



INNOWACYJNE ZASTOSOWANIE SPOIWA GRUNTAR

Wykorzystanie cementu do betonu - wzmacnianie oraz naprawianie wałów przeciwpowodziowych poprzez wykonywanie ścianek szczelinowych w ich wnętrzu.

Spoiwo GRUNTAR na bazie cementu i popiołów lotnych wapiennych to nie tylko stabilizacja gruntu i wzmocnienie podłoża pod drogi, czy nasypy. To innowacyjny materiał do nowatorskiego wykorzystania w betonie konstrukcyjnym o dobrych właściwościach wytrzymałościowych przy zachowaniu niskiej ceny. Dowody łatwo znaleźć w tej pracy. Przedstawiono je na przykładzie budowy ściany szczelinowej do modernizacji wałów przeciwpowodziowych najwyższych klas. Powód właśnie takiego wykorzystania spoiwa wydaje się oczywisty: obwałowania w Polsce wymagają GRUNT(AR)ownych renowacji.

Grupa A1991Z



"Daj młodemu człowiekowi mapę do Nieba,
a odda Ci ją jutro... poprawioną."

F. Dostojewski

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	4
1.1. Podstawa opracowania	4
1.2. Przedmiot, cel i zakres pracy	4
2. Charakterystyka produktu	4
2.1. Właściwości spoiwa GRUNTAR	4
2.2. Ocena wpływu składników spoiwa na jego właściwości	5
2.3. Dotychczasowe zastosowanie	6
3. Ogólne przedstawienie pomysłu	7
4. Badania i obliczenia	8
4.1. Beton kontaktorowy do ścianek szczelinowych	8
4.2. Zaprawa murarska	14
4.3. Komputerowe modelowanie działania wału przeciwpowodziowego	17
5. Kalkulacja kosztów i porównanie rozwiązań	24
5.1. Wał przeciwpowodziowy ze ścianą szczelinową jako przeponą przeciwfiltracyjną	24
5.2. Zaprawa do murowania ścian fundamentowych	27
5.3. Elementy betonowe	29
6. Analiza ekonomiczna	29
6.1. Rynek zbytu	29
6.2. Bariery wejścia	31
6.3. Przyjęcie cen materiałów	33
6.4. Konkurencyjność	37
6.5. Trwałość koncepcji	45
7. Technologia wykonania ściany szczelinowej niezbrojonej	46
7.1. Wstęp	46
7.2. Beton i jego składniki	46
7.3. Etapy i zalecenia dla wykonywania ściany szczelinowej	47
7.4. Szczególne zalecenia dla ściany w koronie wału	49

7.5. Trwałość wału przeciwpowodziowego	52
8. Inne możliwości	52
8.1. Zaprawa do ścian fundamentowych	52
8.2. Beton konstrukcyjny.....	52
8.3. Niezbrojone elementy betonowe	53
9. Innowacyjność w Polsce.....	54
9.1. GRUNTAR jako spoiwo do betonu	54
9.2. Wały przeciwpowodziowe.....	54
10. Zmiany klimatyczne w Polsce	55
11. Zrównoważony rozwój.....	57
11.1. Popioły lotne, czyli jak odpad staje się pełnowartościowym materiałem	57
11.2. Ekologiczne kruszywa	57
12. Przepisy	57
13. Rzetelność i metodyka pozyskiwania informacji	60
13.1. Konsultacje naukowe z pracownikami Politechniki Łódzkiej	60
13.2. Analiza informacji wtórnych	60
13.3. Kontakt z urzędami i firmami.....	61
13.4. Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych.....	61
14. Literatura	62
15. Załączniki	64

1. WSTĘP

1.1. Podstawa opracowania

Praca powstała w ramach konkursu „Przyszłość dróg zależy od Ciebie - nie myśl szablonowo” (ogłoszonego z okazji XIX Międzynarodowych Targów Budownictwa Drogowego) skierowanego do studentów politechnik i organizowanego przez BLL Sp. z o.o. z siedzibą w Gdyni 81-384, przy ulicy Władysława IV 53/9 oraz Targi Kielce S.A. z siedzibą w Kielcach 25-672, przy ulicy Zakładowej 1.

1.2. Przedmiot, cel i zakres pracy

Przedmiotem opracowania jest Raport prezentujący rezultaty poszukiwań nowatorskiego wykorzystania w budownictwie spoiwa drogowego GRUNTAR HSD firmy Lafarge Cement SA.

Celem niniejszego Raportu jest wskazanie i przeanalizowanie innowacyjnych zastosowań wyżej wymienionego produktu, w szczególności sprawdzenie opłacalności wykorzystania tego materiału do betonu niezbrojonego. Istotnym sukcesem byłoby wdrożenie naszego pomysłu, po dalszych badaniach, przez firmę Lafarge.

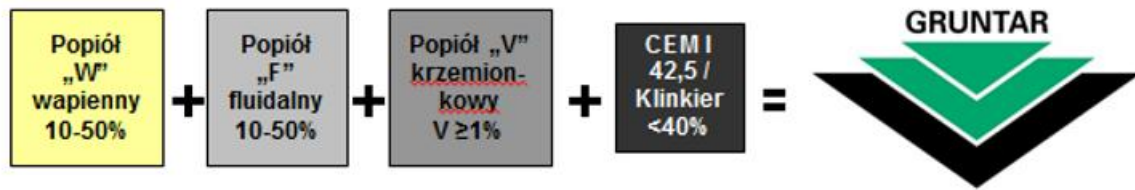
Praca obejmuje opis znanej charakterystyki produktu, dotychczasowe zastosowania oraz naukowo-badawczą i ekonomiczną analizę wykorzystania spoiwa GRUNTAR w budownictwie, z uwzględnieniem obowiązujących przepisów i tematu zrównoważonego rozwoju.

2. CHARAKTERYSTYKA PRODUKTU

2.1. Właściwości spoiwa GRUNTAR

Podstawowe cechy spoiwa określono na podstawie danych i badań dostarczonych przez producenta, aprobaty technicznej IBDiM dla produktu oraz szczegółowej specyfikacji technicznej wykonywania stabilizacji i wzmocnienia gruntu omawianym spoiwem, którego kartę produktową zamieszczono w załączniku 1.

Zgodnie z obowiązującymi dokumentami, GRUNTAR HSD jest drogowym spoiwem hydraulicznym na bazie produkowanego w cementowni klinkieru cementu portlandzkiego CEM i 42,5 oraz dodatków pucolanowych: popiołów lotnych wapiennych W, fluidalnych F i krzemionkowych V.



Rysunek 1- Schemat przedstawiający składniki spoiwa GRUNTAR

Dzięki obecności znacznej ilości wyżej wymienionych popiołów lotnych produkt ten wykazuje dużą odporność na agresję chemiczną środowiska, szczególnie agresję siarczanową, a także jest materiałem o wysokiej wodożądności (cecha pożądana w stabilizacji gruntu).

Właściwości deklarowane przez producenta:

- wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach: $R_7 \geq 7\text{MPa}$,
- wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach: $R_{28} > 22,5\text{MPa}$,
- wytrzymałość na ściskanie po 90 dniach: $42,5\text{MPa} > R_{90} > 22,5\text{MPa}$,
- początek wiązania: ≥ 120 minut,
- koniec wiązania: ≤ 12 godzin,
- wodożądność: $> 45\%$,
- zawartość siarczanów: $\leq 4,5\%$.

2.2. Ocena wpływu składników spoiwa na jego właściwości

Najważniejszym składnikiem mieszanki jest klinkier, będący podstawową częścią umożliwiającą wiązanie spoiwa GRUNTAR, a także osiągnięcie typowych właściwości dla cementu portlandzkiego CEM I.

Jednak decydujące znaczenie dla cech omawianego spoiwa mają popioły lotne wapienne i fluidalne, które są materiałami wytwarzanymi przy spalaniu węgla i stanowią bardzo duży odsetek niewykorzystanych odpadów z kotłów elektrowni. Cechy tych popiołów są silnie uzależnione od paliwa i kotła zainstalowanego w danej elektrowni, dlatego poniżej podane dane liczbowe mogą nieco odbiegać od rzeczywistych właściwości składników materiału.

Bardzo duży wpływ na właściwości spoiwa GRUNTAR ma obecność popiołów lotnych wapiennych, będących produktem spalania węgla kamiennego i brunatnego. Popioły te zostały wymienione w normie PN-EN 197-1 jako dodatki pucolanowo - hydrauliczne do cementu i są częściowo zdolne do wiązania hydraulicznego. Popiół lotny wapienny:

- zawiera co najmniej 10% reaktywnego tlenku wapnia, a przy zawartości 10-15% reaktywnego tlenku wapnia zawiera co najmniej 25% reaktywnego dwutlenku krzemu,
- charakteryzuje się stratami prażenia na poziomie co najwyżej 5%. Natomiast popioły fluidalne, będące produktem spalania węgla brunatnego oraz biomasy

w niskotemperaturowych kotłach fluidalnych, posiadają szereg cech różniących je od popiołów i żużli z palenisk tradycyjnych:

- podwyższona zawartość związków wapnia: 5-40%, w tym wolny tlenek wapnia stanowi od zera do kilkunastu procent masy,
- podwyższona zawartość związków siarki w postaci siarczanów: 3-21% ,
- odpowiednio niższa zawartość pozostałych składników występujących w popiołach i żużlu pochodzących ze spalania węgla,
- niższa zawartość pierwiastków promieniotwórczych,
- brak spieków i faz szklistych,
- niższa gęstość nasypowa (duża powierzchnia właściwa popiołu lotnego),
- wysoka wodoządnosc (na skutek nieregularnych kształtów ziarn i wysokiej porowatości).

Ponadto, w składzie materiału można znaleźć popiół lotny krzemionkowy, podwyższający odporność produktu na agresywne środowisko siarczanowe i wpływający korzystnie na proces wiązania (otrzymanie wystarczającej wytrzymałości wczesnej podczas hydratacji).

Z uwagi na dużą zawartość wysokowapniowych popiołów lotnych oraz stosunkowo niską ilość klinkieru w badanym spoiwie, materiał ten nie może być zaliczany jako cement, którego obecnie minimalna klasa to 32,5. Zgodnie z danymi producenta gwarantowaną wytrzymałością na ściskanie dla spoiwa jest wartość 22,5MPa, stąd można porównywać jego cechy do dawnego cementu klasy 25. Bazując na tych danych określono założenia i przeprowadzono odpowiednie badania opisane w dalszych punktach opracowania.

Mniej niż 40% klinkieru w składzie upodabnia produkt do cementów wieloskładnikowych CEM V o podobnych proporcjach klinkier-dodatki, jednak cementy te zawierają coraz bardziej deficytowe materiały (popiół lotny krzemionkowy, pucolana, pył krzemionkowy), które są zdecydowanie droższe od zalegających w elektrowniach wysokowapniowych popiołach lotnych, zastosowanych w produkcie firmy Lafarge. Wykorzystanie tych odpadów doskonale wpisuje się w jakże ważną ideę zrównoważonego rozwoju.

2.3. Dotychczasowe zastosowanie

Z uwagi na wyżej wymienione właściwości produkt firmy Lafarge jest polecany do stosowania przy stabilizacji podłoża pod obiekty budowlane oraz drogi. Spoiwo to wykorzystywane było dotychczas głównie w budownictwie komunikacyjnym do zwiększania przydatności podłoża gruntów mineralnych, szczególnie stabilizacji i osuszania wysadzinowych gruntów spoistych lub nasypów oraz do rewitalizacji terenów zdegradowanych.

Zgodnie z aprobatą techniczną GRUNTAR może być stosowany do:

- ulepszania właściwości gruntów przy budowie podłoży i warstw nasypów,
- realizacji stabilizowanej podbudowy zasadniczej i pomocniczej (obciążenie ruchem od KR1 do KR6) – PN-S-96012,
- realizacji podbudowy zasadniczej i pomocniczej stabilizowanej mechanicznie wg PN-S-06102 jako materiał do ulepszania właściwości mieszanek (obciążenie KR1 – KR6),
- wzmacniania podłoży nawierzchni wg PN-S-96012,
- budowy twardej nieulepszonej nawierzchni (bez jezdnej nawierzchni bitumicznej) wykonanej w technologii stabilizowanej mechanicznie nawierzchni z zabezpieczeniem górnej powierzchni natryskiem emulsją asfaltową lub warstwą kruszywa grubego.

3. OGÓLNE PRZEDSTAWIENIE POMYSŁU

Po zapoznaniu się ze specyfikacją techniczną oraz teoretycznymi właściwościami spoiwa GRUNTAR przyjęto, jako główne zalety produktu, odporność na korozję, mrozoodporność oraz ze względu na obecność popiołów lotnych założono dość dobrą wodoszczelność. Opracowano szereg innowacyjnych zastosowań drogowego spoiwa hydraulicznego GRUNTAR w szeroko rozumianym budownictwie.

W celu przeprowadzenia weryfikacji słuszności postawionych założeń, poddano materiał badaniom laboratoryjnym w dwóch, równoległych procesach, korzystając z wyposażenia Laboratorium Badawczego Materiałów i Konstrukcji Budowlanych przy Katedrze Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej oraz Laboratorium Badawczego Katedry Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych Politechniki Łódzkiej.

Poszukując zastosowania dla materiału o tych właściwościach wysunięto następujące hipotezy zastosowania:

- Wzmocnienie wałów przeciwpowodziowych poprzez zastosowanie ścianek szczelinowych w ich wnętrzu. Takie rozwiązanie gwarantuje szczelność przepony wodnej, jej stabilność oraz możliwość znacznego obciążenia.
- Wykonywanie ścian szczelinowych pod różnego rodzaju konstrukcje budowlane np. tunele.
- Zastosowanie do posadowień pośrednich, typu pale betonowe, ściany szczelinowe itp.
- Elementy betonowe ze zbrojeniem kompozytowym.

- Zaprawa murarska do bloczków fundamentowych, gwarantująca odporność na korozję siarczanową i umożliwiającą zastosowanie w trudnych warunkach środowiskowych.
- Wykonanie prefabrykowanych, niezbrojonych elementów betonowych, typu bloczki, kształtki itp.

Skupiono się przy tym na wykorzystaniu spoiwa GRUNTAR do betonu konstrukcyjnego, w szczególności jako ściana szczelinowa, będąca przegrodą wodoszczelną dla konstrukcji wału przeciwpowodziowego.

4. BADANIA I OBLICZENIA

4.1. Beton kontraktowy do ścianek szczelinowych

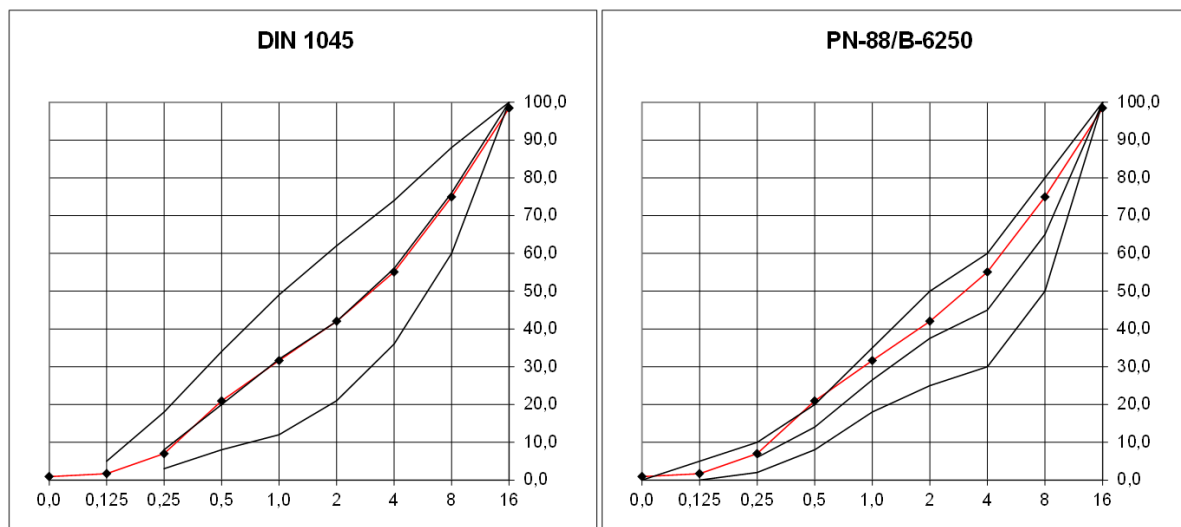
4.1.1. PROGRAM BADAŃ

Program badań obejmuje:

- Wykonanie dwóch zarobów o konsystencji opadu stożka na poziomie S4 lub S5,
- Badanie wytrzymałości na ściskanie na próbkach sześciennych po 14, 28 i 90 dniach (zgodnie z normą PN-EN 12390-3),
- Badanie głębokości penetracji wody pod ciśnieniem 0,5MPa po 72 godzinach dla próbek sześciennych (zgodnie z normą PN-EN 12390-8).

4.1.2. WYKONANIE ZAROBÓW

Badanie przeprowadzono w oparciu o procedurę normową, z naciskiem na wykorzystanie materiału przy betonowaniu metodą kontraktową. Wykonano 2 podstawowe zaroby betonowe, po 8 próbek każdy. Wymiary próbek sześciennych to 15 cm x 15 cm x 15 cm. Tabela 1 przedstawia obie receptury zastosowane do badania. Wykorzystano kruszywa umożliwiające uzyskanie znacznej szczelności betonu. Skład stosu okruszowego uzyskano, korzystając z krzywej przesiewu 16 zamieszczonej w niemieckiej normie DIN 1045 oraz uwzględniając graniczne krzywe przesiewu z polskiej normy PN-88/B-6250.



Rysunek 2 – Krzywe przesiewu kruszywa

Do mieszanek betonowych dodano domieszki: superplastyfikator polimerowy Sika ViscoCrete-3 (karta produktu w Załączniku 2) oraz plastyfikator Plastiment BVT 99 (karta produktu w Załączniku 3).

Receptura na 1 m ³ mieszanki betonowej		
Materiał	I ZARÓB	II ZARÓB
	[kg]	[kg]
Piasek 0-2 Czatolin	515	556
Żwir 2-8 Wójcice	708	765
Żwir 8-16 Wójcice	386	419
GRUNTAR 22,5 Lafarge	367	320
Woda wodociągowa	216	190
Viscorete 3 (2% m.s.)	5,38	4,79
BVT 99 (0,3% m.s.)	1,84	1,60

Tabela 1 – Receptura mieszanki betonowej

Procedura wykonania badania uwzględniała następujące punkty:

- zastosowano betoniarkę mechaniczną o pojemności 30 litrów,
- ze względu na planowane zastosowanie metody kontraktorowej do betonowania, proces mieszania trwał 2 godziny, podczas których badano konsystencję co 30 minut (w celu kontroli właściwości mieszanki),
- ze względu na planowane zastosowanie metody kontraktorowej, unikano wibrowania przy badaniach oraz formowaniu próbek. Zastosowano natomiast zagęszczanie przy użyciu pręta stalowego (sztychowanie),

- ze względu na docelowe zastosowanie betonu w gruncie, po rozformowaniu próbek, umieszczono je w wodzie, gdzie pozostawały aż do wykonania badań (przy określaniu wytrzymałości na ściskanie – próbki w stanie nasyconym wodą, powierzchniowo suchym; przy badaniu szczelności próbki wyjęte do wyschnięcia dobę przed rozpoczęciem badania),
- badano temperaturę mieszanki (aby zapobiec przegrzaniu się jej podczas mieszania) i porównywano ją z temperaturą powietrza,
- wykonano badanie wytrzymałości na ściskanie po 14 dniach oraz po 28 dniach,
- Wygospodarowano także 1 próbkę do badania wytrzymałości po 90 dniach, w celu sprawdzenia wpływu popiołów lotnych na tempo przyrostu wytrzymałości. Termin badania przekracza jednak datę zamknięcia niniejszej pracy i nie znajduje się w zakresie opracowania.

Szczegółowy raport z wykonywania zarobów zamieszczono w Załącznikach 4 i 5.



Rysunek 3 – Próbkę betonowe

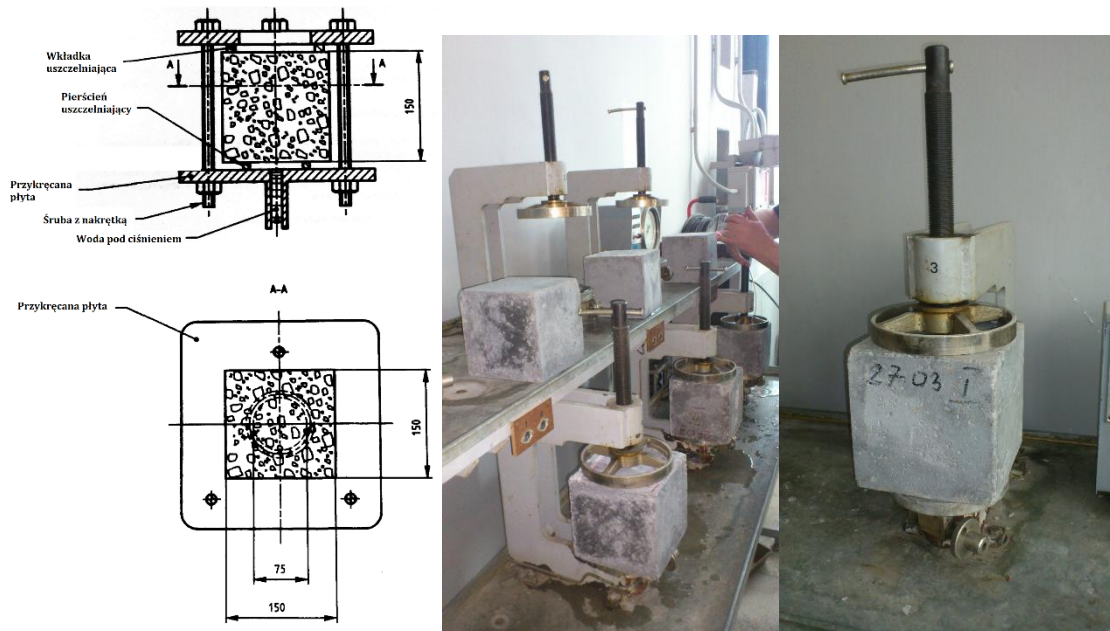
4.1.3. BADANIE GŁĘBOKOŚCI PENETRACJI WODY

Badanie szczelności wykonano w oparciu o normę PN-EN 12390-8 ("Badania betonu. Część 8 : Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem"), jednakże przeprowadzono uproszczoną procedurę ze względu na różnorakie ograniczenia. Stwierdza się natomiast, iż przeprowadzone doświadczenia wskazują dostateczną dokładność badania i pozwalają stwierdzić poszukiwaną zależność.

Próbkę penetracji wody pod ciśnieniem rozpoczęto 20 dni po zapoczątkowaniu procesu wiązania. Jest to zbyt krótki czas oczekiwania względem wymagań normowych, jednakże stwierdzono wyniki satysfakcjonujące już po tym, krótszym okresie dojrzewania.

Do badania użyto po 3 próbki z każdego zarobu. Daje to łącznie liczbę 6 próbek wymaganych w normie do przeprowadzenia badania.

Urządzenia użyte do badania są własnością akredytowanego Laboratorium Badawczego Materiałów i Konstrukcji Budowlanych przy Katedrze Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej i są zgodne z normą PN-EN 12390-8.



Rysunek 4 – Badanie głębokości penetracji wody



Po 72 godzinach działania wody o ciśnieniu 0,5MPa, próbki poddano ocenie głębokości penetracji wody w betonie, poprzez rozłupanie i zmierzenie strefy wilgotnej. Dokładny raport znajduje się w Załączniku 7.

Rysunek 5 – Wynik badania głębokości penetracji wody

4.1.4. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE



Rysunek 6 – Badanie wytrzymałości betonu

Wytrzymałość po 14 dniach

Z puli próbek przeznaczono po jednej z każdego zarobu do zbadania wartości wytrzymałości na ściskanie po 14 dniach.

Raport badania zamieszczono w załączniku 8.

Wytrzymałość po 28 dniach

Badanie wytrzymałości po 28 dniach dokonano procedurą normową, na 3 próbkach każdego zarobu. Protokoły z tych badań znajdują się w załączniku 8.

Wytrzymałość po 90 dniach

Przewidziano po 1 próbce z każdego zarobu do badania wytrzymałości po 90 dniach. Jednakże w dniu zamknięcia niniejszej publikacji, beton nie przeszedł jeszcze pożądanego czasu dojrzewania.

4.1.5. PODSUMOWANIE

Wyniki badań przeprowadzonych na próbkach betonowych są wysoce zadowalające. Okazuje się, że beton otrzymany ze spoiwa GRUNTAR osiąga wytrzymałość na ściskanie znacznie większą, niż przewidywano. Mało tego, jego właściwości są dużo lepsze, niż potrzebne do wybetonowania ścian szczelinowych.

Bazując na wynikach badań, klasę wytrzymałości betonu można określić jako C 30/37. w celu określenia dokładnej wytrzymałości betonu należy wykonać i przebadać większą ilość próbek.

Przy maksymalnej głębokości penetracji wody w próbkach na poziomie 2,3cm, można z dużą swobodą określić znaczną przydatność uszczelniania konstrukcji wałów przeciwpowodziowych badanym materiałem. Wyżej opisane badania dowodzą, iż wykonanie ściany szczelinowej jako przegrody uszczelniającej wał przeciwpowodziowy jest możliwe i zasadne, a biorąc pod uwagę aspekty ekologiczne oraz ekonomiczne, stwierdzono dużą przewagę nad koncepcjami konkurencyjnymi.

Badania dowodzą, iż otrzymany beton ze spoiwa GRUNTAR może służyć nie tylko jako konstrukcja wałów przeciwpowodziowych, ale z powodzeniem sprawdzi się także w innych gałęziach szeroko rozumianego budownictwa. Charakterystyki, którymi można określić badany materiał, pozwalają stwierdzić, że beton ten można użyć do produkcji betonowych elementów konstrukcyjnych (z zachowaniem zastrzeżeń dot. zbrojenia wymienionym w pkt. 8.2), niezbrojonych betonów oraz prefabrykatów betonowych. Rozważania na temat tej koncepcji zamieszczone są w pkt. 8.2 tej pracy.

Należy jednak zaznaczyć, iż prezentowane wyniki otrzymano w warunkach laboratoryjnych, z zachowaniem najwyższej dokładności przy sporządzaniu próbek. Może się więc okazać, że beton uzyskany ze spoiwa GRUNTAR posiadać będzie nieco mniejsze wyniki wytrzymałościowe w warunkach normalnych. Należy wziąć to pod uwagę przy ewentualnych obliczeniach lub poddać materiał specjalnym badaniom, uwzględniającym tę zależność.

Właściwości betonu		
	I ZARÓB	II ZARÓB
KONSYSTENCJA - Opad stożka [cm]		
S15	całkowity	24,4
S60	całkowity	19
S90	19	19,5
S120	17	19,5
Gęstość [kg/m ³]	2200	2256,25
BETON STWARDNIAŁY - wytrzymałość na ściskanie [MPa]		
$f_{c,cube,14}$	32,9	31,7
$f_{c,cube,28}$	41,6	40,4
	41,6	37,8
	40,6	40,9
$f_{c,cube,90}$	Przewidziano badanie dnia 25.06.2013	
Głębokość penetracji betonu [cm]	max. 1,9	max. 2,3

Tabela 2 – Podsumowanie próbek betonowych

4.2. Zaprawa murarska

4.2.1. PROGRAM BADAŃ

Program badań obejmuje:

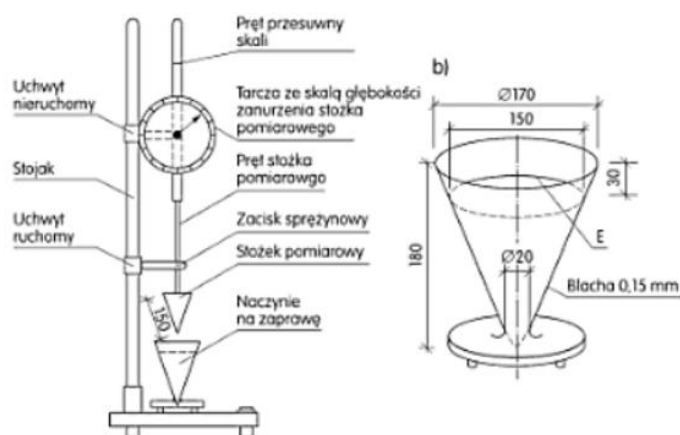
- wykonanie próbek z 3 receptur,
- badanie wytrzymałości na zginanie i ściskanie po 28 dniach.

W celu przeprowadzenia badań wykonano 9 beleczek o wymiarach 4 cm x 4 cm x 16 cm, w 3 różnych recepturach, co przedstawia poniższa tabela:

	I RECEPTURA	II RECEPTURA	III RECEPTURA
<i>Materiał</i>	<i>Zawartość w recepturze [g]</i>		
Piasek	1500	2000	1500
GRUNTAR	500	500	750
Woda	355	455	475
Stosunek w/c	0,71	0,91	0,63

Tabela 3 – Receptury zapraw murarskich

Zmieszanie składników nastąpiło przy pomocy wiertarki wolnoobrotowej z mieszalnikiem. W trakcie tworzenia próbek wykonano badanie konsystencji i dobrano ostateczny skład receptur tak, by zarób spełniał wymagania zaprawy murarskiej. Konsystencję mierzono wg PN-B-04500:1985, aparatem przedstawionym na rysunku:



Rysunek 7 – Normowy przyrząd do badania konsystencji zaprawy

Opad stożka pomiarowego zawierał się w granicach 6,55mm - 7,2mm.

Po rozformowaniu próbek, umieszczono je w wodzie na czas dojrzewania.

Dokładny raport z wykonania próbek zamieszczono w Załączniku 6.



Rysunek 8 – Próbkę zaprawy murarskiej

4.2.2. PROCEDURA PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Próbki zaprawy murarskiej poddano badaniom zgodnie z procedurą opisaną w normie PN-EN 196-1:2006: Metody badania cementu - Część 1: Oznaczanie wytrzymałości.

Po 28 dniach dojrzewania zaprawy w wodzie, poddano każdą z nich badaniu wytrzymałości na zginanie aż do zniszczenia, a następnie przeprowadzono badanie na ściskanie każdej połówki beleczek. Wyniki tych badań prezentuje załącznik nr. 11.

Skrócone wyniki badań podaje poniższa tabela:

Wytrzymałość na ściskanie próbek zaprawy po 28 dniach								
<u>I ZARÓB</u>			<u>II ZARÓB</u>			<u>III ZARÓB</u>		
[MPa]								
18,96	15,99	18,13	10,63	12,52	10,16	22,08	23,93	24,53
16,03	15,56	15,44	11,58	11,78	11,90	19,79	17,90	22,93
Średnia: 16,7			Średnia: 11,4			Średnia: 21,9		

4.2.3. PODSUMOWANIE

Wyniki badań dowodzą, iż zaprawa na spoiwie GRUNTAR może być zaklasyfikowana jako zaprawa klasy M10, M15 lub M20.

Dodając do tego zalety odporności na korozję siarczanową i możliwość wykorzystania w warunkach trudnych, stwierdza się, że spoiwo GRUNTAR może być wykorzystane jako zaprawa murarska do bloczków fundamentowych.

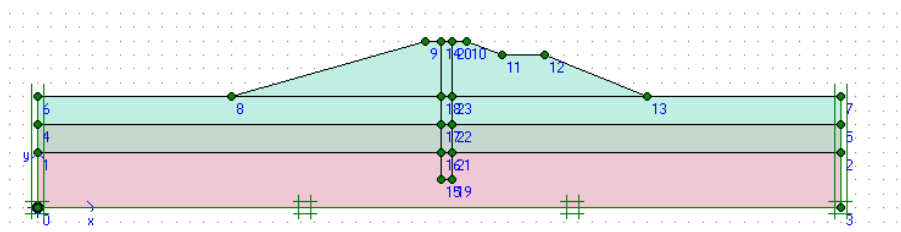
Analiza finansowa, przeprowadzona w punkcie 5.2, pozwala wzmocnić argumentację za pozytywnymi aspektami wykorzystania spoiwa GRUNTAR do produkcji zaprawy. Przeprowadzono tam symulację porównawczą murowania fundamentów pod dom jednorodzinny na zaprawie badanej w tej pracy oraz innej, powszechnie stosowanej.

4.3. Komputerowe modelowanie działania wału przeciwpowodziowego

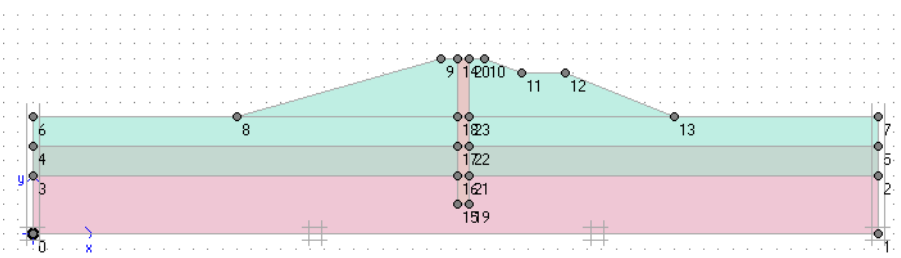
4.3.1. OPIS WYKONANIA MODELU

Model wału wykonany został z pomocą programu metody elementów skończonych- **Plaxis**. Modelowanie zaczęto od przyjęcia geometrii wału. Podłoże pod wał składa się głównie z iltów. Niżej zalega warstwa torfu o miąższości 2m. Ostatnią warstwą zamodelowaną w programie jest warstwa piasku do głębokości 4m. Na takim podłożu wykonany został model wału o wysokości 4m z koroną o szerokości 3m i skarpami o nachyleniu: odwodna- 1:3,5, odpowietrzna- 1:2,5. Wał posiada półkę o szerokości 3m położoną 1m poniżej korony. Parametry wykorzystanych materiałów zestawione zostały w tabeli poniżej.

Kolejnym krokiem było narysowanie konturów w miejscu gdzie wykonana miała by zostać ścianka szczelinowa. Ma ona następujące wymiary: szerokość- 0,8m; głębokość:10m. Założony materiał to Beton B24 bez zbrojenia.



Rysunek 9 - Wał bez ścianki

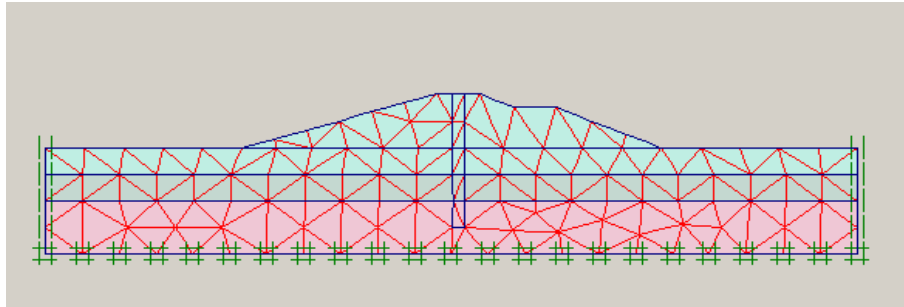


Rysunek 10 - Wał ze ścianką

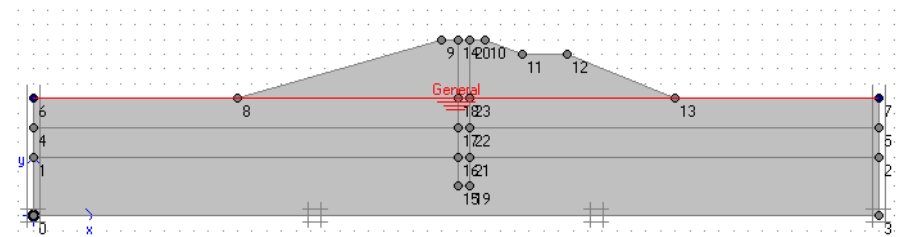
Legenda:

	- ilt
	- Torf
	- Piasek
	- Beton B25

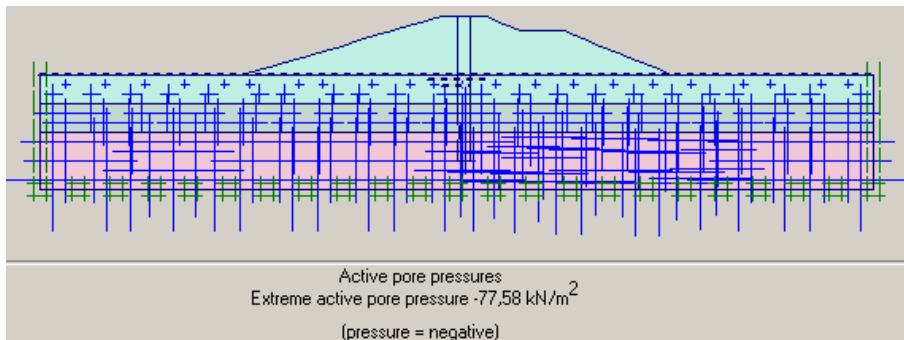
Dla tak zdefiniowanej geometrii zadano warunki brzegowe oraz utworzono siatkę elementów skończonych.



Rysunek 11 – Siatka elementów skończonych



Rysunek 12 - Zwierciadło wody gruntowej



Rysunek 13 - Ciśnienie wody w porach w warunkach normalnych

4.3.2. OPIS WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW:

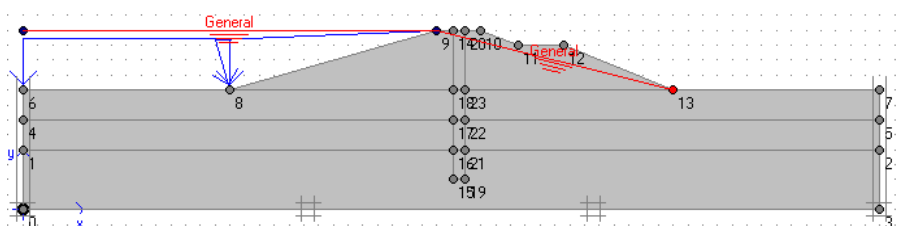
Przyjęte parametry materiałów:

Parametr	Symbol	łł	Torf	Piasek	Beton B25	Jednostki
Model materiału	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Liniowo-sprężysty	-
Warunki	-	„Bez odptywu”	„Bez odptywu”	„Z odptywem”	Nie porowaty	-
Ciężar objętościowy bez wody	γ_{dry}	16	8	17	24	kN/m ³
Ciężar objętościowy z wodą	γ_{wet}	18	11,5	20	24	kN/m ³
Współczynniki filtracji	k_x	0,001	0,01	1	-	m/dzień
	k_y	0,001	0,001	1	-	m/dzień
Moduł Younga	E_{ref}	2000	500	20000	21000000	kN/m ²
Współczynnik Poissona	ν	0,35	0,35	0,3	0,2	-
Spójność	c_{ref}	2	5	1	-	kN/m ³
Kąt tarcia wewnętrznego	ϕ	24	20	30	-	°
Kąt dylatacji	ψ	0	0	0	-	°

4.3.3. PRZEPROWADZONE OBLICZENIA I WYNIKI:

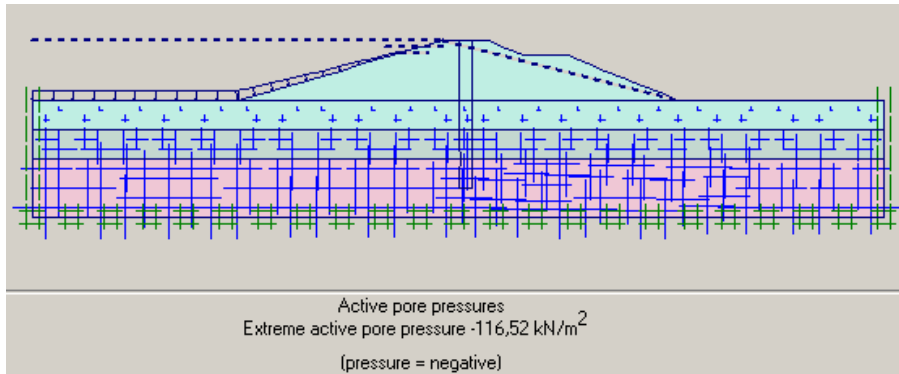
W obliczeniach przyjęto 2 fazy obciążenia wału przeciwpowodziowego:

1. Warunki podwyższenia poziomu wody bez wykonanej ścianki szczelinowej w wale

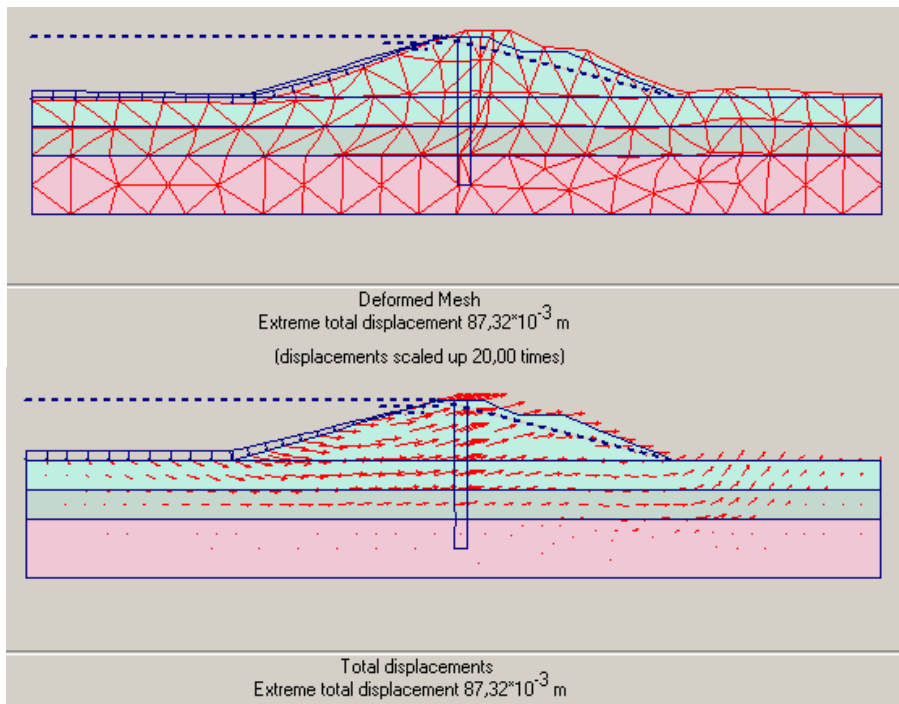


Rysunek 14 - Podwyższony poziom wody

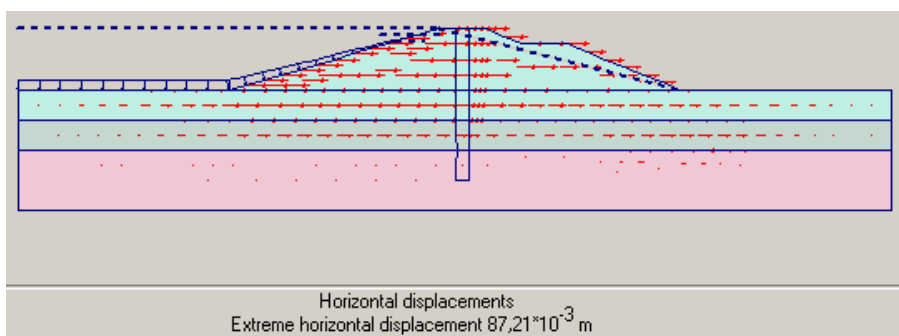
Następnie zdefiniowano zwierciadła wody w poszczególnych warstwach gruntu.



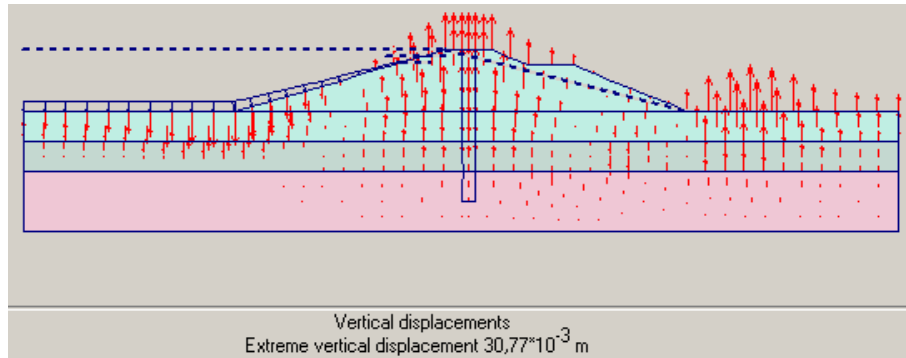
Rysunek 15 - Ciśnienie wody w porach spowodowane podniesionym poziomem wody



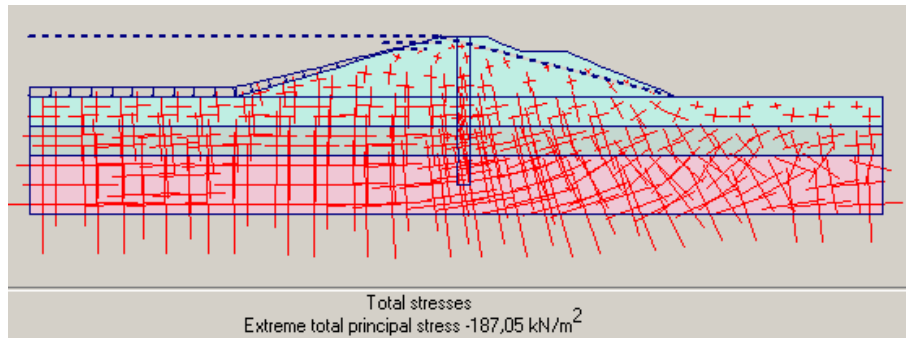
Rysunek 16 – Całkowite przemieszczenia



Rysunek 17 - Przemieszczenia poziome



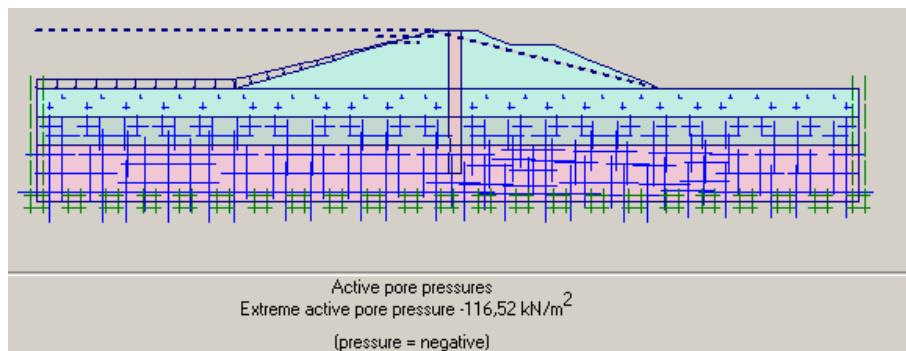
Rysunek 18 - Przemieszczenia pionowe



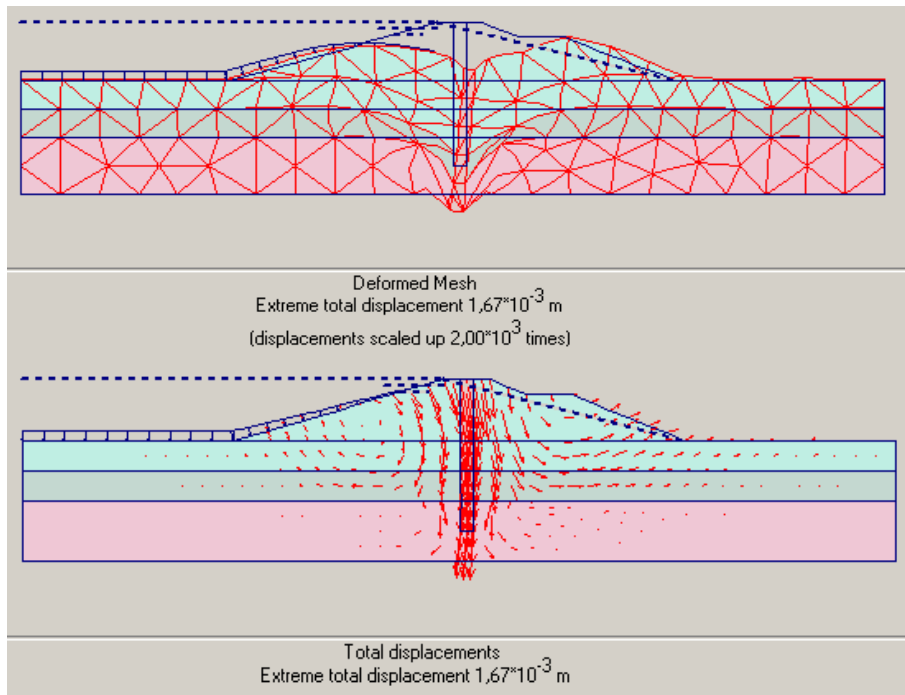
Rysunek 19 - Naprężenia w gruncie

2. Warunki podwyższenia poziomu wody z wykonaną ścianką szczelinową w wale

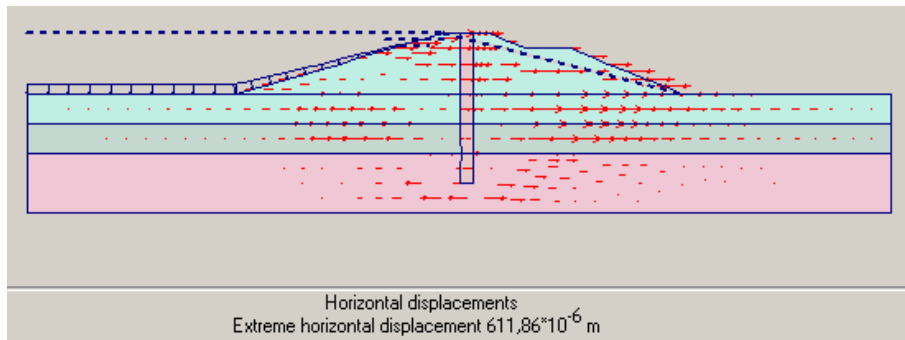
Warunki wodne są identyczne jak dla poprzedniego przypadku.



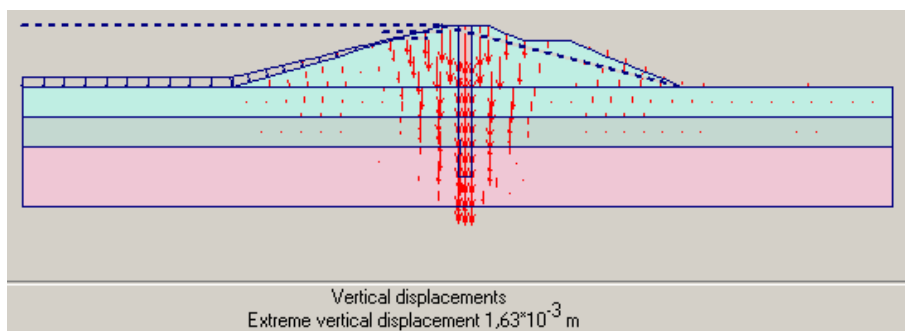
Rysunek 20 - Ciśnienie wody w porach spowodowane podniesionym poziomem wody



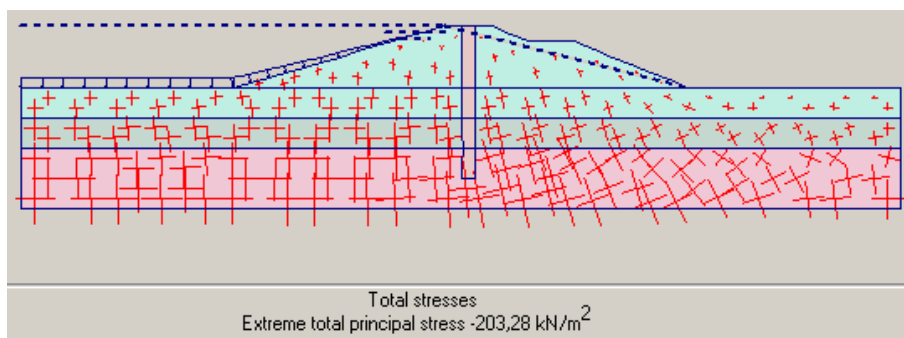
Rysunek 21 - Całkowite przemieszczenia



Rysunek 22 - Przemieszczenia poziome



Rysunek 23 - Przemieszczenia pionowe



Rysunek 24 - Naprężenia w gruncie

Zestawienie wyników obliczeń w formie tabelarycznej:

Przypadek	1. (brak ścianki)	2. (ze ścianką)
Maksymalne przemieszczenia	87mm	2mm
Przemieszczenia poziome	87mm	Pomijalnie małe
Przemieszczenia pionowe	31mm	2mm
Maksymalne ciśnienie w porach gruntu	116,52 kN/m ²	116,52 kN/m ²
Maksymalne naprężenia w gruncie	187,05 kN/m ²	203,28 kN/m ²

Tabela 4 – Wyniki obliczeń wału wzmocnionego ścianką szczelinową

4.3.4. WNIOSKI

Można zauważyć, że umieszczenie ścianki szczelinowej w wale przeciwpowodziowym znacząco zmieniło charakter przemieszczeń gruntu w konstrukcji. W pierwszym z rozpatrywanych przypadków dominowały przemieszczenia poziome, natomiast wpływ przemieszczeń pionowych był marginalny. W drugim z przypadków sytuacja uległa całkowitej zmianie. Bardziej znaczące okazały się przemieszczenia pionowe. Wynika to głównie z faktu, że ścianka, jako element masywny, osiada w gruncie. Ścianka szczelinowa jest elementem usztywniającym konstrukcję, co powoduje, że poziome przemieszczenia zostały praktycznie zniwelowane. Jest to potwierdzeniem tezy, że ścianka szczelinowa poprawia stateczność wału w sytuacji podniesionego poziomu wody.

Faktem, na który należy zwrócić szczególną uwagę, jest wzrost naprężeń w gruncie. Jak już wcześniej zostało wspomniane jest to spowodowane głównie umieszczeniem w wale elementu o dużej masie, jakim jest ścianka szczelinowa.

Przeprowadzona symulacja wykonana została dla pewnych, ustalonych warunków grunтовых i wodnych. w celu uzasadnienia proponowanej koncepcji dla rzeczywistego przypadku należałoby wykonać odpowiednie badania terenowe. Niemożliwe jest teoretyczne sprawdzenia każdego możliwego przypadku.

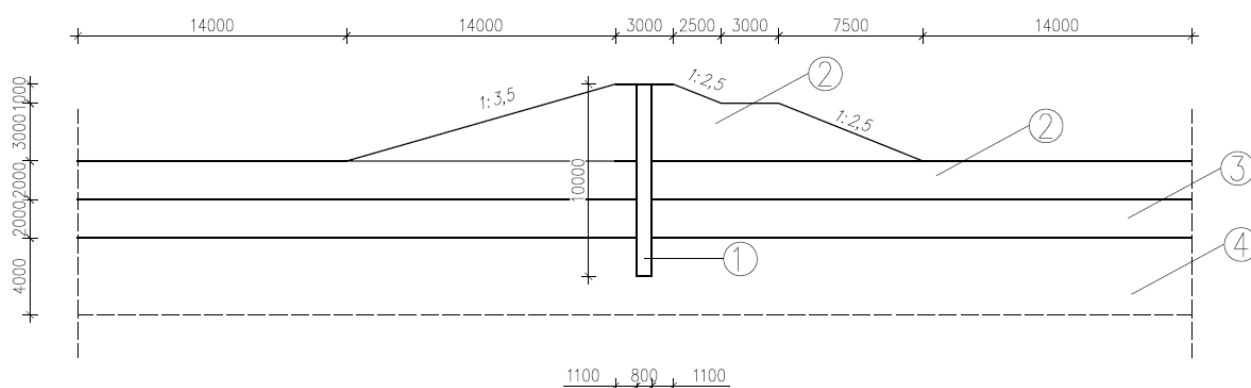
Ważny jest również fakt, że analiza nie sprawdzała szczelności ścianki, jako przepony przeciwfiltracyjnej. W tym celu przeprowadzone zostały stosowane badania na próbkach wykonanych w laboratorium.

5. KALKULACJA KOSZTÓW I PORÓWNANIE ROZWIĄZAŃ

5.1. Wał przeciwpowodziowy ze ścianą szczelinową jako przeponą przeciwfiltracyjną

5.1.1. PRZEDMIAR

GEOMETRIA WAŁU PRZECIWPOWODZIOWEGO



OPIS:

1. Ścianka szczelinowa wykonana z betonu B25
2. Warstwa iłu.
3. Warstwa torfu.
4. Warstwa piasku.

5.1.2. PORÓWNANIE KOSZTÓW

W opracowaniu poniżej porównano beton na bazie CEM III z badaną recepturą opartą o spoiwo GRUNTAR. Dla przykładu przyjęto recepturę wykonywaną dla budowy ścianek szczelinowych. Poszczególne ilości składników dla betonu z cementem dobrane są zgodnie z wymaganiami normowymi.

Zarób z CEM III						
zarób[dm ³] =	1000	[litry]				
SKŁADNIKI	WAGA		KOSZT JEDNOSTKOWY		KOSZT CAŁOŚCIOWY	
piasek 0-2 Czatolin	659	[kg]	19	[zł/Mg]	12,5	zł/m ³
żwir 2-8 Wójcice	408	[kg]	45	[zł/Mg]	18,4	zł/m ³
żwir 8-16 Wójcice	614	[kg]	50	[zł/Mg]	30,7	zł/m ³
CEM III/A-42,5 N HSR/NA Góraźdze	355	[kg]	390	[zł/Mg]	138,5	zł/m ³
popiół lotny	90	[kg]	38	[zł/Mg]	3,5	zł/m ³
woda wodociągowa	160	[kg]	3,5	[zł/m ³]	0,6	zł/m ³
FM 2001- superplastyfikator	2130	[g]	2,4	[zł/kg]	5,1	zł/m ³
FM- D- superplastyfikator	4680	[g]	1,85	[zł/kg]	8,7	zł/m ³
NK-3-domieszka napow.	1280	[g]	2,85	[zł/kg]	3,6	zł/m ³
SUMA					217	zł/m ³

Zarób II z GRUNTAREM						
zarób[dm ³] =	1000	[litry]				
SKŁADNIKI	WAGA		KOSZT JEDNOSTKOWY		KOSZT CAŁOŚCIOWY	
piasek 0-2 Czatolin dostawa 2	562,4	[kg]	19	[zł/Mg]	10,7	zł/m ³
żwir 2-8 Wójcice	774,5	[kg]	45	[zł/Mg]	34,9	zł/m ³
żwir 8-16 Wójcice	424,3	[kg]	50	[zł/Mg]	21,2	zł/m ³
GRUNTAR 22,5 Lafarge	323,3	[kg]	180	[zł/Mg]	58,2	zł/m ³
popiół lotny EC2	0	[kg]		[zł/Mg]	0	zł/m ³
woda wodociągowa	191,9	[kg]	3,5	[zł/m ³]	0,7	zł/m ³
Viscorete 3 (2% m.s.)	4849,1	[g]	3	[zł/kg]	14,5	zł/m ³
BVT 99 (0,3% m.s.)	1616,4	[g]	1,5	[zł/kg]	2,4	zł/m ³
SUMA					142	zł/m ³

Powyższą kalkulację oparto o wywiad przeprowadzony z firmami zajmującymi się dystrybucją wymienionych materiałów:

- "CHEMIA - RZESZÓW" P.H.Ch.Sp.z o.o.
- Renevis Sp. z o.o.

Skorzystano także z ich cenników dostępnych na ich stronach internetowych:

- - <http://www.jft.com.pl/>
- - <http://www.pwik.czest.pl/>
- - <http://pol.sika.com/pl/>

Kalkulacja wykonana w oparciu o ceny netto bez uwzględnienia podatku.

Należy pamiętać, że wszystkie wyżej wymienione ceny są orientacyjne. Mogą one ulegać zmianie ze względu na koniunkturę rynku. Bardzo duże znaczenie ma także skuteczność firmy w negocjacji cen z dostawcami.

W Załącznikach 2 i 3 zamieszczono karty informacyjne dotyczące domieszek.

Z badań przeprowadzonych i opisanych w pkt. 4.1 wynika, że próbki wykonane z zarobu II oparte na spoiwie GRUNTAR uzyskały właściwości wytrzymałościowe jak i wodoprzepuszczalności wystarczające do wbudowania ścianki szczelinowej w wał przeciwpowodziowy. Można na tej podstawie stwierdzić, że ze względu na niższy koszt wykonania receptury II jest ona zdecydowanie korzystniejsza dla inwestora niż stosowanie ścianki szczelinowej na tradycyjnym cemencie.

Dla bardziej obrazowego przedstawienia efektu ekonomicznego przeprowadzono poniższą kalkulację opartą na przykładowym wale przeciwpowodziowym analizowanym w projekcie o długości 1km:

	cena na 1m ³	długość wału	szerokość wału	głębokość wału	objętość	koszt inwestycji
	[zł/m ³]	[m]	[m]	[m]	[m ³]	[zł]
I receptura z CEM III	217,8	1000	0,8	10	8000	1 742 488 zł
II receptura z GRUNTAREM	142,6	1000	0,8	10	8000	1 140 695 zł

różnica na 1m ³	75,2	zł
różnica na 8000m ³	601 793 zł	zł

Technologia wbudowania mieszanek opartych na różnych cementach niczym się nie różni. Tak więc z kalkulacji wynika, że przy 1 km wału przeciwpowodziowego inwestor decydujący się wykonać ściankę szczelinową w wale przeciwpowodziowym z betonu opartego na spoiwie GRUNTAR zyskuje **ponad pół miliona złotych**.

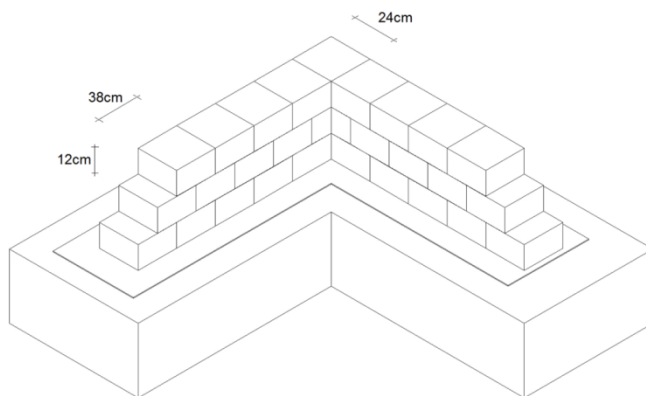
5.2. Zaprawa do murowania ścian fundamentowych

5.2.1. PRZEDMIAR

Ilość wykorzystanego spoiwa GRUNTAR do zaprawy do murowania ścian fundamentowych jest ściśle powiązana z długością, grubością oraz wysokością wznoszonych ścian, a także recepturą zaprawy, dlatego poniżej założono pewne konkretne dane dla średniej wielkości domku jednorodzinnygo podpiwniczonego (o powierzchni 100m²), które będą podstawą do dalszych obliczeń.

Założenia

- ściany o grubości $b = 24\text{cm}$ i wysokości $2,20\text{m}$ wykonano z betonowych bloczków fundamentowych o wymiarach $12 \times 24 \times 38\text{cm}$,
- spoiny poziome i pionowe o grubości 1cm wykonano z zaprawy cementowej (cement + piasek + woda),
- kolejne warstwy bloczków ułożono z przesunięciem o pół długości bloczka,
- obliczenia przeprowadzono dla zaprawy o gęstości $r = 2035\text{kg/m}^3$ z receptury cement:piasek:woda - 1:3:0,71 (przebadanej w laboratorium),
- rzut rozpatrywanego budynku ma kształt prostokąta o wymiarach $8,0 \times 12,5\text{m}$ w osiach ściany,
- dla uproszczenia założono brak otworów w ścianie.



Rysunek 25 - Przykład murowanej ściany fundamentowej

Obliczenia:

- długość muru w osiach: $L = (8,0 + 12,5) \times 2 = 41,0\text{m}$;
- oszacowanie powierzchni muru w rzucie: $P_1 = L \times b = 41,0 \times 0,24 = 9,84 \text{ m}^2$;
- powierzchnia jednej spoiny pionowej: $0,24 \times 0,12 = 0,0288 \text{ m}^2$;
- oszacowanie ilości spoin pionowych w jednej warstwie muru: $41,0 / 0,38 = 108$;

- powierzchnia wszystkich spoin pionowych w jednej warstwie muru: $P_2 = 108 \times 0,0288 = 3,1104 \text{ m}^2$;
- powierzchnia wszystkich spoin w jednej warstwie muru: $P_1 + P_2 = 9,84 + 3,11 = 12,95 \text{ m}^2$;
- ilość warstw muru: $n = 2,20 / (0,12 + 0,01) = 17$;
- powierzchnia wszystkich spoin: $n \times (P_1 + P_2) = 17 \times 12,95 = 220,15 \text{ m}^2$;
- objętość potrzebnej zaprawy: $V = 220,15 \times 0,02 = 4,403 \text{ m}^3$;
- masa potrzebnej zaprawy: $m = r \times V = 2035 \times 4,403 = 8960 \text{ kg}$;
- masa potrzebnego spoiwa: $1 / (1 + 3 + 0,71) \times 8960 = 1902 \text{ kg}$.

Wynik:

Dla wykonania ściany fundamentowej wysokości 2,2m w domu jednorodzinnym średniej wielkości potrzeba około 1902kg spoiwa GRUNTAR.

5.2.2. PORÓWNANIE KOSZTÓW

Porównanie kosztów wybudowania średniej wielkości domku jednorodzinnego podpiwniczonego przy użyciu zaprawy opartej na spoiwie GRUNTAR i CEM II 32,5 R.

	objętość zaprawy	masa cementu	koszt jednostkowy	koszt całkowity
	[m ³]	[kg]	[zł/Mg]	[zł]
Zaprawa na bazie CEM II 32,5 R	4,403	1902	380	722,76
Zaprawa na bazie GRUNTAR	4,403	1902	180	342,36

różnica na 1 m ³	86,5	zł
różnica na 4,4 m ³	380,4	zł

Z kalkulacji wynika, że przy budowie przykładowego domku jednorodzinnego inwestor zaoszczędzi ok 400 zł gdy wybierze GRUNTAR do wykonania zaprawy murarskiej zamiast popularnego CEM II.

Powyższą kalkulację oparto o wywiad przeprowadzony z firmą Grupa Ożarów- producentem cementów.

Kalkulacja wykonana w oparciu o ceny netto bez uwzględnienia podatku.

Należy pamiętać, że wszystkie wyżej wymienione ceny mogą ulegać niewielkim zmianom.

5.3. Elementy betonowe

Analiza ekonomiczna elementów betonowych przebiega w sposób analogiczny do ściany szczelinowej w wale przeciwpowodziowym. Porównanie ekonomiki rozwiązania jest więc identyczne jak w. w. punkcie i wskazuje na bardzo korzystny efekt ekonomiczny.

6. ANALIZA EKONOMICZNA

6.1. Rynek zbytu

Wały przeciwpowodziowe stanowią kluczowe zabezpieczenie dla terenów zagrożonych zalaniem wodą. Ich budowa i eksploatacja to procesy czasochłonne i często wymagające dużych nakładów finansowych. Ponadto, w większości przypadków czynności wykonywane podczas budowania wałów ingerują znacząco w środowisko. Mowa tu między innymi o: przenoszeniu dużych ilości gruntu, wycinaniu drzew w pobliżu konstrukcji, korzystaniu z ciężkiego sprzętu budowlanego.

W Polsce problem powodzi jest czymś, z czym należy się liczyć. Na terenie naszego kraju praktycznie każdego roku zdarzają się podtopienia, często związane w wiosennymi roztopami śniegów oraz podniesieniem się poziomu wód w rzekach po gwałtownych deszczach. Postępująca urbanizacja spowodowała, że coraz mniej jest terenów zielonych, zdolnych w naturalny sposób odprowadzić wodę oraz zaczyna brakować miejsca do wyznaczania terenów zalewowych. Ponadto jedną z głównych przyczyn zalewania terenów jest niedokładne wykonanie konstrukcji wałów, bądź ich nieprawidłowa eksploatacja. Spowodowane jest to niestety zmniejszeniem nakładów finansowych przeznaczonych na te cele. Jest to bardzo niepokojące zjawisko zważywszy na fakt, że skutki powodzi często przynoszą ogromne straty finansowe dla państwa oraz obywateli.

Doskonałym przykładem może być powódź z przełomu maja i czerwca 2010 roku. Zgodnie z artykułem Sławomira Gąsiorowskiego (kwartalnik kosztorysanta "Buduj z głową"), intensywne opady deszczu spowodowały, że 14 z 16 województw odczuło jej skutki. Straty poniosło aż 811 gmin i 1,4 tys. przedsiębiorstw znajdujących się na ich terenie. Poszkodowanych zostało 69 961 rodzin, ewakuowano 14 565. Zalane zostały 682 895 ha ziemi. Zniszczeniu uległo 18 194 budynków mieszkalnych, oraz około 1000 budynków oświaty. Powódź uszkodziła 10 tys. km dróg gminnych, powiatowych i wojewódzkich, 1 625 mostów, 166 oczyszczalni ścieków, 210 km sieci wodociągowej, 50 km sieci energetycznej i 196 km sieci telekomunikacyjnej. Warto nadmienić również, że uszkodzone zostało 8 927 km wałów przeciwpowodziowych, koryt rzeki i cieków wodnych. Całkowity koszt poniesionych strat wyniósł około 3 mld euro.

Dane te idealnie ukazują ogrom tragedii towarzyszącej powodzi- tak ludzkiej, jak i gospodarczej, znacznie obciążającej budżet kraju. Wynika z tego wniosek, że gminy, które stanowią

potencjalnych odbiorców proponowanego przez nas rozwiązania są zobowiązane postawić na jakość i trwałość usługi, traktując czynnik ekonomiczny jako mniej znaczący.

W Polsce wybudowanych jest łącznie około 8 tys. km obwałowań przeciwpowodziowych, które chronią ponad 1mln ha powierzchni. Większość z nich została zbudowana w okresie międzywojennym, a część na przełomie XIX i XX wieku. Ponad 60% z nich ma 40 lat, a 20% ma mniej niż 20 lat. Poniższe tabelki przedstawiają informacje na temat stanu wałów w Polsce:

Stan zagrożenia wałów w zależności od ich klasy ważności:

Stan wałów	I		II		III		IV		PK		Suma	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
Zagraża	135	4,2	212	6,6	96	3,0	250	7,9	55	1,7	748	23,4
Może zagrażać	3	0,1	719	22,4	674	21,1	996	31,2	57	1,8	2449	76,6
Suma	138	4,3	931	29,0	770	24,1	1246	39,0	112	3,5	3197	100,0

Tabela 5 - Stan zagrożenia wałów w zależności od ich klasy ważności.

Wiek wałów w Polsce:

Wiek [lat]	%
20	1,2
21-40	11,2
41-80	64,2
81-100	10,6
>100	12,8

Tabela 6 – Wiek wałów w Polsce.

Informacje wynikające z powyższych zestawień nie są optymistyczne, gdyż ukazują, że około 50% wałów w Polsce ma ponad 50 lat. w połączeniu z przestarzałą technologią i brakiem odpowiedniej konserwacji powoduje to, że elementy te nie spełniają podstawowych wymagań, które są im założone.

Analizując wszystkie z wyżej wymienionych informacji można śmiało stwierdzić, że rozwiązanie przez nas proponowane ma rynek zbytu w Polsce, na terenach o podwyższonym ryzyku wystąpienia wody powodziowej. Wały znajdujące się w naszym kraju wymagają w dużym stopniu gruntownej modernizacji. Dzięki temu używanie spoiwa GRUNTAR do wykonywania betonu kontrakto-

rowego można uznać za ciekawy i perspektywiczny pomysł. Potrzeba technologii skutecznych. Jeśli chodzi o bezpieczeństwo ludzi, cena powinna grać drugorzędną rolę.

6.2. Bariery wejścia

6.2.1. CHARAKTERYSTYKA FIRMY

Firma Lafarge, będąca właścicielem marki GRUNTAR, dominuje na rynku światowym. W Polsce działa od 1995 roku, ale swoją działalność rozpoczęła we Francji już w 1833 roku. Obecnie funkcjonuje w 68 krajach na świecie i jest liderem w branży tworzenia materiałów budowlanych z naturalnych surowców. W Polsce firma Lafarge zajmuje wiodącą pozycję w produkcji kruszyw, cementu oraz betonu. Wytwarzaniem i sprzedażą cementów w naszym kraju zajmuje się Lafarge Cement S.A, które jest czołowym producentem cementu na rynku. Spółka prowadzi produkcję w dwóch zakładach, zatrudniających łącznie ponad 500 pracowników. Obie cementownie posiadają bardzo nowoczesne linie produkcyjne do wypału klinkieru. Moc produkcyjna obu cementowni przekracza 4 000 000 ton cementu rocznie. Dobre wyniki ekonomiczne firmy (potwierdzone przez liczne nagrody, wyróżnienia i referencje) oraz skala jej działań, świadczą o ścisłych kontaktach z największymi firmami na rynku, będącymi odbiorcami produktów Lafarge. Mówi to również o dobrych wynikach ekonomicznych korporacji, która ma wystarczająco dużo środków na rozwój, badania, wspieranie ekologii, czy poszukiwanie nowych rozwiązań. Jednym słowem można mówić o dużym sukcesie przedsiębiorstwa na rynku.

Wszystkie wyżej wymienione aspekty świadczą o dobrym zarządzaniu firmą, dla której wprowadzenie na rynek nowego zastosowania dla produktu nie powinno być istotnym problemem. Jednak, jak w każdym takim przypadku, pojawiają się pewne bariery, zniechęcające do działań w kierunku nowatorskiego rozwiązania.

6.2.2. GŁÓWNE BARIERY

Spoiwo hydrauliczne GRUNTAR HSD jest materiałem produkowanym na skalę przemysłową. Zatem bariery wejścia produktu w nowy obszar innowacyjnego zastosowania nie wiążą się z kosztami rozpoczęcia produkcji, ale głównie dotyczą przekonania przyszłych odbiorców do innowacyjnego zastosowania produktu. Dodatkowo firma musi ponieść jednorazowe koszty początkowe - wydatki na szczegółowe certyfikowane badania i uzyskanie aprobaty technicznej na wykorzystanie materiału w określonej branży oraz na koszty marketingu.

6.2.3. POZYSKANIE NOWYCH ODBIORCÓW

Główne założenia dotyczące analizy ekonomicznej przewidują, że koszty produkcji i materiałów nie będą wzrastały, zatem wejście na rynek nie będzie wymagało dużego kapitału, po-

trzebnego zwykle przy wprowadzaniu nowego produktu do sprzedaży. Dlatego podstawowa bariera wejścia polega na zyskaniu zaufania odbiorców (inwestorów i firm budowlanych wykonujących konstrukcje betonowe, jak ściany szczelinowe, pale, czy modernizacje wałów przeciwpowodziowych) do wykorzystania spoiwa do betonu niezbrojonego. Zdobywanie nowych klientów można zrealizować poprzez przedstawienie im oszczędności w kosztach stworzenia konstrukcji przy jednoczesnym udowodnieniu, że omawiany materiał może być podstawą do realizacji budowli o właściwościach nieodbiegających cechom pełnowartościowego betonu. Wymierne korzyści finansowe, ale także realizacja strategii zrównoważonego rozwoju powinny przyciągnąć potencjalnych nabywców produktu.

W tym przypadku marketing polega również na promowaniu realizacji projektów chroniących ludzkie życie, czyli renowacji najbardziej odpowiedzialnych wałów przeciwpowodziowych, tak aby życie w pobliżu terenów zalewowych stało się bezpieczniejsze oraz aby stworzone umocnienia obwałowań mogły spełniać swoje funkcje przez najbliższe kilkadziesiąt lat.

6.2.4. UZYSKANIE APROBATY TECHNICZNEJ

Na podstawie załącznika 9 do niniejszego opracowania, będącego dokumentem sporządzonym przez Instytut Techniki Budowlanej, można oszacować cenę udzielenia przez ITB aprobaty technicznej na nowe rozwiązanie materiałowo-technologiczne dla produktu. Powołując się na w/w załącznik koszty te mieszczą się w granicach jak w poniższej tabeli (ceny w zł):

Kategoria Aprobaty Technicznej		
A	B	C
$(8517,6 \div 15852,20) + 23\% \text{ VAT}$	$(11356,80 \div 20347,60) + 23\% \text{ VAT}$	$(14432,60 \div 25552,80) + 23\% \text{ VAT}$

Tabela 7 – Cennik aprobaty technicznej.

Przy czym dla spoiwa GRUNTAR przypisano kategorię A, która obejmuje "pojedynczy wyrób o prostym rozwiązaniu materiałowo-technologicznym; istnieją odniesienia do polskich przepisów normatywnych, ZUAT lub wcześniej udzielonych Aprobatach Technicznych" (por. Załącznik 9).

6.2.5. BADANIA

Warto dodać, że zgodnie z informacją udzieloną przez przedstawiciela producenta, firma Lafarge posiada własne laboratorium badawcze, co zmniejsza koszty wykonywanych badań na potrzeby innowacyjnego zastosowania.

Dokładne określenie wydatków na badania rozwojowe i marketingowe jest trudne do oszacowania z uwagi na zbyt dużą ilość zmiennych, jednak opłaty te powinny być wpisane w stałe koszty

działania firmy i nie powinny stanowić problemu dla dużej korporacji, chcącej wprowadzić nowe zastosowanie dla istniejącego i atrakcyjnego cenowo produktu na polski rynek.

6.2.6. WNIOSKI

Zdaniem autorów opracowania spółka Lafarge Cement S.A. jest w stanie osiągnąć sukces w wprowadzeniu na rynek polski, a nawet dużo szerszy, zastosowania spoiwa GRUNTAR HSD do produkcji betonu, w szczególności ścian szczelinowych lub innych konstrukcji niezbrojonych. Niewykluczone, że po przeprowadzeniu dokładniejszych badań, przy wykluczeniu w dodatkach dużej zawartości siarczanów, spoiwo to będzie mogło być również wykorzystane do konstrukcji zbrojonych, co może być dalszą szansą do rozwoju dla marki.

6.3. Przyjęcie cen materiałów

6.3.1. OKREŚLENIE ZYSKÓW NA FIRMY

Ze względu na brak dokładnych informacji niemożliwe jest określenie potencjalnych zysków dla firmy Lafarge. Przedstawiciel korporacji nie zgodził się na udostępnienie takich informacji jak koszty materiałów i produkcji spoiwa GRUNTAR. Oczywiście jest, że producent przy określeniu całkowitych nakładów bierze pod uwagę takie koszty jak:

- koszty produkcji
- koszty magazynowania
- koszty transportu
- koszty zamówień
- koszty obsługi
- koszty losowe
- koszty zapasów

6.3.2. ANALIZA PRZEDSIĘBIORSTWA

Publikacja ma celu przekonanie firmę Lafarge do podjęcia decyzji, aby wprowadzić na rynek spoiwo dotychczas wykorzystywane do wzmocnienia podłoża, jako materiał do wykonywania ścian szczelinowych w wałach przeciwpowodziowych (analiza prospektywna). Niezbędne dla osiągnięcia sukcesu w nowym obszarze jest dokładne rozpoznanie zjawisk i procesów występujących w przedsiębiorstwie. w związku z odmową udzielenia raportu finansowego przez firmę Lafarge nie zdołano w opracowaniu przedstawić takowych analiz.

Z raportu finansowego można uzyskać również informacje czy działalność gospodarcza jest efektywna i czy efektywność ulega poprawie czy pogorszeniu. Jakie wpływy na wyniki finansowe

przedsiębiorstwa wywierają czynniki wewnętrzne, a jakie zewnętrzne? Możliwe byłoby wyciągnięcie wniosków np. Obniżyła się sprzedaż cementu w związku z czy należy skoncentrować się na tym np. Produkt GRUNTAR przejął część utraconego rynku.

Aby przedsiębiorstwo mogło określić czy wprowadzenie nowego zastosowania dla spoiwa GRUNTAR jest opłacalne musi określić rentowność sprzedaży. Pod pojęciem rentowności rozumiemy odpowiednio obliczony wynik finansowy działalności gospodarczej. Może to być zyskowość, gdy mamy do czynienia z dodatnim wynikiem finansowym lub deficytowość- z ujemnym.

Analiza ekonomiczna oprócz zjawisk występujących wewnątrz przedsiębiorstwa, bada także środowisko zewnętrzne, gdyż otoczenie jest źródłem zasileń przedsiębiorstwa oraz odbiorcą rezultatów produkcji, a także jest ono determinantem jego pracy.

6.3.3. OKREŚLENIE CELOWOŚCI PRZEDSIĘBIORSTWA JAKO DOSTAWCY:

Firma Lafarge dysponuje unikatowym spoiwem, które swoimi właściwościami oraz ceną sprawia, że z dużą szansą może konkurować z innymi dostawcami betonów do wykonywania ścianek szczelinowych. Korporacja ta podczas swojego długoletniego stażu na rynku udowodniła, że doskonale rozumie potrzeby odbiorców i z sukcesem tworzy innowacyjne rozwiązania. Znana jest z dostarczania produktów i usług w oparciu o międzynarodowe doświadczenie.

6.3.4. KOSZTY WYKONANIA 1M³ BETONU

Nasze badania przeprowadziliśmy dla dwóch receptur. W obu zachowaliśmy bardzo zbliżony stosunek W/C utrzymując warunki określone dla betonów kontraktorowych. Różnią się one zawartością kruszywa na 1m³ mieszanki. I receptura w porównaniu z II recepturą zawiera mniej kruszywa, a co za tym idzie więcej spoiwa oraz wody, dlatego koszt 1m³ mieszanki różni się o 6,2 zł.

I receptura						
zarób[dm ³] =	1000	[litry]				
SKŁADNIKI	WAGA		KOSZT JEDNOSTKOWY		KOSZT CAŁOŚCIOWY	
piasek 0-2 Czatolin dostawa 2	522,5	[kg]	19	[zł/Mg]	9,9	[zł/ m ³]
żwir 2-8 Wójcice	718,4	[kg]	45	[zł/Mg]	32,3	[zł/ m ³]
żwir 8-16 Wójcice	391,9	[kg]	50	[zł/Mg]	19,6	[zł/ m ³]
GRUNTAR 22,5 Lafarge	372,3	[kg]	180	[zł/Mg]	67,0	[zł/ m ³]
popiół lotny EC2	0,0	[kg]		[zł/Mg]	0,0	[zł/ m ³]
woda wodociągowa	218,8	[kg]	3,5	[zł/ m ³]	0,8	[zł/ m ³]
Viscorete 3 (2% m.s.)	5453,4	[g]	3	[zł/kg]	16,4	[zł/ m ³]
BVT 99 (0,3% m.s.)	1861,3	[g]	1,5	[zł/kg]	2,8	[zł/ m ³]
SUMA					148,8	[zł/ m ³]

Tabela 8 – Koszt produkcji betonu receptury I

II receptura						
zarób[dm ³] =	1000	[litry]				
SKŁADNIKI	WAGA		KOSZT JEDNOSTKOWY		KOSZT CAŁOŚCIOWY	
piasek 0-2 Czatolin dostawa 2	562,4	[kg]	19	[zł/Mg]	10,7	[zł/ m ³]
żwir 2-8 Wójcice	774,5	[kg]	45	[zł/Mg]	34,9	[zł/ m ³]
żwir 8-16 Wójcice	424,3	[kg]	50	[zł/Mg]	21,2	[zł/ m ³]
GRUNTAR 22,5 Lafarge	323,3	[kg]	180	[zł/Mg]	58,2	[zł/ m ³]
popiół lotny EC2	0,0	[kg]		[zł/Mg]	0,0	[zł/ m ³]
woda wodociągowa	191,9	[kg]	3,5	[zł/ m ³]	0,7	[zł/ m ³]
Viscorete 3 (2% m.s.)	4849,1	[g]	3	[zł/kg]	14,5	[zł/ m ³]
BVT 99 (0,3% m.s.)	1616,4	[g]	1,5	[zł/kg]	2,4	[zł/ m ³]
SUMA					142,6	[zł/ m ³]

Tabela 9 - Koszt produkcji betonu receptury II

Powyzszą kalkulację oparto o wywiad przeprowadzony z firmą Lafarge - producentem spoiwa GRUNTAR oraz firmami zajmującymi się dystrybucją wymienionych materiałów. Skorzystano także z cenników głównych dostawców kruszyw, domieszek do betonów oraz wody:

- - <http://www.jft.com.pl/>
- - <http://www.pwik.czest.pl/>
- - <http://pol.sika.com/pl/>

Kalkulacja wykonana w oparciu o ceny netto bez uwzględnienia podatku.

Należy pamiętać, że wszystkie wyżej wymienione ceny są orientacyjne. Mogą one ulegać zmianie ze względu na koniunkturę rynku. Bardzo duże znaczenie ma także skuteczność firmy w negocjacji cen z dostawcami.

W Załącznikach 2 i 3 zamieszczono karty informacyjne dotyczące domieszek.

6.3.5. PORÓWNANIE EKONOMICZNE WYKONANIA PRZYKŁADOWEGO WAŁU PRZECIWPOWODZIOWEGO DLA DWÓCH RECEPTUR

Z badań przeprowadzonych i opisanych w pkt. 4.1 wynika, że próbki wykonane z obu zarobów uzyskały bardzo zbliżone właściwości wytrzymałościowe jak i wodoprzepuszczalności. Można na tej podstawie stwierdzić, że ze względu na niższy koszt wykonania receptury II jest ona korzystniejsza dla inwestora.

Dla bardziej obrazowego przedstawienia efektu ekonomicznego przeprowadzono poniższą kalkulację opartą na przykładowym wale przeciwpowodziowym analizowanym w projekcie:

	cena na 1m ³	długość wału	szerokość wału	głębokość wału	objętość	koszt inwestycji
	[zł/m ³]	[m]	[m]	[m]	[m ³]	[zł]
I receptura	148,8	1000	0,8	10	8000	1 190 201
II receptura	142,6	1000	0,8	10	8000	1 140 695

różnica na 1m ³	6,2	zł
różnica na 8000m ³	49 506	zł

Z kalkulacji wynika, że przy 1 km wału przeciwpowodziowego inwestor decydujący wykonać ściankę szczelinową w wale przeciwpowodziowym z betonu opartego na recepturze II zyskuje blisko 50 tys. złotych, w stosunku do receptury I.

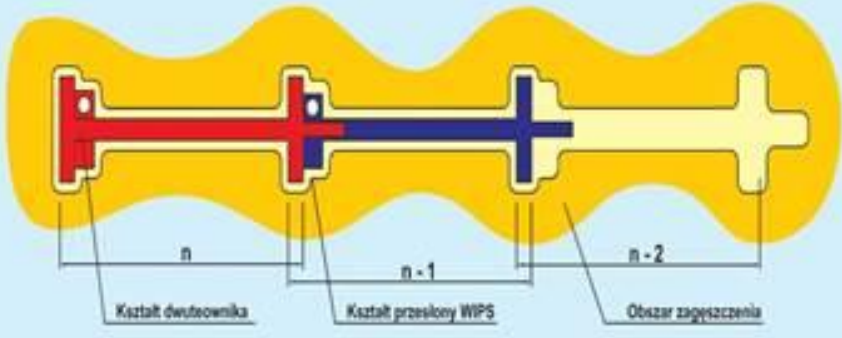
Porównanie finansowe z produktami konkurencyjnymi przedstawiono w pkt. 5.1.

6.4. Konkurencyjność

Zestawienie firm w zależności od metod modernizacji wałów przeciwpowodziowych

W naszej pracy skupiliśmy się głównie na porównaniu metod modernizacji wałów przeciwpowodziowych, ponieważ do tego celu bardzo dobrą metodą jest zastosowanie ścianek szczelinowych. Oczywiście istnieje możliwość także wykonywania nowych wałów z przestoną betonową, nie mniej jednak aktualne dyrektywy Unii Europejskiej są przeciwne budowaniu nowych wałów przeciwpowodziowych.

METODA MODERNIZACJI WAŁÓW PRZECIWPOWODZIOWYCH	FIRMA WYKONUJĄCA
<p>Uszczelnianie wałów przeciwpowodziowych <u>metodą ciągłego głębokiego mieszania gruntu</u>: Continuous Deep Mixing Method (metoda DSM wet czy DMS (Deep Soil Mixing) praktycznie się nie różnią).</p> <p>Metoda ta polega na wierceniu w osi wału zachodzących na siebie kolumn na głębokość do 10 m za pomocą specjalnej wiertnicy i mieszadła.</p>  <p>Mieszają one wprowadzany zaczyn cementowy (na bazie cementu bentonitu, czy popiołów) z gruntem wału. Ze względu na potrzeby sprzętu wymagana się odpowiednia szerokości korony wału. Przy rozstawie kolumn co 70 cm uzyskuje się minimalną grubość przestony ok 35 cm. Należy szczególną uwagę przy tej metodzie zwrócić zbadanie i dopasowanie się do rodzaju gruntów z jakich wał jest zbudowany. Od tego głównie zależy receptura zaczynu wprowadzanego w grunt.</p> <p>Stosowane są różne metody mieszania gruntu, które możemy podzielić ze względu na:</p> <ul style="list-style-type: none">- rodzaj podawanego spoiwa (mokre lub suche),- sposób mieszania gruntu (mieszanie mechaniczne, mieszanie strumieniowe, mieszanie hybrydowe- budowę mieszadła stymulującego mieszanie gruntu tylko w części (zazwyczaj dolnej) lub na	<p>DABI- http://www.dabi.com.pl</p> <p>KELLER- http://www.keller.com.pl</p> <p>STABILIZATOR- http://www.stabilizator.com.pl</p> <p>FRANKI FUNDAMENTY- http://www.franki.pl</p>

<p>całej długości żerdzi wiertniczej</p>	
<p><u>Technologii upłynniania gruntu (RSS)</u> -stosując tę metodę można wykonać rdzeń wału z gruntu, z którego wykonany jest istniejący wał. Możliwe jest także zastosowanie innego materiału gruntowego, od gruntów gliniastych poczynając, na piasku kończąc. Poprzez odpowiednio dobraną recepturę można grunt tak spreprować aby jego współczynnik wodoprzepuszczalności nie przekraczał 1×10^{-8} m/s, co pozwala na całkowitą rezygnację z betonu. Rdzeń wykonany z płynnego gruntu jest od razu wodoszczelny</p>	<p>PROTECH- http://www.protech.info.pl</p>
<p><u>Przesłona przeciwfiltracyjna</u> ze stalowego dwuteownika, podłużnych elementów drewnianych, żelbetowych lub PVC. Wykonywana jest za pomocą zawieszonoego na samojezdnym dźwigu lub palownicy wibratora. Do niego podczepiony jest profil dwuteowy o wysokości zwykle od 0,6 m do 1,0 m. Profil wprowadza się w korpus wału pod wpływem wibracji i ciężaru własnego. Następnie w korpus wału następuje tłoczenie spoiwa za pomocą dysz zlokalizowanych w podstawie dwuteownika.</p> <p>W czasie podciągania profilu dwuteowego do góry, wolna przestrzeń powstała w gruncie zostaje wypełniona spoiwem, które wnika również w przestrzeń porową otaczającego gruntu. Kolejna kolumna pogrążana jest w taki sposób, że zahacza stopką o wykonany wcześniej element. Powstaje przesłona przeciwfiltracyjna o grubości ok. 8 - 15 cm zależnie od rodzaju gruntu.</p>	<p>KELLER- http://www.keller.com.pl</p> <p>BOSKALIS http://www.boskalis.pl/</p>
<p>Kolumna dwuteowa</p>  <p>The diagram illustrates a double-channel pile (Kolumna dwuteowa) with a cross-section showing the pile's profile and the surrounding grout. The pile is composed of several segments connected by cross-plates. The diagram labels the cross-section as 'Kształt dwuteownika', the cross-section of the grout as 'Kształt przesłony WPS', and the area of grout as 'Obszar zagęszczenia'. The segments are numbered n, n-1, and n-2.</p>	

<p><u>Technologia mikrowybuchów</u> wykorzystuje energie powstałą w efekcie eksplozji niedużych ładunków wybuchowych. Umieszczone one są, wewnątrz podłoża gruntowego. Zastosowanie mikrowybuchów powoduje zagęszczenie gruntów oraz zasypania istniejących kawern u podstawy wału.</p>	<p>POLBUD POMORZE- http://www.polbud-pomorze.pl</p>
<p><u>Technologia impulsowego ubijania</u>, stosowana powyżej nawodnionej strefy korpusu wału. Polega ona na użyciu 9 tonowego młota opadającego na 4 tonową stopę. Młot uderza w precyzyjnie rozmieszczone punkty wału (przy użyciu systemu GPS) zagęszczając wyższe, nienawodnione strefy korpusu.</p>	<p>POLBUD POMORZE- http://www.polbud-pomorze.pl KELLER- http://www.keller.com.pl</p>
<p><u>Metoda iniekcji wysokociśnieniowej</u> (Soilcrete System T; jet grouting,). Polega ona na usuwaniu gruntu w osi korpusu za pomocą strumienia wody. Następnie formuje się w tym miejscu kolumny cementowo-gruntowe. Zaczyn podawany jest pod ciśnieniem przy pomocy węzów. Kolumny o średnicy 30-80 cm zachodzą na siebie i tworzą przesłonę o grubości 20-40 cm. Istnieje zagrożenie, że iniekcja pod wysokim ciśnieniem może powodować za duże rozprzestrzenienie się zaczynu i spowodować rozmycie wału przy skarpach.</p>	<p>KELLER- http://www.keller.com.pl FRANKI FUNDAMENTY- http://www.franki.pl POLBUD POMORZE- http://www.polbud-pomorze.pl GEOPROJECT- http://www.geoproject.com.pl /</p>
<p><u>Ściany szczelinowe</u> wykonuje się do głębokości nawet 25-30 m. Najczęściej stosowane grubości ścian szczelinowych wynoszą 60 lub 80 cm (wyjątkowo stosuje się ściany o innej grubości np. 50 lub 100 cm). Jest to ściana wykonana z betonu lub żelbetu, formowana w szczelinie wykopanej w gruncie. Wykonanie ściany szczelinowej obejmuje prace przygotowawcze takie jak wykonanie murków prowadzących. Następnie przygotowuje się zawieszinę ilową utrzymującą stateczność wykopu wąskoprzestrzennego. Kolejnym krokiem jest głębienie szczeliny w osłonie zawiesziny ilowej, po czym wykonywane jest betonowanie oraz prace wykończeniowe. Czasami inwestorzy decydują się na wypełnienie ścianki samą mieszanką bentonitowo- cementową.</p>	<p>KELLER- http://www.keller.com.pl DABI- http://www.dabi.com.pl POLBUD POMORZE- http://www.polbud-pomorze.pl GOLLWITZER http://www.gollwitzer.pl</p>

Tabela 10 - Zestawienie firm w zależności od metod modernizacji wałów przeciwpowodziowych

Porównanie kosztów poszczególnych technologii mogłoby świadczyć o tym, że proponowane przez nas ścianki szczelinowe nie są atrakcyjne dla przyszłego inwestora czyli najczęściej Zarządu Melioracji i Urzędzeń Wodnych. Biorąc jednak pod uwagę pkt 7.5 pracy dotyczący trwałości wałów przeciwpowodziowych w zależności od sposobu ich wykonania możemy udowodnić, że idea jest ekonomicznie uzasadniona. Ścianki szczelinowe są jedną z najdroższych metod modernizacji wałów, ale i najtrwalszą.

Porównanie nakładów w zależności od technologii

W wyniku przeprowadzonego wywiadu z firmami zajmującymi się uszczelnianiem wałów przeciwpowodziowych oraz instytucjami odpowiedzialnymi za wykonawstwo, przedstawiamy poniższe, ogólne porównanie kosztów w zależności od technologii. Uwzględniono jedynie nakłady ponoszone ściśle na uszczelnienie wałów przeciwpowodziowych. Niestety nie dla każdej technologii udało się zdobyć wystarczające dane ze względu na takie przyczyny jak:

- długi czas, jaki regulują przepisy instytucji (najczęściej Urzędy Melioracji i Urzędzeń Wodnych) na podanie informacji publicznej w porównaniu z czasem na przygotowanie projektu,
- firmy nie są przychylne do udzielania informacji dotyczących cen, głównie ze względu na chronienie swoich interesów (tajemnica handlowa)

W zestawieniu nie uwzględniono takich kosztów jak:

- roboty w zakresie oczyszczenia terenu, karczowania,
- instalacja bentomatu lub innej bariery przeciwwodnej w celu ochrony zboczy,
- przygotowanie zaplecza technologicznego dla wykonania modernizacji,
- pasy komunikacyjne dla drogi powodziowej i drogi na bród,
- budowa dróg tymczasowych niezbędnych do wykonania inwestycji,

gdyż w dużej mierze koszty te są stałe dla wszystkich technologii.

Pod pojęciem „inwestycja bazowa” rozumiemy zrealizowaną budowę, dzięki której możliwe było oszacowanie kosztów związanych z uszczelnieniem wału przeciwpowodziowego daną metodą.

TECHNOLOGIA MODERNIZACJI	INWESTYCJA BAZOWA	KOSZT MODERNIZACJI dla przykładowego wału
Wykonanie przesłony przeciwfiltracyjnej bentonitowo-cementowej met. CDMM (obejmuje wykonanie przesłony, dowóz sprzętu, dokumentacja powykonawcza,	Rozbudowa lewostronnego obwałowania rzeki Wiśłoki w km 119+309 do 120+125 na terenie Osieka Jasielskiego	Koszt 1m ² =68 zł Wymiary przykładowego wału wysokość*długość:

badania, próbki)		$10\text{m} \cdot 1000\text{m} = 10\ 000\ \text{m}^2$ Koszt łączny: 10 000 $\text{m}^2 \cdot 68\text{zł} = 680\ 000\text{zł}/\text{m}^2$
Wykonanie przesłony hydroizolacyjnej metodą DSM	Przeciwfiltracyjne zabezpieczenie lewego wału rzeki Babulówki na dł. 2,13 oraz prawego wału na dł. 2,00 km w m. Suchorzów i Baranów Sandomierski gm. Baranów Sandomierski	Koszt $1\text{m}^2 = 56\ \text{zł}$ Wymiary przykładowego wału wysokość * długość: $10\text{m} \cdot 1000\text{m} = 10\ 000\ \text{m}^2$ Koszt łączny: 10 000 $\text{m}^2 \cdot 56\text{zł} = 560\ 000\text{zł}/\text{m}^2$
Wykonanie pionowej przesłony szczelnej metodą DSM	Poprawa ochrony przeciwpodziowej miasta i gminy Mielec poprzez budowę i przebudowę wałów Wisłoki	Koszt $1\text{m}^2 = 58\ \text{zł}$ Wymiary przykładowego wału wysokość * długość: $10\text{m} \cdot 1000\text{m} = 10\ 000\ \text{m}^2$ Koszt łączny: 10 000 $\text{m}^2 \cdot 56\text{zł} = 580\ 000\text{zł}/\text{m}^2$
Wykonanie przesłony hydroizolacyjnej metodą jet-groutig	Przeciwfiltracyjne zabezpieczenie lewego wału rzeki Babulówki na dł. 2,13 oraz prawego wału na dł. 2,00 km w m. Suchorzów i Baranów Sandomierski gm. Baranów Sandomierski	Koszt $1\text{m}^2 = 80\ \text{zł}$ Wymiary przykładowego wału wysokość * długość: $10\text{m} \cdot 1000\text{m} = 10\ 000\ \text{m}^2$ Koszt łączny: 10 000 $\text{m}^2 \cdot 80\text{zł} = 800\ 000\text{zł}/\text{m}^2$
Przesłona pionowa ścianka szczelinowa	Poprawa ochrony przeciwpodziowej	Koszt $1\text{m}^2 = 58\ \text{zł}$

	wodzkiej miasta i gminy Mielec poprzez budowę i przebudowę wałów Wisłoki	Wymiary przykładowego wału wysokość*długość: 10m*1000m=10 000 m ² Koszt łączny: 10 000 m ² *58zł=580 000zł/m ²
Wbijanie ścianek szczelnych stalowych z terenu lub rusztowań głębokość wbicia ścianki, do 6 m, kategoria gruntu III- ścianka 6 m	Budowa prawobrzeżnego wału przeciwpowodziowego na rzece Ropie w km 2+850-3+210 o długości 360 m, w m. Jasło, woj. podkarpackie	Koszt 1m ² =2011 zł Wymiary przykładowego wału wysokość*długość: 10m*1000m=10 000 m ² Koszt łączny: 10 000 m ² *2011zł=20 110 000 zł/m ²
Wbijanie ścianek szczelnych stalowych z grodzic GZ-4 H=6,0m wibromłotem HVB, głębokość wbicia ścianki do 6m, kat gruntu I-II	Modernizacja prawostronnych wałów rzeki Warty na odcinku Konin-Koło, odcinek na terenie powiatu kolskiego	Koszt 1m ² =1176 zł Wymiary przykładowego wału wysokość*długość: 10m*1000m=10 000 m ² Koszt łączny: 10 000 m ² *1176zł=11 760 000 zł/m ²
Technologią czasowego upłynniania gruntu. Wykorzystanie gruntu znajdującego się w wale.	Wylczenie oparte dzięki uprzejmości firmy Protech i RSS-Leipzig, która zgodziła się podać przykładowe ceny. http://www.protech.info.pl	Koszt składników koniecznych do upłynniania= 131 zł/m ³ Wymiary przykładowego wału wysoko-

	Jacek Nalaskowski	kość*długość*szerokość: 10m*1000m*0,8m=8 000 m ³ Koszt łączny: 8 000 m ³ *131zł=1 048 000 zł/m ³
--	-------------------	--

Tabela 11 - Porównanie nakładów w zależności od technologii

Powyższe zestawienie oparto o kosztorysy już zrealizowanych inwestycji. Instytucje, które sprawnie i bez problemu udzieliły takich informacji publicznych to:

- Podkarpacki Zarząd Melioracji i Urzędzeń Wodnych,
- Wielkopolski Zarząd Melioracji i Urzędzeń Wodnych,
- Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urzędzeń Wodnych w Łodzi.

Podsumowanie

Podsumowując, głównymi zaletami ekonomicznymi wykorzystania spoiwa GRUNTAR do wykonania ścian szczelinowych są:

- Powszechnie znana technologia wykonania ścian szczelinowych, co rzutuje na duże prawdopodobieństwo efektywnego wykorzystania surowców do budowy ściany szczelinowej i prowadzi do wzrostu jakości wykonania konstrukcji (brak kosztów napraw, kosztów utrzymania),
- Obniża koszty wykonawstwa gdyż 1km przykładowego wału jest tańszy o ok. 600 tys. złotych. Różnica ta utrzymałaby się dla wszystkich cementów wieloskładnikowych od CEM I do CEM V. Przy wykonywaniu masywnych obiektów (jak ściana szczelinowa) znacznie potęguje to różnice ekonomiczne na korzyść spoiwa firmy Lafarge,
- Pewność w dostępie do surowców do produkcji spoiwa - szczególnie w odniesieniu do popiołów lotnych wapiennych i fluidalnych, zalegających w elektrociepłowniach, jako produkty uboczne spalania węgla,
- Zachowanie polityki zrównoważonego rozwoju poprzez duże zużycie popiołów lotnych oraz możliwość zastosowania kruszywa z recyklingu
- Większa trwałość i pewność szczelności w porównaniu z takimi metodami jak np. metoda głębokiego mieszania gruntu

6.5. Trwałość koncepcji

6.5.1. ZASTOSOWANIE SPOIWA GRUNTAR DO BUDOWY ŚCIANEK SZCZELINOWYCH W WAŁACH PRZECIWPOWODZIOWYCH

Pogarszające się warunki środowiskowe każdego roku zmuszają gminy do coraz większych inwestycji na ochronę przeciwpowodziową. Nagła zmiana pogody z zimowej na wczesno letnią powoduje powstawanie olbrzymich ilości wody spływającej rzekami, która stanowi zagrożenie dla ludzkiego życia i jego dobytku.

Bez wątplenia należy zwrócić uwagę na trwałość konstrukcji zabezpieczających człowieka przed napływem wody powodziowej. Należy położyć nacisk na wykonanie bezpiecznych wałów przeciwpowodziowych, które nie będą grozić przerwaniem. Z pomocą przychodzi koncepcja zaproponowana w niniejszym raporcie polegająca na wykonaniu przegrody szczelnej w postaci ścianki szczelinowej w korpusie wału.

Mogłoby się zdawać, iż taka koncepcja jest marnotrawieniem publicznych pieniędzy. Nie jest to prawda ze względu na trwałość i pewność rozwiązania. Przy zastosowaniu ścian szczelinowych bezpieczeństwo ludzi jest zapewnione na co najmniej 100 lat bez większych operacji konserwacyjnych. Natomiast zastosowanie badanego przez nas materiału znacząco pomniejsza koszty wykonania.

Zastosowanie materiału GRUNTAR do wykonania betonu do ścianek szczelinowych ma jeszcze inne zalety. Przede wszystkim, beton jest odporny na korozję siarczanową, dzięki czemu nie jest ryzykowne zastosowanie konstrukcji w pobliżu terenów zagrożonych działaniem substancji agresywnych chemicznie. Dodatkowo, badania betonu wykonanego na tej zaprawie wskazują jego dobre właściwości wytrzymałościowe, pozwalające na pionowe obciążenie wału.

6.5.2. ZASTOSOWANIE SPOIWA GRUNTAR DO ZAPRAW FUNDAMENTOWYCH

Głównym założeniem koncepcji użycia spoiwa GRUNTAR jako zaprawy ścian fundamentowych jest jego odporność na korozję siarczanową. Wywołują ją substancje chemiczne zawarte w wodzie ściekowej, niekiedy pochodzącej z procesów przemysłowych. Zagrożeniem może być także woda podziemna. Dzięki obecności krzemionkowego popiołu lotnego o zawartości reaktywnej krzemionki większej niż 25%, GRUNTAR jest materiałem, który jest w stanie dobrze oprzeć się negatywnym działaniom środowiskowym, wymienionym powyżej.

7. TECHNOLOGIA WYKONANIA ŚCIANY SZCZELINOWEJ NIEZBROJONEJ

7.1. Wstęp

Ze względu na technologię wykonania ścian szczelinowych niezbrojonych każdy element składający się na realizację konstrukcji musi spełniać określone kryteria. Podstawowe wymagania, które należy spełnić przy wznoszeniu tego typu budowli podano poniżej i określono na podstawie obowiązujących norm oraz ogólnodostępnej wiedzy. Szczegółowe zalecenia technologiczne zawiera norma PN-EN 1538:2010 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych - Ściany szczelinowe.

7.2. Beton i jego składniki

Ogólnie beton stosowany do ścian szczelinowych betonowanych w gruncie powinien spełniać warunki normy PN-EN 206-1 Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

Podstawowe kryteria dla mieszanki betonowej i jego składników:

- Z uwagi na brak możliwości zagęszczenia świeżo ułożonego betonu, mieszanka powinna mieć właściwości samozagęszczalne, tzn. beton musi mieć zamkniętą strukturę bez zagęszczania oraz posiadać klasę konsystencji wg opadu stożka na poziomie S4 lub S5 (opad stożka 160-210mm lub więcej); jest to dość istotne kryterium nawet przy braku zbrojenia w ścianie szczelinowej, dlatego podczas badań laboratoryjnych starano się uzyskać właśnie taką konsystencję;
- Współczynnik w/c na poziomie maksymalnie 0,6;
- Zawartość cementu w metrze sześciennym mieszanki nie powinna być mniejsza niż 350 kg dla kruszywa o uziarnieniu do 32 mm i odpowiednio większa, nawet do 400 kg/m³ dla kruszywa do 16 mm;
- Aby zapobiec segregacji zaleca się, by kruszywo miało ciągłą krzywą uziarnienia, a maksymalny wymiar ziarn nie przekraczał 32mm; ponadto należy używać kruszywa o ziarnach naturalnie ukształtowanych; wymagany punkt piaskowy – 45-50%;
- Zaleca się stosowanie domieszek upłynniających mieszankę betonową;
- Cement można częściowo zastąpić takimi dodatkami, jak popioły lotne, czy granulowany żużel wielopieczowy.

7.3. Etapy i zalecenia dla wykonywania ściany szczelinowej

7.3.1. ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE

Przygotowanie podłoża:

- Kontrola położenia urządzeń / instalacji podziemnych;
- Przy gruntach słabych (namuły, torfy, gytie) może być konieczna wymiana na nasyp budowlany;
- Występowanie płytkiego zwierciadła wód gruntowych może wymagać odwodnienia.

Wykonanie murków prowadzących:

- Wytyczenie położenia ścianki szczelinowej;
- Wykop na głębokość około 1-1,5m o odpowiedniej szerokości (0,6; 0,8 lub 1,0m);
- Wykonanie murków prowadzących wylewanych na budowie lub jako gotowe prefabrykaty;
- Zaznaczenie na murkach miejsca umieszczenia elementów rozdzielczych - podział na sekcje (np. co 6 m);
- Górna część murów powinna znajdować się co najmniej 25 cm powyżej poziomu terenu, tak by możliwe było wykonanie ścianki z nadmiarem (górną warstwę zostanie skuta);
- Rozstaw w świetle murków powinien być szerszy o ok. 5cm od szerokości ściany szczelinowej.

Przygotowanie zawiesiny bentonitowej:

- Mieszanie bentonitu z wodą;
- Tłoczenie zawiesiny do szczeliny podczas głębenia;
- Wykorzystanie bentonitu sproszkowanego, produkowanego dla wiertnictwa / robót fundamentowych;
- Użycie materiału z deklaracją zgodności, określającą zarówno właściwości, jak i skład;
- Minimalna zawartość frakcji iłowej wynosi 50%;
- Maksymalna wilgotność bentonitu handlowego wynosi 15%;
- Skuteczna ochrona składowanego bentonitu przed zawilgoceniem;
- Mieszanie bentonitów z różnych dostaw jest niedopuszczalne.

7.3.2. ROBOTY GŁÓWNE

Głębianie szczeliny:

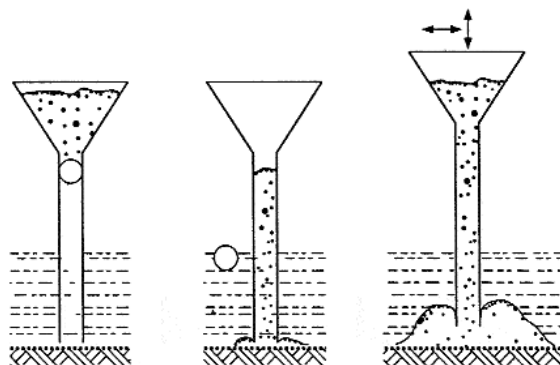
- Proces głębiania odcinkami, czyli sekcjami o szerokości do 10 metrów;
- Wydobywanie gruntu za pomocą koparki chwytakowej aż do osiągnięcia projektowanej głębokości szczeliny;
- Kontrola pionowości wykopu co ok. 4m głębiania;
- Utrzymywanie na bieżąco (poprzez dolewanie) odpowiednio wysokiego poziomu zawiesiny - powyżej dolnej krawędzi murków prowadzących;
- Oczyszczenie dna szczeliny i powierzchni przylegających sekcji (jeśli już jakieś istnieją).

Tworzenie sekcji:

- Elementy rozdzielające sekcje umieszcza się w szczelinie po jej oczyszczeniu;
- Powierzchnię elementu przed jego włożeniem należy oczyścić i pokryć środkiem antyadhezyjnym;
- Po wstawieniu elementu rozdzielczego należy zainstalować urządzenie do wyciągania w/w elementu.

Betonowanie:

- Mieszankę betonową układa się w szczelinie poprzez wykorzystanie rury wlewowej (metoda kontraktor), eliminując tym samym zanieczyszczenie / wymieszanie mieszanki z zawiesiną;
- Metoda kontraktorowa - zasada działania: Początkowo rurę do układania mieszanki zatyka się gumową kulą w celu zabezpieczenia zetknięcia się mieszanki z wodą/zawiesiną. Po napełnieniu leja, kulę wyciąga się, a rurę spadową podnosi do góry, co pod wpływem dużego ciężaru mieszanki zgromadzonej w leju powoduje jej wydobywanie na dnie. Zaleca się pozostawianie rury na głębokości ok. 1m w betonie już ułożonym, co zapobiega wyflukaniu i rozsegregowaniu się mieszanki.



Rysunek 26 – Metoda Contractor.

- Rurę kontraktorową zaleca się usytuować po środku sekcji;
- Koniec rury wlewowej należy unosić do góry wraz ze zwiększaniem się poziomu mieszanki w szczelinie;
- Wymagane jest podawanie mieszanki w sposób ciągły;
- Betonowanie kończy się wraz z osiągnięciem przez mieszankę górnej krawędzi murków prowadzących;
- Wraz ze wznoszeniem się poziomu mieszanki betonowej zaleca się odpompowywanie zawiesiny bentonitowej.

Wyciąganie elementów rozdzielczych:

- Podciągnięcie o 20cm w górę elementów rozdzielczych następuje po 3-5 godzinach od początku układania mieszanki;
- Po 4-5 godzinach od zakończenia betonowania rozpoczyna się dalsze wyciąganie elementów.

7.3.3. ROBOTY KOŃCOWE

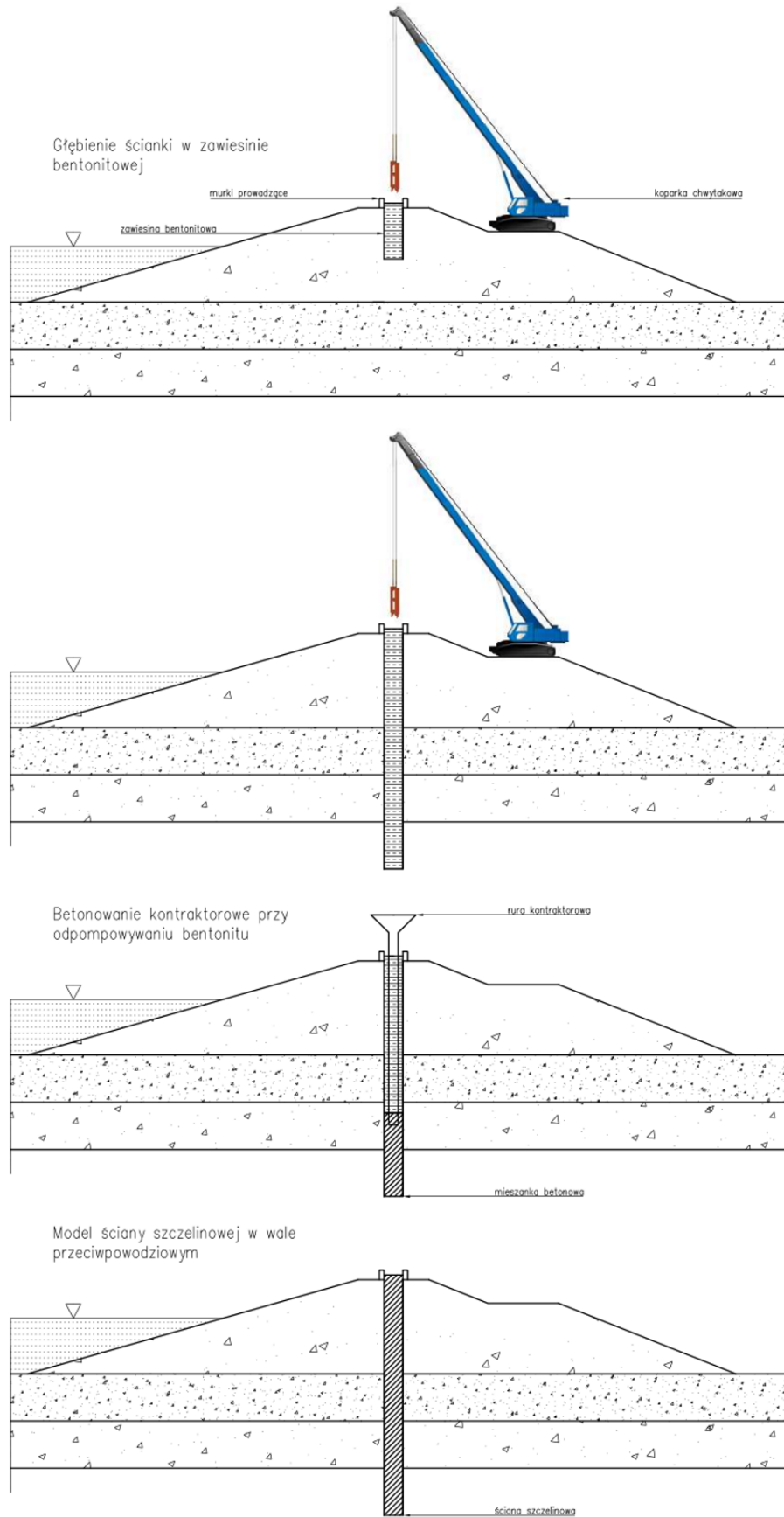
Roboty końcowe obejmują demontaż murków prowadzących i sprawdzenie szczelności ściany szczelinowej - pojawienie się wycieków na styku dwóch sekcji jest sygnałem, powodującym konieczność reakcji - naprawa np. poprzez zastosowanie iniekcji ciśnieniowej w miejscu zauważonej nieszczelności.

7.4. Szczególne zalecenia dla ściany w koronie wału

Wykonywanie ściany szczelinowej w wale przeciwpowodziowym niesie za sobą dodatkowe uwarunkowania, które należy uwzględnić podczas projektowania i realizacji omawianego rodzaju konstrukcji. Podstawowe uwagi poruszające ten temat wypunktowano poniżej:

- Należy zwrócić szczególną uwagę na dokładność wykonania połączeń sekcji ścian szczelinowych, tak aby zapobiec przedostawaniu się wody przez miejsca usunięcia elementów rozdzielczych. Szczególnie podczas powodzi przecieki w tej części budowli mogą w dużym stopniu zmniejszać szczelność konstrukcji, a nawet wału, dlatego wskazane jest uszczelnienie za pomocą mieszanki betonowej lub iniekcji zawieszoną cementową (np. przez pozostawioną w konstrukcji rurkę iniekcyjną). Dla obiektów najbardziej odpowiedzialnych zasadne może się okazać wykonanie pała w miejscu połączenia sekcji.
- Grunt nośny wydobyty przez koparkę podczas głębiania szczeliny można z powodzeniem wykorzystać do poszerzenia wału.
- Realizację ścian szczelinowych w wałach należy przeprowadzać w okresie niskiego poziomu wody w gruncie i/lub sąsiadującym zbiorniku wodnym.

- Zaleca się, by dolna część ściany znajdowała się na głębokości poniżej dna sąsiadującego zbiornika wodnego oraz w gruncie nośnym.
- Szerokość konstrukcji zależna jest od wymagań dla konkretnego przypadku i lokalnych uwarunkowań terenowych.
- W celu uzyskania lepszej szczelności dla wału można stosować dodatkowo materiał z geowłókniny ułożony na wale i przysypany gruntem (np. pochodzącym ze ściany szczelinowej).



Rysunek 27 - Proces powstawania ściany szczelinowej w wale przeciwpowodziowym.

7.5. Trwałość wału przeciwpowodziowego

Założeniem przedstawianej koncepcji jest wbudowanie ściany szczelinowej w konstrukcję wału przeciwpowodziowego. Oznacza to, iż ściana ta nie jest narażona na duże obciążenia, zmiany klimatyczne, zamarzanie itp. Jedynie w okresie powodziowym działa na nią okresowe parcie wody. Z racji na takie założenia, uważa się, że minimalnym okresem użytkowania, podczas którego korpus wału działać będzie bez zastrzeżeń to 100 - 150 lat. Po tym czasie należy przeprowadzić badania nad betonem, statecznością ściany i ogólnym stanem technicznym. Jednakże przed upływem tego okresu monitorować należy jedynie stabilność zboczy nasypu, z którego jest wykonany wał. Należy zwrócić uwagę czy podczas działania dużych sił w czasie podniesionego stanu wody powodziowej nie nastąpiło wymycie jakiejś części gruntu z powierzchni wału.

Powyższe rozważanie dowodzi jasno, iż zaproponowana koncepcja jest doskonałą odpowiedzią na pogarszające się warunki środowiskowe. Po wybudowaniu ochrony przeciwpowodziowej według wskazanej technologii, można na długi czas zapomnieć o wydatkach na ten cel w tym rejonie, a wał przeciwpowodziowy będzie wciąż chronić nawet najbardziej odpowiedzialne rejony zagrożone wodą powodziową.

8. INNE MOŻLIWOŚCI

8.1. Zaprawa do ścian fundamentowych

Obok koncepcji wykonania ścianek szczelinowych w wałach przeciwpowodziowych, która jest głównym tematem tej pracy, najważniejszym elementem niniejszych rozważań jest wykonanie zaprawy pod bloczki fundamentowe, na bazie spoiwa GRUNTAR.

Podstawową zaletą tej koncepcji jest odporność na korozję siarczanową dzięki zawartości popiołów lotnych w spoiwie. Daje to możliwość szerokiego zastosowania tego materiału w budownictwie. Budowa fundamentów, w pobliżu zakładów przemysłowych, mogących wydzielać zanieczyszczenia do gruntu lub podczas zagrożenia zanieczyszczeniem wodą ściekową nie powoduje problemów z korozją w badanej zaprawie.

Badania dotyczące tego zastosowania przedstawiono w innej części tej pracy.

8.2. Beton konstrukcyjny

Po dokonaniu badań betonu wykonanego ze spoiwa GRUNTAR, okazało się, że posiada on zaskakująco dobre parametry konstrukcyjne.

Przy zastosowaniu danych receptur osiągnięto wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach równą $\approx 40\text{MPa}$. Wynik ten jest bardzo korzystny, biorąc pod uwagę niski koszt wykonania. Nie można tutaj zapomnieć także o ekologii rozwiązania. Spoiwo GRUNTAR, wykorzystując w swej recepturze popioły lotne, wychodzi naprzeciw problematyce ekologii, dotyczącej wykorzystania produktów ubocznych spalania paliw.

Kolejnym argumentem przemawiającym za wykorzystaniem tego materiału są dobre parametry wodoszczelne produktu końcowego. w połączeniu ze spodziewanymi dobrymi rezultatami odporności na korozję, poszerza to w znacznym stopniu możliwości wykorzystania spoiwa GRUNTAR w ogólnie rozumianym budownictwie, jako beton konstrukcyjny.

Należy jednak zwrócić baczną uwagę na zastosowanie zbrojenia w tym betonie. Ta praca nie przewiduje badań nad wpływem spoiwa GRUNTAR (wraz z zawartymi w nim popiołami lotnymi) na elementy stalowe, z racji na ograniczony czas na wykonanie i opracowanie kolejnych badań. Istnieje niebezpieczeństwo wystąpienia korozji stali w elementach żelbetowych. Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie zbrojenia kompozytowego, które byłoby całkowicie obojętne na jakiegokolwiek negatywne działania popiołów lotnych zawartych w spoiwie. Jest to wyjście z sytuacji, które znacząco zwiększa koszty, dlatego należy przeprowadzić analizę ekonomiczną proponowanej koncepcji. Nie jest to jednak tematem niniejszej publikacji, a powyższe rozważania mają na celu jedynie zaproponowanie i ogólne nakreślenie alternatywnych koncepcji wykorzystania spoiwa GRUNTAR.

8.3. Niezbrojone elementy betonowe

Przy wytrzymałości betonu wykonanego ze spoiwa GRUNTAR na poziomie 40MPa , można wykorzystać ten materiał do wykonywania elementów betonowych, bez zbrojenia (np. prefabrykowane płyty do wykonania dróg tymczasowych, czy masywne elementy ściskane). Podstawową zaletą tego rozwiązania jest niska cena.

Inną możliwością jest modyfikacja receptury wykonywanego betonu, tak by zmniejszyć wytrzymałość i znacznie obniżyć koszty wykonania w celu produkowania małych elementów betonowych, takich jak krawężniki, płyty chodnikowe, kształtki, czy bloczki.

Rozważania te podają jedynie koncepcję, a nie przedstawiają gotowego rozwiązania, ponieważ nie jest to temat przewodni tej pracy.

9. INNOWACYJNOŚĆ W POLSCE

9.1. GRUNTAR jako spoiwo do betonu

Bazując na przeprowadzonych przez nas badaniach (wytrzymałości na ściskanie, czy głębokości penetracji wody pod ciśnieniem) można dojść do wniosku, że wykorzystanie omawianego spoiwa do pełnowartościowego betonu jest uzasadnione, a stosowanie tego produktu firmy Lafarge do betonu jest innowacją w naszym kraju.

Dotychczas materiał ten stosowano jedynie do stabilizacji gruntu pod drogi, w skarpach, jako podbudowę, a więc tworzono mieszankę gruntu i spoiwa, otrzymując przy tym stosunkowo niską wytrzymałość na ściskanie powstałego "gruntu - betonu". Wykorzystując odpowiednią recepturę mieszanki betonowej można uzyskać wytrzymałość na poziomie powyżej 35 MPa, nawet w warunkach rzeczywistych, co pozwala uznać taki wyrób za beton konstrukcyjny.

9.2. Wały przeciwpowodziowe

Zgodnie z opracowaniem Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej "Vademecum ochrony przeciwpowodziowej" większość wałów w Polsce zrealizowano ponad 40-50 lat temu, część z nich nawet w XIX w., a stan wielu tych budowli pozostawia wiele do życzenia. Dotychczasowe technologie opierały się głównie na wykorzystaniu gruntu rodzimego do usypywania wałów. Często popełniano błędy już podczas projektowania, a względy ekonomiczne sprawiały, że do budowy wykorzystywano lokalnie dostępne materiały. Wynikała stąd, bardzo niekorzystna różnorodność materiałów stosowanych do budowy obwałowań (humus, piaski ilaste, grunty spoiste, odpady i wiele innych). Ponadto zdarzało się, że podczas budowy grunt nie był zagęszczany w odpowiedni sposób.

Wszystkie wyżej wymienione uchybienia stały się powodem szybkiej degradacji wałów oraz zanikania skuteczności w ochronie terenów zagrożonych powodzią, co można było zaobserwować w ciągu ostatnich kilkunastu lat. Dlatego obecnie większość wybudowanych wałów wymaga renowacji, modernizacji i uszczelnienia metodami pozwalającymi na skuteczną i długoletnią ochronę terenów zalewowych bez ponoszenia dodatkowych kosztów w utrzymaniu budowli.

Wykorzystanie spoiwa drogowego (którego znaczną część stanowią odpady ze spalania z elektrociepłowni przy jednoczesnym użyciu kruszywa naturalnego rzeczno lub z recydingu) w wałach przeciwpowodziowych miało dotychczas ograniczone zastosowanie i uznaje się je za nowoczesny pomysł realizacji utylizacji odpadów i wykonywania pełnowartościowych konstrukcji. Dobrze wpisuje się to w strategię zrównoważonego rozwoju.

Stąd idea wykorzystania spoiwa GRUNTAR do budowy ścian szczelinowych jest typowo nowatorskim podejściem nie tylko w odniesieniu do danego produktu, ale nawet w stosunku do modernizacji obwałowań w Polsce.

10. ZMIANY KLIMATYCZNE W POLSCE

W naszym opracowaniu chcielibyśmy zwrócić także dużą uwagę na sytuację klimatyczną, w której Polska się znajduje. Poniższe spostrzeżenia oparte są o liczne publikacje osób badających zmiany pogodowe. Będziemy chcieli udowodnić, że zmiany klimatu sprzyjają pogłębianiu się zagrożenia powodziowego w Polsce, jak i na świecie.

Powodzie można podzielić ze względu na różne przyczyny:

- powodzie opadowe (letnie) - najgwałtowniejszy przebieg,
- powodzie roztopowe (wiosenne) - najgroźniejsze, gdy występują wraz z powodziami zatorowymi,
- powodzie sztormowe - rzadko spotykane w Polsce,
- powodzie zimowe (zatorowe).

Jedną z najczęstszych przyczyn powstania powodzi w Polsce są powodzie roztopowe i zatorowe. Temu zjawisku najbardziej sprzyja pora gwałtownego topnienia śniegu kiedy woda zasila rzeki. Powodzie zatorowe wywołane są dodatkowym spiętrzeniem zwierciadła wody spowodowanym przez przeszkody, którymi jest śryż lub lód. Pokrywa śnieżna narasta stopniowo na dużym obszarze i zalega na nim przez długi okres czasu. Największe wezbrania występują na nizinym obszarze Polski. Wielkość i zasięg powodzi roztopowych zależy przede wszystkim od:

- grubości pokrywy śnieżnej,
- zawartości wody w śniegu,
- wielkości powierzchni, na której zachodzi proces topnienia śniegu,
- gwałtowności procesu.

Zamarznięta powierzchnia ziemi uniemożliwia wsiąkaniu wody a ze względu na niskie temperatury parowanie jest niezwykle małe. Woda utrzymuje się przez dłuższy czas na powierzchni terenu. w wyniku trwającego intensywnego topnienia, wody ciągle przybywa. Dodatkowe zagrożenie stwarzają opady deszczu, występujące w okresie roztopów, które nie tylko przyspieszają proces topnienia, ale zwiększają również zasilanie rzeki w wodę.

Według badaczy, klimat Polski bardzo zmienił się w ostatnich czasach. Oprócz znikających pór roku, następuje wzrost częstotliwości występowania:

- gwałtownych opadów powodujących powodzie,

- nawałnic,
- burz,
- długotrwałych susz.

Z łagodnego, umiarkowanego klimatu przejściowego wchodzimy w klimat znacznie bardziej dynamiczny i nieprzewidywalny.

Przejściowe pory roku trwają - według klimatologów - około miesiąca. Dotychczas były nimi przedwiośnie i przedzimie. Obserwacje ostatniego dwudziestolecia pokazuje, że taka charakterystyka klimatu polskiego jest już nieaktualna. Mamy problem ze wskazaniem przejściowych pór roku. Można zauważyć także, że coraz mniej wyraźnie rysuje się też wiosna i jesień. Zdarzają się lata, gdy po wielu miesiącach niskich temperatur nagle robi się upalnie.

Kolejnym czynnikiem pogłębiającym problem powodzi w Polsce przedstawianym przez naukowców jest podnoszenie się poziomu wody w morzu. Czynnikiem szczególnie groźny dla wybrzeży Bałtyku. Do tej pory poziom podnosił się o około 1.5 - 2.9 mm na rok, a szacuje się, że do 2080 roku podniesie się nawet od 0.1 do 1 m. Zalaniu grozi 1800 km² obszarów nadbrzeżnych. Do rejonów szczególnie zagrożonych zaliczają się m.in. gdańskie Stare Miasto i Żuławy. w zachodniej Polsce, wzdłuż dorzecza Odry podnoszący się poziom morza najbardziej zagraża Zatoce Szczecińskiej i Ujściu Odry. Profesor Maciej Sadowski z Instytutu Ochrony Środowiska wymienia także tereny miast Szczecina i Świnoujścia oraz tereny rolnicze w okolicach.

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w swoich opracowaniach podaje jako konsekwencje zmian klimatu:

- podwyższenie termiki wody,
- obniżenie stanów i przepływów,
- zmiany prędkości wody.

Większa częstotliwość zjawisk ekstremalnych (powódź, susza) może spowodować konieczność budowy kolejnych budowli ochrony przeciwpowodziowej lub obiektów retencjonujących wodę.

Podsumowując, od gwałtowność topnienia lodu i śniegu zależy skala zagrożenia powodziowego. Zanikające pory roku niewątpliwie potęgują problem. Wiąże się to z koniecznością unowocześniania systemów przeciwpowodziowych. Podwyższony poziom wody w Bałtyku sprawia, że opisane regiony są dużo bardziej narażone na wystąpienie katastrof powodziowych. Opisywane w pracy ścianki szczelinowe mogą być jedną z najefektywniejszych metod zapobiegania temu zjawisku.

11. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

W nawiązaniu do obowiązujących dyrektyw UE, rozporządzeń, zaleceń i potrzeb społeczeństwa, projektowanie jakiegokolwiek konstrukcji musi uwzględniać szeroko rozumianą ekologię przy zachowaniu ciągłego rozwoju, tak aby oddziaływania człowieka na środowisko nie wpływały negatywnie na życie przyszłych pokoleń. Dlatego bardzo istotne są badania, pozwalające efektywnie wykorzystywać produkowane przez człowieka odpady, które mogą mieć wiele nieodkrytych zastosowań w budownictwie.

11.1. Popioły lotne, czyli jak odpad staje się pełnowartościowym materiałem

Podstawową zaletą ekologiczną spoiwa hydraulicznego GRUNTAR jest jego skład, a dokładniej duża zawartość popiołów lotnych wapiennych i fluidalnych, będących odpadem ze spalania węgla. Popioły te nie były dotychczas stosowane w budownictwie na szeroką skalę, ponieważ uważało się, że ich cechy (a szczególnie nieprzewidywalnie duża zawartość wolnego CaO) niekorzystnie wpływały na wykonywane konstrukcje. Tymczasem wskutek rozwoju (zwiększającej się sprawności kotłów, ulepszeniom technologicznym) udaje się uzyskiwać produkty spalania coraz stabilniejsze i korzystniejsze pod względem właściwości, nadające się do ponownego wykorzystania, a nawet obniżające koszty inwestycji. Dodatek tych popiołów do spoiwa GRUNTAR sprawia, że materiał posiada określone parametry, opisane szerzej w punkcie 2, korzystne w pewnych zastosowaniach. To wszystko sprawia, że na omawiany składnik spoiwa można znaleźć coraz szersze racjonalne zastosowania w budownictwie.

11.2. Ekologiczne kruszywa

Kruszywem w przebadanych przez autorów próbkach były frakcje żwirowe i piaskowe pochodzenia naturalnego, których zasoby są ograniczone. Dlatego przy wykonywaniu konstrukcji (np. wału przeciwpowodziowego z betonową przeponą) warto rozważyć wykorzystanie kruszywa z recydingu, a nawet pokruszonych dodatków z gruzu ceglanego. Byłoby to dodatkowym obszarem wypełniania strategii zrównoważonego rozwoju, poprzez powtórne wykorzystanie odpadów, w tym przypadku gruzu. Zastosowanie takich kruszyw/wypełniaczy wymagałoby dodatkowych badań, które nie zostały przeprowadzone z uwagi na ograniczone możliwości czasowe i materiałowe.

12. PRZEPISY

Według materiałów, które uzyskaliśmy od firmy Lafarge spoiwo hydrauliczne GRUNTAR otrzymało aprobatę techniczną IBDiM nr AT/2011-02-2775 stwierdzającą pozytywną ocenę

i przydatność wyrobu budowlanego do stosowania w budownictwie wskazując dla wyżej wymienionego wyrobu budowlanego obowiązujący system 2+ oceny zgodności.

Świadczy to o spełnieniu wymagań § 5 ust. 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 8 listopada 2004r. do stosowania w inżynierii komunikacyjnej zgodnie z jego przeznaczeniem opisanym w pkt2.3. Odpowiadana ono także wymaganiom zawartym w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 2 marca 1991 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne oraz ich usytuowanie jak dla aktywnego popiołu lotnego.

W celu wydania aprobaty spoiwo poddano badaniu wytrzymałości na ściskanie po 7, 28 oraz 90 dniach, uziarnienia, badaniu czasu wiązania (początku oraz końca), stałości objętości, zawartości siarczanów. W związku z tym nie poddawaliśmy spoiwa GRUNTAR powyższym badaniom uznając, że wymagania wiążące się z tymi badaniami spełnia. Spoiwo GRUNTAR powinno być produkowane zgodnie z systemem zakładowej kontroli produkcji.

Z badań przeprowadzonych przez Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych wynika, że spoiwo GRUNTAR z punktu widzenia ochrony radiologicznej może być stosowane do produkcji materiałów budowlanych wykorzystywanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi lub inwentarza żywego. Spełnia on wymagania grupy i wg. klasyfikacji przedstawionej w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 oraz Poradnika ITB Nr 455/2010.

Spoiwo GRUNTAR zgodnie z Dyrektywą 1999/45/WE zostało zakwalifikowane jako produkt drażniący (Xi), działający drażniąco na drogi oddechowe i skórę (R37/38), stwarzający ryzyko poważnego uszkodzenia oczu (R41) a także mogący powodować uczulenie w kontakcie ze skórą. W związku z tym należy unikać bezpośredniego kontaktu mieszaniny ze skórą lub oczami stosując odpowiednie zabezpieczenia jak maski czy gogle. Zagrożenie to jest szczególnie istotne w przypadku stosowania spoiwa GRUNTAR do wytwarzania zaprawy murarskiej. Można spodziewać się, że w trakcie produkcji pracownik może być narażony na częste wdychanie dużych ilości pyłu. Beton kontraktorowy do wykonywania wałów przeciwpowodziowych będzie najczęściej wykonywany w oddzielnych zakładach, gdzie narażenie pracowników na pyły jest zminimalizowane. Zakłady te zgodnie z przepisami wewnątrz zakładowymi wyposażone są w oddzielne zabezpieczenia, jak lokalne systemy wyciągowe.

Wg wyżej wspomnianej dyrektywy możliwe zmiany pH związane z reakcją wodorotlenków nie mają negatywnego wpływu na organizmy ani nie są toksyczne. Nie są także wymagane żadne środki kontroli narażenia środowiska gleby.

Wg Amerykańskiej konferencji zdrowia i bezpieczeństwa w przemyśle spoiwo GRUNTAR oparte na cemencie portlandzkim nie jest uznawane jako rakotwórcze.

W powyższym opisie uwzględniono najważniejsze przepisy z punktu widzenia przedstawianych w pracy propozycji zastosowań materiału GRUNTAR.

Zgodnie z ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2005 r. Nr 239, poz. 2019, z późn. zm.3)) inwestor zamierzający zrealizować inwestycję dotyczącą retencjonowania śródlądowych wód powierzchniowych zobowiązany jest do uzyskania pozwolenia wodnoprawnego. Instytucje, na których czele stoi Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska wydają takie pozwolenie na podstawie Obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej z dnia 23 stycznia 2008 r. Prawo ochrony środowiska, zgodnie z działem VI - postępowanie w sprawie ocen oddziaływania na środowisko. Wiąże się to z koniecznością rozpatrzenia i spełnienia wszystkich przepisów a co za tym idzie często kilku letnich procedur mających na celu uzyskanie zgody na budowę.

Zgodnie z ustawą z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie do działalności stwarzającej ryzyko szkody w środowisku zalicza się takie budowle hydrotechniczne jak wały przeciwpowodziowe.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie, wały przeciwpowodziowe są budowlami hydrotechnicznymi. Poniżej wyszczególniono jedno z najważniejszych punktów aktu prawnego, które muszą spełniać.

Obliczenia wykonane w pkt 4 niniejszego opracowanie mają na celu spełnienie § 8. 1., który mówi o tym, że ziemne budowle hydrotechniczne oraz ich podłoże powinny być stateczne w każdych warunkach pracy (w przypadku obciążeń przyjętych w projekcie, działających przede wszystkim na elementy takie jak korpus, skarpy, umocnienia, uszczelnienia, warstwy ochronne, drenaże). Wały przeciwpowodziowe wykonuje się z gruntów naturalnych lub antropogenicznych, w których zawartość składników podlegających rozkładowi lub rozproszeniu w wodzie nie zagraża trwałości i bezpieczeństwu budowli. Budowle hydrotechniczne przed oddaniem do użytkowania poddawane są próbnemu obciążeniu wodą na poziomach określonych w rozporządzeniu jako normalny poziom piętrzenia oraz maksymalny poziom piętrzenia. Wysokości te wynikają z wymogów opisanych w Dziale V mówiącym o bezpiecznym wzniesieniu budowli.

Budowle hydrotechniczne zalicza się do czterech klas ważności I, II, III,IV gdzie najważniejsza jest I. Zgodnie z § 27. w zależności od klasy budowli hydrotechnicznych rozróżnia się warunki:

- przepływów obliczeniowych;
- współczynników przyjmowanych w obliczeniach statycznych;
- bezpiecznych wzniesień koron budowli hydrotechnicznych,
- wyposażenia w urządzenia kontrolno-pomiarowe;
- wyposażenia budowli hydrotechnicznych w urządzenia upustowe.

Projektując wał przeciwpowodziowy należy spełnić także warunki oceny stateczności opisane w Dziale III wspomnianego Rozporządzenia.

Według Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko zaliczane są budowle piętrzące wodę o wysokości piętrzenia nie mniejszej niż 5m. Do takich budowli można zaliczyć wały przeciwpowodziowe. Nie mniej jednak punkt 2, podpunkt 65) wyraźnie określa, że przebudowy wałów mające na celu doszczelnienie korpusu nie są inwestycjami niebezpiecznymi dla środowiska.

13. RZETELNOŚĆ I METODYKA POZYSKIWANIA INFORMACJI

13.1. Konsultacje naukowe z pracownikami Politechniki Łódzkiej

Podczas tworzenia pracy postawiliśmy na rzetelność pozyskiwania informacji naukowych. Koncepcje wykonywania ścianek szczelinowych skonsultowaliśmy z pracownikami Katedry Konstrukcji Betonowych Politechniki Łódzkiej. Po pozytywnym przyjęciu naszego pomysłu uzyskaliśmy pomoc w tworzeniu próbek betonu kontraktorowego. Również wszystkie badania przeprowadzane zostały z pomocą pracowników laboratorium. Alternatywne zastosowanie spoiwa GRUNTAR, jako zaprawy do bloczków fundamentowych skonsultowane zostało z Katedrą Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych. Podczas modelowania konstrukcji metodą MES, dostęp do odpowiedniego oprogramowania otrzymaliśmy od Katedry Geotechniki i Budowli Inżynierskich. Wszelkie analizy finansowe i opisanie rynku zbytu wykonaliśmy z pomocą osoby zajmującej się zagadnieniem ekonomiki budownictwa.

13.2. Analiza informacji wtórnych

Praca w małym stopniu została oparta na danych opublikowanych na stronach internetowych przez instytucje naukowe, firmy budowlane, urzędy, a także portale informacyjno-naukowe. W pewnych częściach opracowania wykorzystywano informacje wtórne, w głównej mierze z powodu braku innych źródeł. Jak wiadomo wiadomości te nie zawsze są w pełni wiarygodne, dlatego w oparciu o prace naukowe zamieszczone w Literaturze oraz porównywanie danych z różnych równoległych źródeł sporadycznie uzyskiwano informacje na konkretny temat. W celu pokazania pełnej listy źródeł w dokumencie zamieszczono odpowiednie odwołania (np. do stron www).

13.3. Kontakt z urzędami i firmami

Jedną z metod pozyskiwania informacji zamieszczonych w opracowaniu było skierowanie zapytania drogą mailową do wszystkich wojewódzkich urzędów melioracji o kosztorysy dotyczące zrealizowanych inwestycji wałów przeciwpowodziowych. Na podstawie tych informacji opracowano pkt 6.4 niniejszego opracowania.

Skorzystano z Art. 1 ust. 1 Ustawa o dostępie do informacji publicznej stwierdza, że „każda informacja o sprawach publicznych jest informacją publiczną”. Kosztorys inwestorski zawiera informacje dotyczące finansów publicznych, gdyż jest podstawą do ustalenia wartości zamówienia publicznego. W związku z tym zawiera informacje o sprawach publicznych. Tak więc instytucje państwowe zobowiązane są do udzielania takich informacji jak kosztorysy.

Kontaktowano się także z wszystkimi odnalezionymi firmami reklamującymi się wykonywanie wałów przeciwpowodziowych. Na podstawie tych informacji opracowano pkt. 6.4 niniejszego opracowania.

Swoje zapytania skierowano również do wielu producentów i dystrybutorów:

- kruszyw do betonu,
- cementów,
- popiołów lotnych,
- domieszek do betonów

Na podstawie tych informacji możliwe było wykonanie kalkulacji opisanych w pkt. 5.1.2.

13.4. Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych

W celu przeprowadzenia wywiadu na temat słuszności postawionych założeń w niniejszej pracy, podjęto się współpracy z Wojewódzkim Zarządem Melioracji i Urządzeń Wodnych, przy ulicy Solnej 14 w Łodzi. Potwierdzenie odbycia się spotkania i udzielenia informacji znajduje się w Załączniku 10.

Podczas spotkania odbyła się rozmowa dotycząca możliwości wykorzystania badanej koncepcji, technicznych aspektów projektu oraz porównania ekonomicznego.

Wnioski z rozmowy są różnorokie. Przede wszystkim, w województwie łódzkim trwają jedynie prace nad naprawą starych wałów przeciwpowodziowych, pamiętających czasy sprzed II wojny światowej. Zabezpieczenia te są niższych klas, z racji na położenie w rejonie o średnim zagrożeniu powodziowym. Pierwszym wnioskiem z niniejszego spotkania jest brak zasadności użycia proponowanej koncepcji w województwie łódzkim. Wynika to przede wszystkim z analizy ekonomicznej,

a obniżenie kosztów budowy ściany szczelinowej poprzez zastosowanie innowacyjnego, taniego materiału, nie równa się z niską ceną budowy ścianek szczelnych z PCV. Inną sprawą jest to, iż zabezpieczenia te są wystarczające w danych warunkach i nie trzeba inwestować mocniejsze, acz droższe rozwiązanie.

Z drugiej strony inwestor taki jak WZMiUW zajmuje się głównie zabezpieczeniem terenów rolnych przed wodą powodziową. Bardziej odpowiedzialne konstrukcje odgradzające tereny zurbanizowane i bezpośrednio chroniące człowieka są w gestii innych organów państwowych, typu miasta czy gminy. Nie udało się niestety dotrzeć do żadnego samorządu zajmującego się takimi inwestycjami w stopniu umożliwiającym zdobycie potrzebnych informacji. Trudności związane z przebrnięciem przez oficjalne drogi biurokratyczne okazał się tym razem zbyt duże jak na tak krótki okres czasu. Autorzy niniejszej pracy spotkali się również z niechęcią w udzieleniu informacji. Pozostałe rozważania pozostają więc jedynie rozważaniami teoretycznymi.

Podczas rozmowy z łódzkim WZMiUW stwierdzono, iż badane rozwiązanie zabezpieczenia wałów przeciwpowodziowych jest słuszne i uzasadnione, do wykorzystania jednak w najbardziej wymagających warunkach, gdzie bezpieczeństwo człowieka i jego dobytku stawiane jest ponad względy finansowe.

Inną sprawą jest polskie prawo, a mianowicie Ustawa o zamówieniach publicznych. Otóż inwestor nie wnika w technologię robót budowlanych, a skupia się jedynie na efekcie. Zatem, rozwiązanie proponowane w tej pracy pozostaje propozycją skierowaną do projektantów, którzy dokonują wyceny technologii, która będzie najbardziej wskazana w konkretnym projekcie. Podczas rozmowy z Wojewódzkim Zarządem Melioracji i Urządzeń Wodnych, określono jednoznacznie, iż koncepcja wykonania ściany szczelinowej w korpusie wału przeciwpowodziowego stanowić może bardzo dobre i bezpieczne rozwiązanie w specyficznych przypadkach, a wybór tej technologii pozostaje w rękach projektantów, zajmujących się wałami przeciwpowodziowymi wyższych klas. Obniżenie kosztów dzięki zastosowaniu badanego w tej publikacji materiału, może znacznie wpłynąć na decydentów i sprawić, iż to rozwiązanie będzie uzasadnione nie tylko technologicznie, ale także ekonomicznie.

Autorzy niniejszej pracy pozostają w kontakcie z Wojewódzkim Zarządem Melioracji i Urządzeń Wodnych, który zainteresowany jest wynikami badań i gotów podjąć się współpracy w przyszłości.

14. LITERATURA

- [1] Lafarge Cement S.A., Szczegółowa specyfikacja techniczna wykonywania, stabilizacji i wzmocnienia gruntu spoiwem hydraulicznym GRUNTAR HSD, Małogoszcz 2013.

- [2] EOKRUSZBET Sp. z o.o., Karta charakterystyki dla spoiwa hydraulicznego GRUNTAR, Kielce 2012.
- [3] Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych: Zakład Inżynierii Materiałowej, Sprawozdanie z badań promieniotwórczości naturalnej Nr 4L030I12/2 dla spoiwa hydraulicznego GRUNTAR 22,5, Opole 2012.
- [4] Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2011-02-2775 spoiwo GRUNTAR jako grupa: Spoiwa hydrauliczne i spoiwa ulepszające, Warszawa 2011.
- [5] Zbigniew Sikora, Artykuł "Renowacja wałów przeciwpowodziowych" w miesięczniku Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa "Inżynier Budownictwa" Nr 04 (83), PL ISSN 1732-3428.
- [6] Sławomir Gąsiorowski, Artykuł "Budowa ziemnych wałów przeciwpowodziowych a stabilizacja gruntu" w kwartalniku "Buduj z Głową" Nr 01/2012.
- [7] Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej: Stefan Bednarczyk, Teresa Jarzębińska, Stanisław Mackiewicz, Elżbieta Wołoszyn, "Vademecum Ochrony Przeciwpowodziowej", Gdańsk 2006.
- [8] Maciej Sadowski, Ocena potencjalnych skutków społeczno-gospodarczych zmian klimatu w Polsce
- [9] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej: "Wpływ zmian klimatu na gospodarkę, środowisko i społeczeństwo, Tom 3- klęski żywiołowe a społeczeństwo"
- [10] PN-EN 1538:2010 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych - Ściany szczelinowe.
- [11] PN - 88 B-06250: Beton zwykły
- [12] PN EN 12390-8: Badania betonu. Część 8 : Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem.
- [13] PN-EN 206-1 Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [14] PN-EN 196-1:2006: Metody badania cementu - Część 1: Oznaczanie wytrzymałości
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie
- [16] Obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej z dnia 23 stycznia 2008 r. Prawo ochrony środowiska
- [17] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko

15. ZAŁĄCZNIKI

- 1 - Karta produktowa spoiwa drogowego GRUNTAR HSD 22,5.
- 2 - Karta produktowa Sika ViscoCrete 3.
- 3 - Karta produktowa Plastiment BVT 99.
- 4 - Wykonanie I zarobu betonowego – raport.
- 5 - Wykonanie II zarobu betonowego – raport.
- 6 - Wykonanie trzech zarobów zaprawy cementowej – raport.
- 7 - Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem.
- 8 - Wyniki badań wytrzymałościowych dla próbek betonowych.
- 9 - Cennik za wydanie Aprobaty Technicznej obowiązujący w ITB od 01.11.2012r.
- 10 - Potwierdzenie udzielenia informacji przez Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych w Łodzi.
- 11 – Wyniki badań wytrzymałości zaprawy na zginanie i ściskanie