przez PU „Trakt” Sp. z o.o., ul. Złota 71, 62-800 Kalisz.

Koncepcja projektu zapory bocznej oraz dane dotyczące geometrii korpusu zapory bocznej (wysokość, szerokość, długość, umiejscowienie w planie sytuacyjnym) i drogi (kilometraż, plan, niweleta) zostały opracowane przez PU „Trakt” i stanowią materiał wyjściowy do niniejszego opracowania.

Opracowanie zawiera:

- przyjęcie układu i rodzaju zbrojenia dwóch ścian oporowych z gruntu zbrojonego będących elementami zapory wodnej: ściany odwodnej, po południowej stronie zapory, oraz odpowietrznej, po północnej stronie zapory,
- obliczenia stateczności zewnętrznej i wewnętrznej konstrukcji ścian oporowych z gruntu zbrojonego dla zmiennych wysokości,
- rysunki układu zbrojenia z rozmieszczeniem w planie sytuacyjnym, widoku oraz w charakterystycznych przekrojach poprzecznych,
- opis technologii wykonywania konstrukcji ścian oporowych z gruntu zbrojonego,
- opis technologii wykonywania wzmocnienia podłoża pod nasypem zapory,
- specyfikacje materiałów użytych do konstrukcji ścian oporowych (kruszywa, geosyntetyki, bloczki oblicowujące),
- zestawienie ilości geosyntetyków i bloczków betonowych potrzebnych do wykonania ścian oporowych i wzmocnienia podłoża

Niniejsze opracowanie **nie zawiera**:

- projektu systemu odwodnienia i drenażu korpusu zapory bocznej,
- rozwiązania sposobu uszczelnienia korpusu zapory bocznej,
- konstrukcji nawierzchni drogi biegnącej w koronie zapory bocznej,
- projektu przepompowni utrzymującej stały poziom wody w stawie po stronie odpowietrznej.

Powyższe elementy znajdują się w projekcie wykonawczym opracowanym przez PU „Trakt” Sp. z o.o.

W związku z tym, że geometria korpusu zapory nie jest przedmiotem niniejszego opracowania, w jego zakresie **nie znajduje się** również analiza stateczności całego obiektu z punktu widzenia jego funkcjonowania jako zaporę wodną. Sprawdzenie stateczności korpusu zapory z punktu widzenia odporności na uszkodzenia spowodowane parciem wody zgodnie z ustną umową zostanie przeprowadzone przez Zamawiającego.

### **3. Materiały wyjściowe do opracowania**

- „Badania geotechniczne – droga powiatowa 13.264 Wola Droszewska – Świerczyna od km 4+862 do km 11+500” MENOS Poznań, grudzień-luty 2001/2002;
- „Badania geotechniczne – droga powiatowa 13.264 Wola Droszewska – Świerczyna od km 4+862 do km 11+500 – badania uzupełniające” MENOS Poznań, grudzień 2002;
- Plan sytuacyjny oraz przekroje poprzeczne przez zaporę z „Projekt budowlany - droga powiatowa 13.264 Wola Droszewska – Świerczyna, etap I od km 4+900 do km 8+050”, PU „TRAKT” Sp. z o.o. Kalisz.

### **4. Opis sytuacyjny i ogólne założenia dotyczące przyjętego rozwiązania projektowego**

Projektowana boczna zaporę wodną zostanie wybudowana w ramach realizacji zadania „Zbiornik wodny Wielowieś Klasztorna” około 20 km na południe od Kalisza. Wybudowanie zapory bocznej wiąże się z koniecznością ochrony zespołu pomnikowych dębów, który zostałby zalany przy maksymalnym spiętrzeniu wody w zbiorniku.

W koronie zapory przebiega droga powiatowa 13.264 Wola Droszewska – Świerczyna. Na odcinku przebiegającym na zaporze projektowana droga ma przekrój jednojezdniowy uliczny bez poboczy, o szerokości jezdni 6 m i jednostronnym chodniku o szerokości 2,15 m. Szerokość korony zapory wynosi 11,10 m.

Projektowaną zaporę można podzielić na trzy główne części:

- część 1 od km 7+029,76 do km 7+115,76
- część 2 od km 7+115,76 do km 7+186,92
- część 3 od km 7+186,92 do km 7+331,00

Nasyp zapory będzie ograniczony ścianami oporowymi z gruntu zbrojonego geosiatkami oblicowanymi prefabrykowanymi blokami betonowymi. W części 1 i 3 ściana oporowa będzie wykonywana z jednej, prawej strony nasypu, natomiast w części 2, środkowej, nasyp będzie obustronnie ograniczony ścianami oporowymi.

Ściany oporowe będą miały nachylenie  $86^\circ$  i zostaną wykonane w systemie Tensar Wall TW1, składającym się z jednokierunkowych geosiatek Tensar RE oraz prefabrykowanych bloczków betonowych typu TW1.

Ściana oporowa po prawej (zgodnie z kilometrażem drogi), południowej stronie nasypu – ściana odwodna – ma 305,50 m długości i wysokość zmienną – od 2,25 do 6,70 m. Ściana oporowa po lewej, północnej stronie nasypu – ściana odpowietrzna – ma 70,20 m długości i stałą wysokość równą 1,80 m.

Maksymalny poziom wody w zbiorniku będzie wynosił 125 m.n.p.m. Maksymalny poziom wody w stawie znajdującym się po stronie odpowietrznej zapory będzie wynosił 122,40 m.n.p.m. Maksymalny poziom wody w stawie będzie utrzymywany dzięki przepompowni, która będzie uruchamiana automatycznie po przekroczeniu poziomu 122,40 m.n.p.m.

Bezpośrednio po wybudowaniu obiekt będzie funkcjonował jako droga. Proces napełniania zbiornika wodnego będzie trwał kilka lat i dopiero wtedy obiekt zacznie pracować jako zaporę wodną.

## **5. Opis warunków gruntowo - wodnych**

W ciągu projektowanej zapory bocznej w strefie przypowierzchniowej do głębokości ok. 1 m występują zróżnicowane warunki gruntowe: nasypy budowlane, nasypy niekontrolowane, piaski pylaste i drobne o różnym stopniu zagęszczenia, plastyczne gliny pylaste, gleba. Grunty te zostaną usunięte podczas wykonywania wzmocnienia podłoża pod zaporą.

Poniżej głębokości 1 m (na głębokości posadowienia podstawy nasypu zapory bocznej i głębiej) występują gliny, gliny pylaste zwarte oraz ropy pylaste. Grunty te są w stanie twardoplastycznym.

Woda gruntowa występuje na głębokości 0,70 do 1,35 m. poniżej powierzchni terenu.

## **6. Przyjęcie danych obliczeniowych**

### **6.1 Obciążenie zewnętrzne**

Przyjęto następujące obciążenia zewnętrzne działające na masyw zapory:

- obciążenie użytkowe, równomiernie rozłożone na szerokości jezdni: 25 kPa
- obciążenie od uderzenia pojazdu o barierę ochronną – obciążenie skupione działające w kierunku na zewnątrz ściany, prostopadle do bariery: 35 kN.

### **6.2 Parametry gruntowe**

Parametry gruntowe przyjęte do obliczeń zestawiono w tabeli 1.

**Tabela 1: Parametry gruntowe**

	gęstość objętościowa [t/m <sup>3</sup> ]	spójność [kPa]	kąt tarcia wewnętrznego [°]
<b>grunty wchodzące w skład nasypu</b>			
materac wzmacniający podłoże - pospółka	1,80	0	30
zasypka – piasek	1,90	0	30
grunt nasypowy – piasek	1,90	0	30
<b>grunty zalegające w podłożu</b>			
głina	1,94	29,8	17,1
ił pylasty, glina pylasta zwięzła	1,81	49,9	10,7

## 7. Wzmocnienie podłoża pod korpusem zapory

W celu poprawienia parametrów i ujednolicenia podłoża należy w podstawie ścian oporowych wykonać wzmocnienie w postaci warstwy pospółki zbrojonej dwukierunkową geosiatką Tensar SS30. W przypadku ściany odwodnej podłoże zostanie wzmocnione dwiema warstwami pospółki po 30 cm i dwiema warstwami geosiatki, natomiast w przypadku ściany odpowietrznej jedną warstwą pospółki o grubości 30 cm i jedną warstwą geosiatki.

Technologia wykonania wzmocnienia podłoża jest następująca:

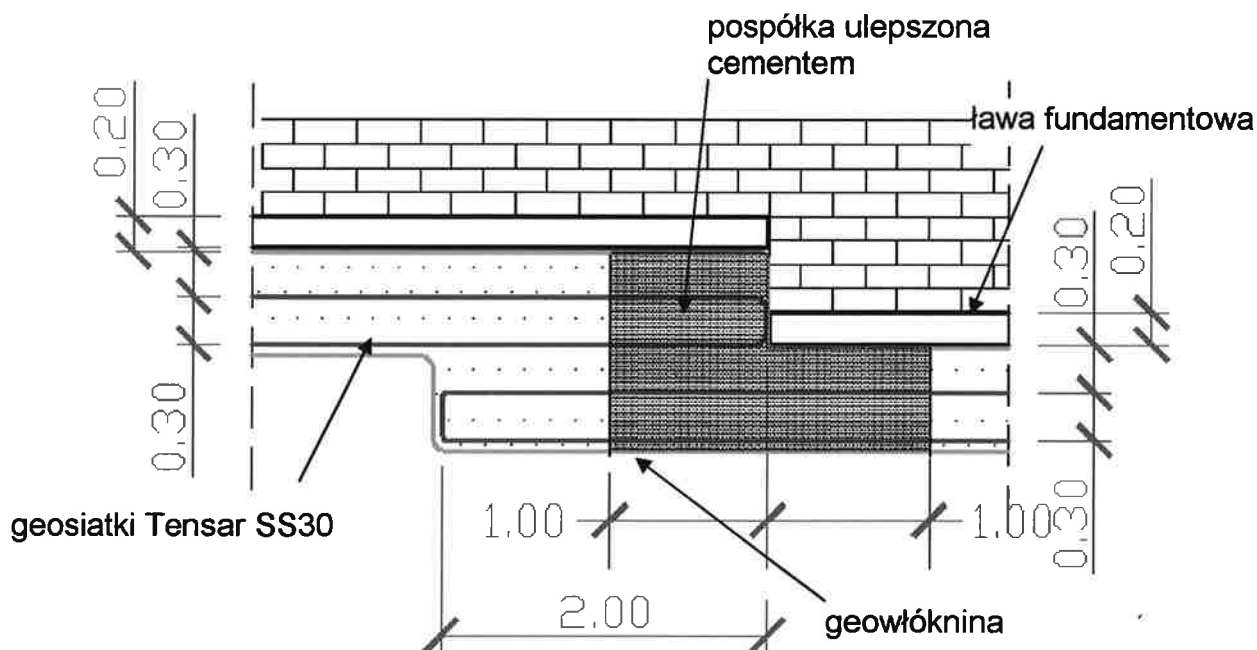
- Przygotowanie podłoża – wykorytowanie do odpowiednich rzędnych, wyrównanie, zagęszczenie do wskaźnika zagęszczenia  $I_s \geq 0,97$ . Jeżeli po wykorytowaniu do rzędnych wynikających z projektu w podłożu w dalszym ciągu będą znajdowały się nasypy niekontrolowane, należy je usunąć.
- Ułożenie geowłókniny separacyjnej. Geowłókninę należy wywinąć na bokach koryta. Zakłady sąsiednich pasm geowłókniny, zarówno podłużne jak i poprzeczne powinny wynosić co najmniej 0,5 m.
- Ułożenie pierwszej warstwy geosiatki Tensar SS30. Zakłady sąsiednich pasm geosiatki, zarówno podłużne jak i poprzeczne, powinny wynosić co najmniej 0,4 m. W przypadku ściany odwodnej pierwszą warstwę geosiatki należy układać na szerokości większej niż szerokość materaca – po około 1,0 m z każdej strony – tak aby można ją było wywinąć na pierwszej warstwie pospółki. Nie jest wymagane mocowanie geosiatki do podłoża. Należy zabezpieczyć geosiatkę przed przemieszczeniem podczas układania na niej kruszywa – można to osiągnąć usypując ręcznie na geosiatce niewielkie kopce kruszywa lub stosując tymczasowe kotwienie szpilek stalowymi.
- Ułożenie i zagęszczenie pierwszej warstwy pospółki o grubości 30 cm. Kruszywo należy układać na warstwie geosiatki „od czoła”, dowożąc materiał po uprzednio ułożonej warstwie. **Nie dopuszcza się ruchu jakichkolwiek pojazdów bezpośrednio po rozłożonej geosiatce.** Ruch pojazdów jest dopuszczony pod warunkiem, że na geosiatce znajduje się warstwa kruszywa grubości co najmniej 15 cm.

- e. Zawinięcie pozostawionych końców dolnej warstwy geosiatki na pierwszej warstwie pospółki i tymczasowe przymocowanie ich do podłoża (nie dotyczy ściany odpowietrznej).
- f. Ułożenie drugiej warstwy geosiatki Tensar SS30 (nie dotyczy ściany odpowietrznej).
- g. Ułożenie i zagęszczenie drugiej warstwy pospółki grubości 30 cm (nie dotyczy ściany odpowietrznej).
- h. Pospółkę należy zagęścić do wskaźnika zagęszczenia  $I_s \geq 1,0$ .
- i. Ułożenie drugiej warstwy geowłókniny.

**Uwaga:** W obrębie sekcji 9 występuje lokalne obniżenie terenu. W celu wyrównania poziomu podstawy ściany oporowej do poziomu sekcji 8 i 10 zaprojektowano wykonanie w tym miejscu materaca z czterech warstw geosiatki Tensar SS30 o łącznej grubości 1,20 m. Technologia wykonania takiego materaca jest taka sama jak w przypadku materaca dwuwarstwowego.

Obliczanie ściany oporowej z bloczków betonowych będzie oparte na ławie fundamentowej leżącej bezpośrednio na materacu z pospółki i geosiatek. W obszarach pod końcami poszczególnych odcinków ław fundamentowych na szerokości około 2 m (po 1 m po obu stronach ławy) należy miejscowo ulepszyć kruszywo materaca poprzez dodatek cementu – patrz rys. A.

**UWAGA:** W obliczeniach wzmocnienia podłoża ściany oporowej wykorzystano parametry i unikalne właściwości geosiatek o sztywnych węzłach Tensar. W przypadku zastosowania do budowy ściany geosiatek innego typu, nawet jeśli spełniałyby one podstawowe parametry wytrzymałościowe geosiatek Tensar, należy ponownie zaprojektować wzmocnienie podłoża ściany oporowej.



**Rys A:** Schemat miejscowego ulepszenia pospółki cementem w obrębie końca ławy fundamentowej

## **8. Sprawdzenie stateczności ogólnej projektowanej zapory z gruntu zbrojonego**

Stateczność ogólna (zewnętrzna) projektowanych ścian z gruntu zbrojonego została sprawdzona przy pomocy programu WinSlope firmy Tensar International. Stateczność nasypu została sprawdzona dwoma metodami: metodą kołowych powierzchni poślizgu (uproszczona metoda Bishopa) oraz metodą niekołowych powierzchni poślizgu (metoda Janbu).

Sprawdzenie stateczności przeprowadzono dla najbardziej niekorzystnego – tj. najwyższego – przekroju zapory.

Sprawdzenie przeprowadzono dla różnych wariantów pracy zapory:

- Wariant 1: bezpośrednio po wykonaniu, bez zewnętrznych zwierciadeł wody;
- Wariant 2: z uwzględnieniem jedynie maksymalnego poziomu zewnętrznej wody stojącej w stawie po odpowietrznej stronie zapory (124,50 m.n.p.m). Jest to wariant awaryjny, gdyż przy normalnej pracy przepompowni poziom wody po odpowietrznej stronie zapory nie przekracza 122,40 m.n.p.m.
- Wariant 3: z uwzględnieniem jedynie maksymalnego poziomu zewnętrznej wody stojącej w głównym zbiorniku po stronie odwodnej (125,00 m.n.p.m);
- Wariant 4: z uwzględnieniem zarówno maksymalnego poziomu zewnętrznej wody stojącej po odpowietrznej (124,50 m.n.p.m) jak i po odwodnej stronie zapory (125,00 m.n.p.m.).

Zaprojektowane oblicowanie z bloczków betonowych jest przepuszczalne dla wody. Dodatkowo z informacji uzyskanych od Zamawiającego wynika, że maksymalna prędkość opadania poziomu wody w zbiorniku będzie wynosiła ok. 20 cm/dobę, czyli znacznie mniej niż wynosi wodoprzepuszczalność gruntu zasypowego. W związku z tym założono, że poziom wody we wnętrzu nasypu będzie zmieniał się tak samo jak poziom wody na zewnątrz zapory.

Dla wszystkich sprawdzanych wariantów uzyskano współczynnik bezpieczeństwa  $F \geq 1,50$ .

Wyniki obliczeń wykonanych w programie WinSlope znajdują się w załączniku 1.

## **9. Projektowanie zbrojenia odwodnej ściany oporowej**

Obliczenia ścian oporowych z gruntu zbrojonego przeprowadzono przy pomocy programu WinWall firmy Tensar International.

W ramach obliczeń przyjęto zbrojenie i sprawdzono stateczność dla siedemnastu sekcji ściany oporowej różniących się wysokością. Procedura obliczeniowa dla każdej sekcji przebiegała w dwóch etapach. W pierwszym etapie przyjmowano długość zbrojenia z geosiatek konieczną z punktu widzenia uzyskania stateczności zewnętrznej całego bloku gruntu zbrojonego. W drugim etapie przyjmowano ilość warstw, rozstaw i typ (wytrzymałość) geosiatek konieczne z punktu widzenia uzyskania stateczności wewnętrznej bloku gruntu zbrojonego.



Obliczenia przeprowadzono dla dwóch wariantów pracy ściany oporowej:

- Wariant 1: bezpośrednio po wykonaniu, bez zewnętrznego zwierciadła wody,
- Wariant 2: z uwzględnieniem maksymalnego poziomu wody w zbiorniku.

Założono, że poziom wody we wnętrzu bloku gruntu zbrojonego będzie zmieniał się tak samo jak poziom wody na zewnątrz ściany.

Zaprojektowane zbrojenie dla poszczególnych sekcji ściany odwodnej przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2:** Obliczone zbrojenie sekcji 1 – 17 ściany odwodnej.

Sekcja nr	Długość sekcji [m]	Wysokość [m]	Zbrojenie		
			długość [m]	ilość warstw	typ geosiatki
1	10,40	2,22 – 2,25	4,10	4	Tensar 40RE
2	11,70	2,78 – 2,82	4,30	4	Tensar 40RE
3	5,20	3,36 – 3,38	4,80	4 + 1*	Tensar 40RE
4	7,80	3,94 – 3,96	5,40	5 + 1*	Tensar 40RE
5	7,80	4,52 – 4,54	6,00	6 + 1*	Tensar 40RE
6	13,00	5,08 – 5,12	6,70	7 + 1*	Tensar 40RE
7	13,00	5,64 – 5,69	7,20	9	Tensar 40RE
8	62,40	6,11 – 6,24	7,50	10	Tensar 40RE
9	16,90	6,10 – 6,11	7,50	10	Tensar 40RE
10	37,70	6,10 – 6,14	7,50	10	Tensar 40RE
11	20,80	5,54 – 5,59	7,20	9	Tensar 40RE
12	29,90	4,99 – 5,07	6,70	7 + 1*	Tensar 40RE
13	19,50	4,47 – 4,53	6,00	6 + 1*	Tensar 40RE
14	22,10	3,93 – 3,99	5,40	5 + 1*	Tensar 40RE
15	20,80	3,39 – 3,46	4,80	4 + 1*	Tensar 40RE
16	2,60	2,86	4,30	4	Tensar 40RE
17	3,90	2,26 – 2,28	4,10	4	Tensar 40RE

\* dodatkowa technologiczna warstwa geosiatki o długości 2,00 m.

W sekcjach 3 – 6 oraz 12 – 15 najwyższa warstwa geosiatki ma długość 2,00 m. Jest to dodatkowa geosiatka dodana ze względów technologicznych. Jej funkcją jest prawidłowe zakotwienie obliczowania z bloczków TW1 w górnej części ściany oporowej.

Wyniki obliczeń wykonanych w programie WinWall znajdują się w załączniku 2.

**UWAGA:** Obliczenia stateczności wewnętrznej ściany oporowej przeprowadzono przy pomocy programu specjalnie dostosowanego do parametrów i właściwości geosiatek o sztywnych węzłach Tensar. W przypadku zastosowania do budowy ściany geosiatek innego typu, nawet jeśli spełniałyby one podstawowe parametry wytrzymałościowe geosiatek Tensar, należy ponownie wykonać obliczenia stateczności ściany.

## 10. Projektowanie zbrojenia odpowietrznej ściany oporowej

Zbrojenie odpowietrznej ściany oporowej zaprojektowano w taki sam sposób jak zbrojenie ściany odwodnej.

Ze względu na stałą wysokość odpowietrznej ściany oporowej jej zbrojenie jest identyczne na całej długości.

Zaprojektowane zbrojenie dla odpowietrznej ściany oporowej przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3:** Obliczone zbrojenie ściany odpowietrznej.

Długość ściany [m]	Wysokość [m]	Zbrojenie		
		długość [m]	ilość warstw	typ geosiatki
70,20	1,80	4,20	4	Tensar 40RE

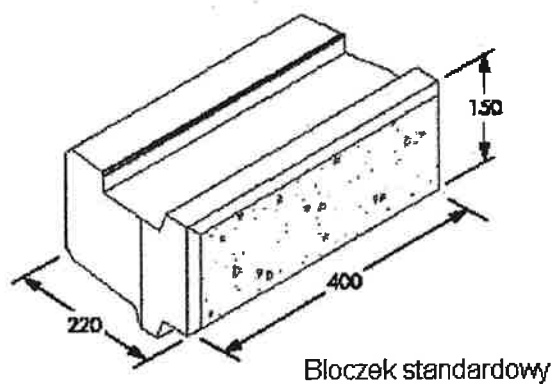
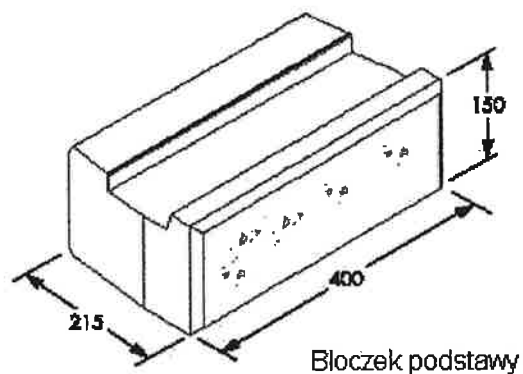
Wyniki obliczeń wykonanych w programie WinWall znajdują się w załączniku 3.

**UWAGA:** Obliczenia stateczności wewnętrznej ściany oporowej przeprowadzono przy pomocy programu specjalnie dostosowanego do parametrów i właściwości geosiatek o sztywnych węzłach Tensar. W przypadku zastosowania do budowy ściany geosiatek innego typu, nawet jeśli spełniałyby one podstawowe parametry wytrzymałościowe geosiatek Tensar, należy ponownie wykonać obliczenia stateczności ściany.

## 11. Technologia wykonywania ścian oporowych z gruntu zbrojonego z oblicowaniem z bloczków TW1

### 11.1 Bloczki typu TW1

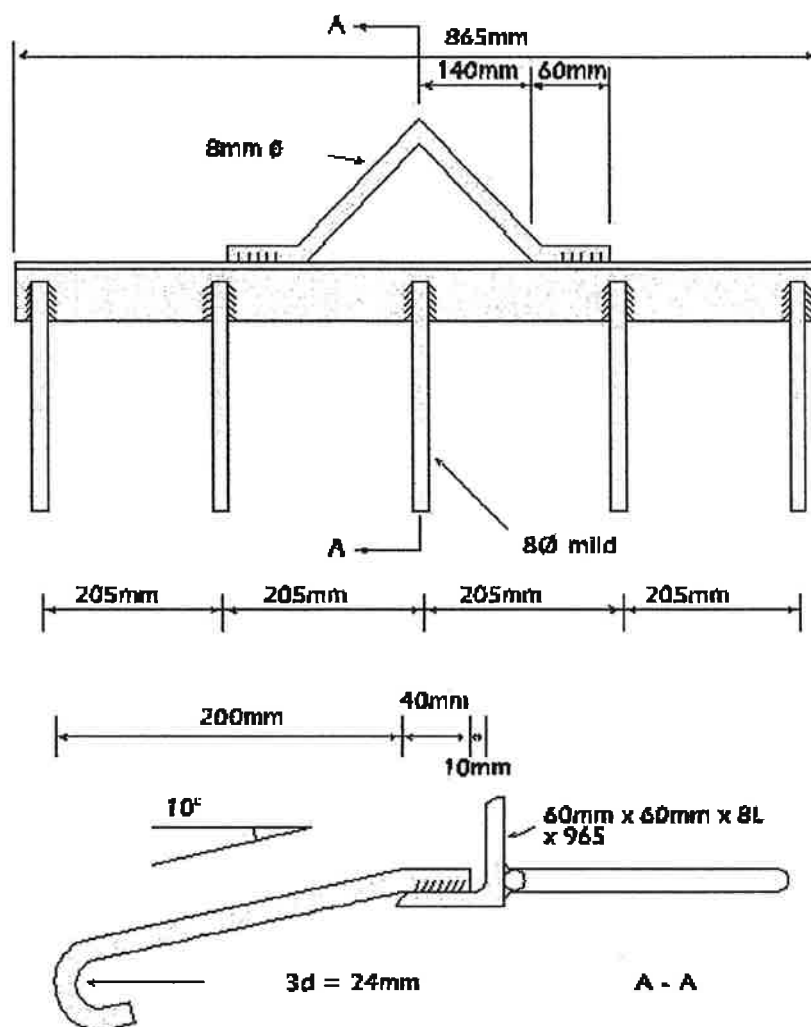
Do wznoszenia ścian oporowych w systemie Tensar Wall TW1 stosowane są dwie odmiany bloczków – „bloczki podstawy” z płaską dolną powierzchnią oraz „bloczki standardowe”. Bloczki TW1 przedstawiono na rysunku B.



**Rys B:** Błoczki typu TW1

## 11.2 Belka naciągająca

Przed przystąpieniem do budowy ściany należy przygotować „belkę naciągającą” służącą do naprężania pasm geosiatki Tensar 40RE. Belkę należy wykonać z prętów stalowych  $\phi 8$  mm i kątownika 60x60x8 zgodnie z rysunkiem C.



**Rys. C:** Belka naciągająca

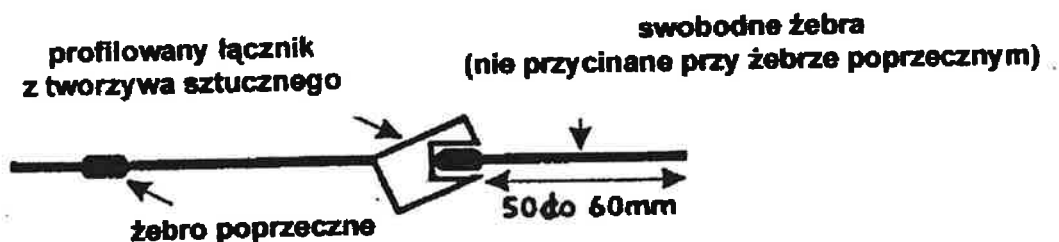
### 11.3 Kolejność czynności przy wykonywaniu ścian oporowych

Opisana poniżej technologia wykonywania ścian oporowych jest taka sama zarówno dla ściany odwodnej jak i dla krótszej ściany odpowietrznej.

**UWAGA:** Kolejne warstwy bloczków układane są z przesunięciem o pół bloczka w stosunku do warstwy poprzedniej.

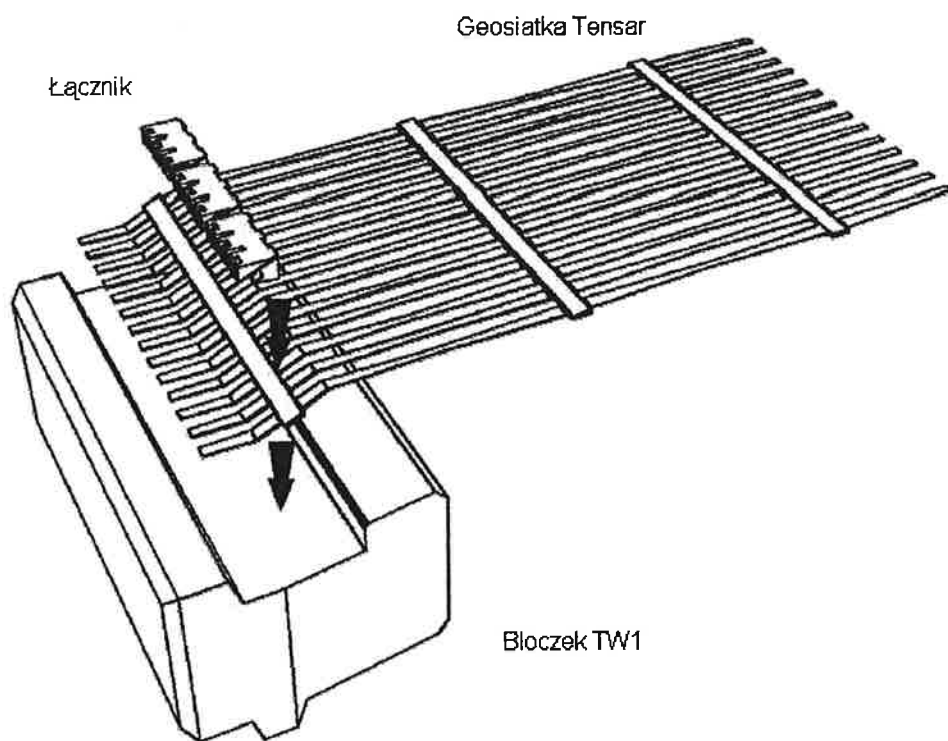
- Wylanie betonowej ławy fundamentowej zgodnie z wymaganymi rzędnymi określonymi w projekcie drogowym. Ława fundamentowa powinna być wykonana z betonu B30. Ławę należy zbroić czterema prętami  $\phi 16$  mm ze stali żebrowanej, dwa pręty góra, dwa dołem, ze strzemionami  $\phi 4,5$  mm co 0,5 m – patrz szczegół na rys. 24 w części rysunkowej. Ławę fundamentową należy zdylatować co 10 m długości. Należy pamiętać o wykonaniu ulepszenia kruszywa cementem w obszarach pod końcami ław fundamentowych - patrz p. 7 i rysunek A.
- Ułożenie i zagęszczenie gruntu zasypowego do wysokości wierzchu ławy fundamentowej.

- c. Ułożenie pierwszej warstwy bloczków – bloczków podstawy - na zaprawie cementowo-piaskowej na ławie fundamentowej.
- d. Ułożenie i zagęszczenie gruntu zasypowego do wysokości wierzchu warstwy bloczków (poziomu układania warstwy geosiatki). Warstwa gruntu powinna kończyć się w odległości 35 cm (szerokość warstwy drenażowej) od bloczków.
- e. Ułożenie i zagęszczenie kruszywa warstwy drenażowej pomiędzy gruntem zasypowym a bloczkami.
- f. W trakcie układania gruntu zasypowego i kruszywa warstwy drenażowej należy pomiędzy nimi umieścić geowłókninę separacyjną zgodnie z rysunkiem.
- g. Grunt należy zagęszczać płytą wibracyjną lub lekkim walcem wibracyjnym. Nie należy przeprowadzać zagęszczania w odległości mniejszej niż 150 mm od bloczków. W odległości do 2 m od lica ściany należy użyć sprzętu o nacisku na metr długości bębna poniżej 1300 kg i całkowitej masie poniżej 1000 kg. **Należy zwrócić uwagę, aby rzędna warstwy gruntu po zagęszczeniu dokładnie odpowiadała rzędnej układania warstwy geosiatki.** Grunt nasypowy należy zagęścić do wskaźnika zagęszczenia  $Is \geq 0,97$ .
- h. Równocześnie ze wznoszeniem ściany oporowej należy układać warstwy gruntu w nasypie poza blokiem gruntu zbrojonego przy użyciu normalnego sprzętu do robót ziemnych. Pozostałą część nasypu i wszelkie urządzenia należy wykonać zgodnie z projektem drogowym.
- i. Przycięcie pasm geosiatki Tensar do odpowiedniej długości właściwej dla danej sekcji ściany. Jeden koniec pasma powinien być ucięty w taki sposób, aby był zakończony swobodnymi zębami o długości 50 - 60 mm (na całej szerokości pasma). Nie należy przycinać geosiatki bezpośrednio za zębem poprzecznym.



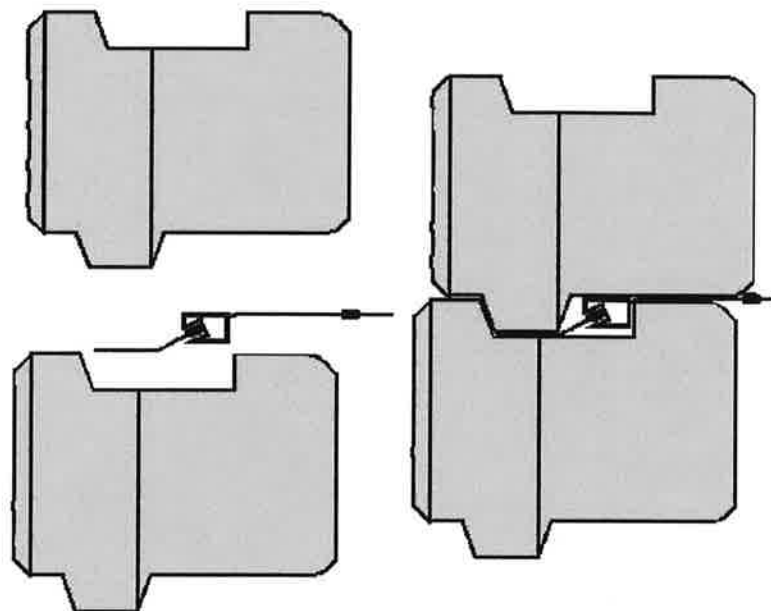
**Rys. D:** Schemat przygotowania końca pasma geosiatki (patrz również rys. G)

- j. Usunięcie wszelkich zanieczyszczeń z górnej powierzchni bloczków (najlepiej za pomocą szczotek).
- k. Ułożenie przygotowanego końca pasma geosiatki nad bloczkami i założenie na nim profilowanego łącznika z tworzywa sztucznego. Poprzeczne zębro geosiatki powinno być zaczepione o łącznik. Należy upewnić się, że każde oczko geosiatki zostało prawidłowo zaczepione o występek łącznika. W razie konieczności łącznik może zostać przecięty.
- l. Umieszczenie łącznika z siatką we wnęce w bloczku. Łącznik powinien być dokładnie wpasowany we wnękę. Przycięte zębra siatki należy skierować na zewnątrz ściany.



**Rys. E:** Mocowanie geosiatki i łącznika we wnęce bloczka TW1

- m. Procedurę należy powtórzyć na całej długości ściany (aktualnie wykonywanego fragmentu ściany).
- n. Ponowne oczyszczenie górnej powierzchni bloczków i ułożenie kolejnej ich warstwy. Od tego momentu do szczytu ściany stosowane są bloczki standardowe, układane „na sucho”, bez zaprawy. Elementy należy układać tak, aby występ w dolnej części bloczka opierał się o przednią ściankę wnęki w bloczku leżącym poniżej.

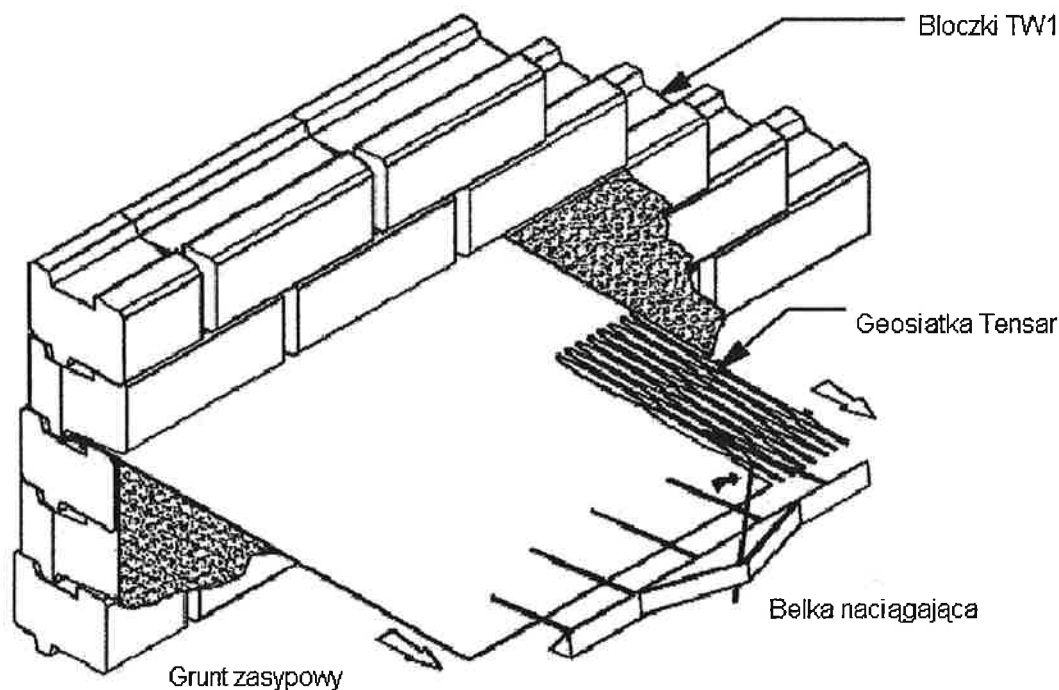


**Rys F:** Układanie bloczków TW1 i mocowanie geosiatki z łącznikiem



**Rys. G:** Widok ułożonych bloczków i geosiatki z łącznikiem

- o. Wstępne, lekkie naciągnięcie siatki, tak, aby łącznik oparł się o tylną ściankę wnęki.
- p. Ułożenie przynajmniej trzech kolejnych warstw bloczków, dokładnie przylegających do niższych warstw.
- q. Umieszczenie belki naciągającej na swobodnym końcu siatki i **przyłożenie obciążenia wystarczającego do usunięcia wszelkich luzów i sfałowań.**



**Rys. H: Naciąganie pasma geosiatki**

- r. **Utrzymując naciągnięcie geosiatki należy umieścić na niej warstwę gruntu wystarczającą do utrzymania siatki w niezmiennym położeniu po zdjęciu obciążenia. Następnie należy zdjąć obciążenie i zdemontować belkę.**
- s. Nie dopuszcza się ruchu jakichkolwiek pojazdów bezpośrednio po rozłożonej geosiatce. Ruch pojazdów jest możliwy pod warunkiem, że na geosiatce spoczywa warstwa gruntu o grubości przynajmniej 150 mm. Grunt nasypowy powinien być układany z zastosowaniem ładowarki lub koparki, tak, aby opadał z niewielkiej wysokości na geosiatkę. Maszyny układające grunt nie powinny pracować w odległości mniejszej niż 2 m od lica ściany.
- t. Umieszczenie i zagęszczenie gruntu zasypowego i kruszywa warstwy drenażowej rozdzielonych geowłókniną w warstwach do poziomu następnej geosiatki, tak jak w p. d - h. Należy pamiętać, aby za każdym razem powyżej warstwy gruntu znajdowały się przynajmniej trzy warstwy bloczków. Zagęszczanie zawsze powinno rozpoczynać się przy zewnętrznej części ściany i postępować w kierunku swobodnego końca siatki.
- u. Odcinki siatki przymocowane do ściany powyżej poziomu gruntu powinny być tymczasowo zawinięte ponad szczytem ściany tak, aby nie przeszkadzały w pracy.
- v. Należy powtarzać kroki d - u aż do wzniesienia ściany o wymaganej wysokości.
- w. Ostatnią warstwę bloczków należy układać na zaprawie.



- x. Ze względu na zmienną wysokość ściany na niektórych odcinkach może dojść do sytuacji, że pod kapą wieńczącą nie będzie wystarczającej ilości miejsca na ułożenie ostatniej warstwy bloczków TW1. W takim wypadku bloczki na ostatnią warstwę należy przyciąć do odpowiedniej wysokości a najwyższą warstwę bloczków wyrównać betonem wyrównawczym.
- y. Na szczycie ściany należy wykonać kapę wieńczącą. Szczegóły dotyczące wymiarów i zbrojenia kapy znajdują się w projekcie drogowym. Należy pamiętać, aby pomiędzy kapą a wierzchem ostatniej warstwy bloczków znajdowała się szczelina zapobiegająca przekazywaniu obciążeń z kapy bezpośrednio na bloczki. W celu ułatwienia wylewania kapy szczelinę taką można utworzyć poprzez ułożenie płyty z miękkiego styropianu.
- z. Podczas wykonywania odwodnej ściany oporowej w oblicowaniu należy umieścić rurki drenażowe o średnicy 5 cm i długości 22 cm dochodzące do warstwy drenażowej z kruszywa. Rurki należy umieszczać co 5 m długości ściany, naprzemiennie na wysokości 0,3 i 1,35 m od wierzchu ławy fundamentowej. Uwaga: rurki drenażowe należy instalować tylko w ścianie odwodnej. W przypadku ściany odpowietrznej należy pominąć ten punkt.  
Rurki drenażowe umieszczone w oblicowaniu ściany odwodnej mają za zadanie ułatwienie wyrównywania poziomu wody w zbiorniku i w gruncie zasypowym, co jest ważne z punktu widzenia stateczności wewnętrznej ściany oporowej.
- aa. Podstawę ściany odwodnej należy zabezpieczyć poprzez wykonanie narzutu z kamienia łamanego zgodnie z rysunkiem nr 24.
- bb. W trakcie wykonywania robót należy zapewnić odpowiednie barierki zabezpieczające, zgodnie z wymogami BHP.

## 12. Specyfikacje wyrobów użytych do zbrojenia nasypu

### 12.1 Geosiatka syntetyczna o sztywnych węzłach Tensar 40RE

Do wykonania ścian oporowych z gruntu zbrojonego należy zastosować geosiatkę spełniającą następujące wymagania:

- a. Geosiatka użyta jako zbrojenie powinna być produkowana zgodnie z wymaganiami określonymi w normie jakościowej ISO 9002. (EN 29002). Geosiatka powinna posiadać aprobatę polskiej instytucji, uprawnionej do wydawania aprobat technicznych.
- b. Jako wzmocnienie należy użyć **geosiatki o sztywnych węzłach**, wyprodukowanej z pasma polietylenu wysokiej gęstości (HDPE), w taki sposób, że powstała struktura jest zorientowana w jednym kierunku. Poprzeczne żebra powinny stanowić integralny element struktury geosiatki. Nie dopuszcza się widocznych połączeń (przeplatanie, zgrzewanie) w węzłach.
- c. Żebra geosiatki powinny mieć przekrój prostokątny, zapewniający dobre oparcie ziarnom kruszywa.
- d. Geosiatka powinna być odporna na związki chemiczne naturalnie występujące w gruncie oraz rozpuszczalniki w temperaturze otoczenia. Nie może być

wrażliwa na hydrolizę, musi być odporna na działanie wodnych roztworów soli, kwasów i zasad. Nie może podlegać biodegradacji. Polimer tworzący geosiatkę powinien zawierać dodatek co najmniej 2% sadzy węglowej, stanowiącej inhibitor działania promieniowania ultrafioletowego.

- e. Masa powierzchniowa 290 g/m<sup>2</sup>. Wymiary oczek w osiach 235x24 mm.
- f. Parametry mechaniczne podano w tabeli 4.

**Tabela 4.** Parametry mechaniczne geosiatki Tensar 40RE

Parametr	Wartość	Metoda badania
Wytrzymałość na rozciąganie [kN/m] wzdłuż	≥52,00	ISO 10319
Odkształcenie przy zerwaniu [%] wzdłuż	≤10,50	ISO 10319
Siła przejmowana przy odkształceniu 2% [kN/m], wzdłuż	≥12,00	ISO 10319
Siła przejmowana przy odkształceniu 5% [kN/m], wzdłuż	≥25,00	ISO 10319
Wytrzymałość na rozciąganie z uwzględnieniem pełzania w okresie 120 lat przy średniej temperaturze gruntu 10°C[kN/m] wzdłuż	≥23,00	BS 6906 cz.5
Wytrzymałość połączeń między podłużnymi i poprzecznymi żebrami geosiatki	≥95% wytrzymałości geosiatki na rozciąganie	GG2-87 Geosynthetic Research Institute Drexel University, USA

Obliczenia stateczności wewnętrznej ściany oporowej przeprowadzono przy pomocy programu specjalnie dostosowanego do parametrów i właściwości geosiatek o sztywnych węzłach Tensar. W przypadku zastosowania do budowy ściany geosiatek innego typu, nawet jeśli spełniałyby one podstawowe parametry wytrzymałościowe geosiatek Tensar, należy ponownie wykonać obliczenia stateczności ściany.

## 12.2 Geosiatka syntetyczna o sztywnych węzłach Tensar SS30

Do wykonania wzmocnienia podłoża pod ścianami oporowymi należy stosować geosiatkę spełniającą następujące wymagania:

- a. Jako wzmocnienie należy użyć **geosiatki o sztywnych węzłach** o strukturze rusztu (grid), wyprodukowanej z pasma polipropylenu, w taki sposób, że powstała struktura jest zorientowana w dwóch kierunkach. Węzły geosiatki powinny być sztywne i stanowić integralny element struktury geosiatki. Nie

dopuszcza się połączeń (przeplatanie, zgrzewanie) w obrębie węzła. Przekrój poprzeczny żeber siatki powinien być prostokątny. Oczka geosiatki powinny być sztywne, tj. powinny zachowywać kształt po przyłożeniu siły ukośnej w stosunku do kierunku produkcji geosiatki.

- b. Geosiatka powinna być odporna na związki chemiczne naturalnie występujące w gruncie oraz rozpuszczalniki w temperaturze otoczenia. Nie może być wrażliwa na hydrolizę, musi być odporna na działanie wodnych roztworów soli, kwasów i zasad. Nie może podlegać biodegradacji. Polimer tworzący geosiatkę powinien zawierać dodatek co najmniej 2% sadzy węglowej, stanowiącej inhibitor działania promieniowania ultrafioletowego.
- c. Masa powierzchniowa 300 g/m<sup>2</sup>. Wymiary oczek w osiach 39x39 mm.
- d. Parametry mechaniczne podano w tabeli 5.

**Tabela 5.** Parametry mechaniczne geosiatki Tensar SS30

Parametr	Wartość	Metoda badania
Wytrzymałość na rozciąganie [kN/m] • wszerz • wzdłuż	≥31,00 ≥32,00	ISO 10319
Odkształcenie przy zerwaniu [%] • wszerz • wzdłuż	≤11,00 ≤10,00	ISO 10319
Siła przejmowana przy odkształceniu 2% [kN/m] • wszerz • wzdłuż	≥10,50 ≥10,50	ISO 10319
Siła przejmowana przy odkształceniu 5% [kN/m] • wszerz • wzdłuż	≥21,00 ≥21,00	ISO 10319
Wytrzymałość połączeń między podłużnymi i poprzecznymi żebrami geosiatki	≥95% wytrzymałości geosiatki na rozciąganie	GG2-87 Geosynthetic Research Institute Drexel University, USA

- e. Geosiatka użyta jako wzmocnienie powinna być produkowana zgodnie z wymaganiami określonymi w normie jakościowej ISO 9002. (EN 29002). Geosiatka powinna posiadać aprobatę polskiej instytucji, uprawnionej do wydawania aprobat technicznych.

W obliczeniach wzmocnienia podłoża ściany oporowej wykorzystano parametry i unikalne właściwości geosiatek o sztywnych węzłach Tensar. W przypadku zastosowania do budowy ściany geosiatek innego typu, nawet jeśli spełniałyby one podstawowe parametry wytrzymałościowe geosiatek Tensar, należy ponownie zaprojektować wzmocnienie podłoża ściany oporowej.

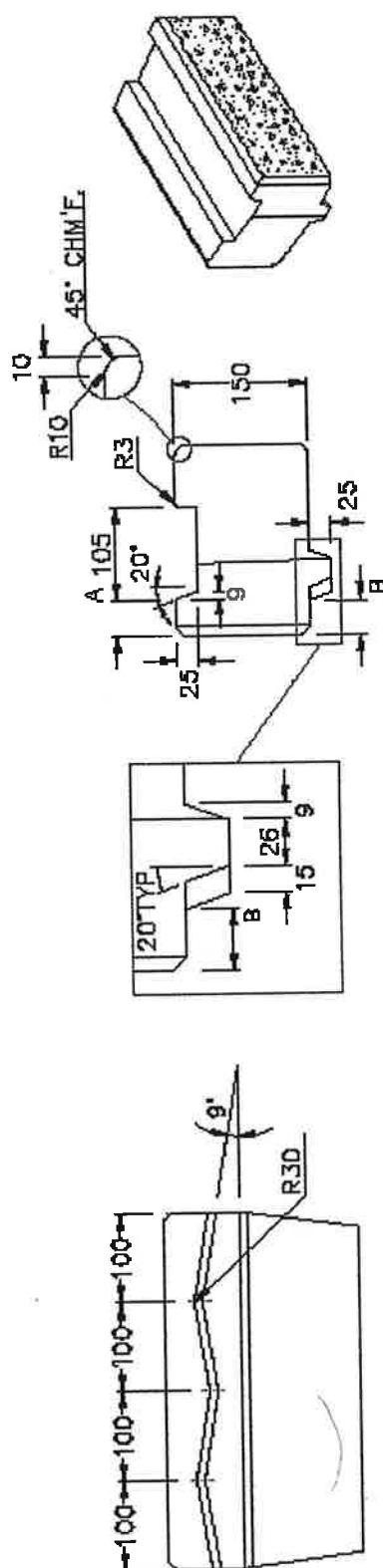
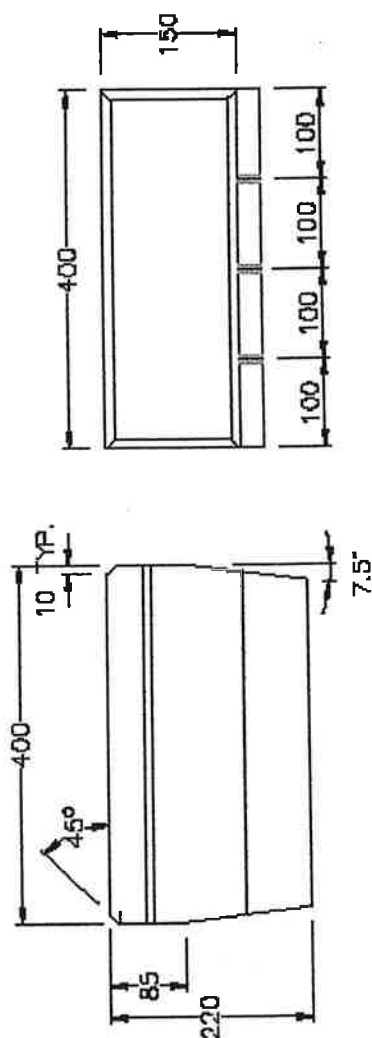
### 12.3 Bloczki TW1

Kształt i wymiary bloczków TW1 przedstawiono na rys. I. Wymagania dotyczące właściwości bloczków przedstawiono w tabeli 6.

**Tabela 6.** Wymagane właściwości bloczków TW1

Właściwości	Jednostki	Wymagania
Beton	MPa	B45
Nasiąkliwość betonu	%	≤4
Stopień mrozoodporności	-	≥F150

kąt nachylenia ściany	wymiar A	wymiar B
84°	47	32
85°	46	33
86°	45	35
87°	44	36
88°	43	38
89°	41	39



**Rys. 1** Wymiary bloczków TW1 (należy zastosować wymiary dla kąta pochylenia ściany 86°)

## 12.4 Grunt zasypowy

Niniejszy projekt dotyczy ścian oporowych, które będą elementami nasypu tworzącego zapórę wodną. Do wykonania ścian oporowych z gruntu zbrojonego należy zastosować grunt zasypowy w postaci piasku lub pospółki o parametrach podanych w tabeli 7.

**Tabela 7:** Wymagane parametry kruszywa

Parametr	Wymagana wartość
wskaźnik różnoziarnistości $u = d_{60}/d_{10}$	$> 5$
kąt tarcia wewnętrznego	$> 30^{\circ}$
zawartość ziarn $< 0,075$ mm	$< 15\%$
wodoprzepuszczalność	$\geq 5$ m/dobę

Rodzaj zastosowanego kruszywa musi gwarantować uzyskanie wskaźnika zagęszczenia  $Is \geq 0,97$ .

Do wykonania pozostałej części nasypu (poza blokami gruntu zbrojonego) należy zastosować grunt przepuszczalny.

Spełnienie wymogu wodoprzepuszczalności jest niezbędne w celu zachowania stateczności konstrukcji ścian oporowych.

## 12.5 Grunt do materaca wzmacniającego podłoże

Jako grunt zasypowy do wykonania materaca wzmacniającego podłoże pod ścianami oporowymi należy zastosować pospółkę o parametrach podanych w tabeli 8.

**Tabela 8:** Wymagane parametry kruszywa do materaca wzmacniającego

Parametr	Wymagana wartość
wskaźnik różnoziarnistości $u = d_{60}/d_{10}$	$> 5$
kąt tarcia wewnętrznego	$> 32^{\circ}$
zawartość ziarn $> 2$ mm	$> 40\%$
zawartość ziarn $< 0,075$ mm	$< 10\%$
wodoprzepuszczalność	$\geq 8$ m/dobę

Rodzaj zastosowanego kruszywa musi gwarantować uzyskanie wskaźnika zagęszczenia  $Is \geq 1,0$ .

## 12.6 Kruszywo do warstwy drenażowej

Do wykonania warstwy drenażowej należy zastosować kruszywo łamane niesortowane granitowe o uziarnieniu 2/31,5 i o parametrach spełniających wymagania podane w tabeli 9,

**Tabela 9:** Wymagane parametry kruszywa do warstwy drenażowej

Parametr	Wymagana wartość
zawartość nadziarna (powyżej 31,5 mm)	≤ 10%
zawartość podziarna (poniżej 2 mm)	≤ 10%
zawartość frakcji poniżej 0,074 mm	≤ 3%
zawartość ziarn nieforemnych	≤ 30%
wodoprzepuszczalność	≥ 20 m/dobę
mrozoodporność, ziarn większych od 2 mm, ubytek masy po 25 cyklach	≤ 10%
ścieralność ziarn większych od 2 mm, ubytek masy	≤ 30%
zawartość zanieczyszczeń obcych	≤ 0,2%

## 12.7 Geowłóknina separacyjna

Przy budowie zapory bocznej należy stosować geowłókninę spełniającą parametry podane w tabeli 10.

**Tabela 10:** Wymagane parametry geowłókniny separacyjnej

Parametr	Wartość	Metoda badania
masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ]	150	PN-EN 965:1999
wytrzymałość na rozciąganie [kN/m] • wzdłuż • wszerz	≥7,5 ≥9,0	PN-ISO 10319:1996
wydłużenie przy zerwaniu [%] • wzdłuż • wszerz	≤65 ≤65	PN-ISO 10319:1996
odporność na przebicie CBR [kN]	≥1,5	PN-EN ISO 10319:1996
wymiar porów O <sub>90</sub> [mm]	0,14	PN-EN ISO 12956
wodoprzepuszczalność prostopadła do płaszczyzny geowłókniny [10 <sup>-3</sup> x m/s], przy obciążeniu: • 2 kPa • 200 kPa	2,0 0,3	Procedura IBDiM PB-TG-02/2000

## 12.8 Kruszywo do narzutu kamiennego

Do wykonania narzutu kamiennego ochraniającego podstawę odwodnej ściany oporowej należy zastosować kamień łamany granitowy o uziarnieniu 60/200. Kamień musi być mrozoodporny.

### 13. Obliczone ilości geosyntetyków i bloczków prefabrykowanych

Zestawienie ilości geosyntetyków i bloczków prefabrykowanych potrzebnych do wykonania zapory bocznej przedstawiono w tabeli 11.

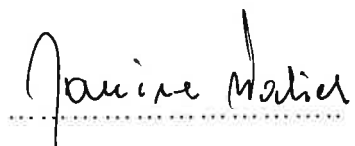
**Tabela 11:** Zestawienie materiałów do budowy zapory bocznej

Materiał	Ilość potrzebna do wykonania		
	ściany odwodnej	ściany odpowietrznej	łącznie
geosiatka Tensar 40RE*	15 320 m <sup>2</sup>	1 180 m <sup>2</sup>	<b>16 500 m<sup>2</sup> *</b>
geosiatka Tensar SS30*	5 890 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>	<b>6 290 m<sup>2</sup> *</b>
geowłóknina separacyjna*	8 760 m <sup>2</sup>	1 230 m <sup>2</sup>	<b>9 990 m<sup>2</sup> *</b>
łączniki z tworzywa sztucznego	2 440 m.b.	281 m.b.	<b>2721 m.b.</b>
bloczki TW1	25 656 szt (1540 m <sup>2</sup> )	2 172 szt (130 m <sup>2</sup> )	<b>27 828 szt (1670 m<sup>2</sup>)</b>

*\* Potrzebne ilości geosyntetyków należy zwiększyć ze względu na dodatkowe zużycie materiałów wynikające z konieczności stosowania zakładów, docinania rolek itp. Ilość podaną w tabeli należy zwiększyć o 5% w przypadku geosiatki Tensar 40RE, 10% w przypadku geosiatki Tensar SS30 i 15% w przypadku geowłókniny separacyjnej.*

Autorzy opracowania:

Mgr inż. Janina Walicka  
upr. proj. nr 495/Gd/81



Mgr inż. Piotr Mazurowski



Mgr inż. Piotr Urbański



Sprawdził:

Prof. dr hab. inż. Józef Judycki  
upr. proj. nr 2118/Gd/85

