

Gdańsk, dnia 25 listopada 2016 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
mgr inż. Sylwii Stępień  
pt. "Wpływ temperatury oraz prędkości rozciągania na  
odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny"**

---

### **1. Podstawa opracowania**

Recenzję rozprawy doktorskiej pt: " Wpływ temperatury oraz prędkości rozciągania na odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny" mgr inż. Sylwii Stępień opracowałem na zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Dr hab. inż. Eugeniusza Kodę prof. nadzw. SGGW na podstawie następujących materiałów:

- a) Uchwała Rady Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie na posiedzeniu w dniu 26 października 2016 w sprawie powołania Dr h. inż. Adama Bolta na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Stępień pt.: " Wpływ temperatury oraz prędkości rozciągania na odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny".
- b) pisma Nr BIS -513/2016 z dnia 2 listopada 2016 roku Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, SGGW w Warszawie
- b) egzemplarza drukowanego pracy pt. Wpływ temperatury oraz prędkości rozciągania na odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny" Rozprawa doktorska. Promotor: Prof. dr hab. inż. Alojzy Szymański SGGW w Warszawie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Warszawa, rok 2016.

Dostarczone materiały i załączniki są kompletne i spełniają ustawowe wymagania formalne - nie wnoszę zastrzeżeń.

### **2. Dane Doktorantki**

Pani mgr inż. Andrzej Sylwia Stępień ukończyła studia na Wydziale Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego uzyskując tytuł mgr inż. w zakresie budownictwa. Jest studentką Studiów III stopnia w ramach Studium Doktoranckiego na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie.

### **3 . Przedmiot recenzji cel i teza pracy**

#### **3.1. Przedmiotem recenzji**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Sylwii Stępień pt.: "Wpływ temperatury oraz prędkości rozciągania na odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny" oparta na badaniach empirycznych wytrzymałości na rozciąganie geotkanin poddanych wpływowi temperatury, zmiennej

KATEDRA GEOTECHNIKI GEOLOGII I BUDOWNICTWA MORSKIEGO

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I ŚRODOWISKA

PL-80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12, tel./ fax.: 48-58-347-29-03, abolt@pg.gd.pl

prędkości rozciągania oraz cyklem zamrażania-rozmrażania.

Przedmiotem dociekań i badań doktorantki przedstawionych w pracy jest uwzględnienie wpływu temperatury oraz prędkości rozciągania na wytrzymałość, wydłużenie względne oraz moduł sieciowy geotkanin. Przedstawiona do oceny praca ma charakter ściśle doświadczalny i jest ukierunkowana na poznanie przebiegu charakterystyki sztywności badanego materiału na skutek zmiany czynników kształtujących rozkład sztywności. Podczas projektowania konstrukcji z geosyntetykami wpływ temperatur jest pomijany, a badania wytrzymałości na rozciąganie z prędkością 20 mm/min nie odzwierciedlają warunków pracy materiału geosyntetycznego.

W tym celu przeprowadzono badania laboratoryjne wytrzymałości na rozciąganie próbek geotkaniny w zakresie temperatur od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+140^{\circ}\text{C}$  przy prędkości rozciągania 20 mm/min według normy PN-EN ISO 10 319 oraz przy niestandardowej prędkości rozciągania 0,02 mm/min w zakresie temperatur od  $+20^{\circ}\text{C}$  do  $+140^{\circ}\text{C}$ .

Praca zawiera również badania laboratoryjne wytrzymałości na rozciąganie geotkaniny po 30 i 60 cyklach zamrażania- rozmrażania.

### 3.2. Teza pracy

Na podstawie studiów literatury oraz wyników badań własnych, Autorka formułuje następującą hipotezę naukowo-badawczą:

**Temperatura środowiska oraz prędkość rozciągania ma istotny wpływ na odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny.**

### 3.3. Cel i zakres badań

#### 3.3.1. Cel pracy

Podstawowym celem badań podjętych w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej jest wyznaczenie zależności prędkości rozciągania i temperatury otoczenia oraz cykli zamrażanie-rozmrażanie na wytrzymałość na rozciąganie oraz odkształcalność geotkaniny.

Szczegółowe cele badawcze obejmują opracowanie:

- zaleceń przy badaniu wytrzymałości na rozciąganie dla geosyntetyków pracujących w niestandardowych temperaturach,
- propozycji uwzględnienia wpływu temperatury przy obliczaniu wytrzymałości, długoterminowej geosyntetyków.

#### 3.3.2. Zakres pracy obejmuje:

- opracowanie szczegółowej procedury badania wytrzymałości metodą szerokich próbek, z uwzględnieniem specyfiki przyjętego programu badań,
- wykonanie badań laboratoryjnych wytrzymałości na rozciąganie geotkaniny w zakresie temperatur od  $-40$  do  $+140^{\circ}\text{C}$  przy prędkości rozciągania 20 mm/min według normy PN-EN ISO 10 319 oraz badania laboratoryjne wytrzymałości na rozciąganie geotkaniny w zakresie

KATEDRA GEOTECHNIKI GEOLOGII I BUDOWNICTWA MORSKIEGO

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I ŚRODOWISKA

PL-80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12, tel./ fax.: 48-58-347-29-03, abolt@pg.gd.pl

temperatur od +20 do +140 °C przy niestandardowej prędkości rozciągania 0,02 mm/min,

- opracowanie wyników badań wytrzymałości na rozciąganie materiału po pięciu próbach w każdym zakresie temperatur przy różnych prędkościach rozciągania oraz po cyklach zamrażanie-rozmrażanie.
- zestawienie i opracowanie statystyczne wartości wytrzymałości, wydłużenia względnego i modułu siecznego geotkaniny PES/PA badanej przy prędkości rozciągania 20 i 0,02 mm/min.
- uściślenie sposobu wyznaczania wytrzymałości długoterminowej poprzez modyfikację współczynnika redukcyjnego dla oddziaływań środowiskowych ( A4).

#### **4. Analiza zawartości pracy**

Praca składa się z ośmiu rozdziałów i siedmiu załączników i zawiera 105 stron numerowanych. Tekst pracy poprzedzony jest oddzielnie numerowanymi 9 stronami zawierającymi: oświadczenia i streszczenia 5 str., spis treści str. 2 i wykaz ważniejszych symboli, oznaczeń i skrótów str. 2. Tekst właściwy o objętości 103 str. zawierający 9 str. literatury (121 pozycji), 36 tabl. i 37 rysunków. Dodatkem do pracy jest 7 załączników o stronach nienumerowanych zawierających pełne wyniki wykonanych badań laboratoryjnych oraz przeprowadzonej analizy. Autorka opisuje szczegółowo procedurę badania wytrzymałości metodą szerokich próbek według normy PN-EN ISO 10319:2010 (zał.1). Następnie zestawia wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie materiału, w każdym zakresie temperatur, przy różnych prędkościach rozciągania oraz po cyklach zamrażanie-rozmrażanie. Wyniki te zawierają wykresy naprężenie - odkształcenie, tabele wyników oraz opisy warunków badania. Kolejno są to wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie PES przy prędkości rozciągania 20 mm/min (zał. 2), wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie PES przy prędkości rozciągania 0,02 mm/min (zał. k 3), wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie PA przy prędkości rozciągania 20 mm/min (zał. 4), wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie PA przy prędkości rozciągania 0,02 mm/min (zał.5) oraz wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie geotkaniny PES/PA przy prędkości rozciągania 20 mm/min po 30 i 60 cyklach zamrażanie-rozmrażanie (zał. 6). Natomiast w załączniku nr 7 zawarto zestawienie wartości wytrzymałości, wydłużenia względnego i modułu siecznego geotkaniny PES/PA przy prędkości rozciągania 20 i 0,02 mm/min.

Na początku pracy autorka przedstawia krótką historię geosyntetyków, ich zalety w zastosowaniach oraz potrzebę badań uwzględniających wpływ temperatury oraz prędkości rozciągania. Po tym wstępie autorka przedstawia podstawowe informacje o geosyntetykach niezbędne dla uzasadnienia potrzeby prowadzonych badań, są tam niezbędne podziały, właściwości i funkcje jakie muszą spełniać geosyntetyki. Scharakteryzowano szczegółowo geotkaniny, funkcje oraz metody wykorzystania ich w celu zwiększenia wytrzymałości gruntu. W kolejnym rozdziale Autorka formułuje zasadniczą tezę pracy i cel, uszczegóławiając jednocześnie kolejne zadania i przedstawia

charakterystykę badanych materiałów. Badania wykonała na geotkaninie o masie powierzchniowej 400g/m<sup>2</sup> z wysokowytrzymałymi włóknami poliestrowymi w kierunku wzdłużnym ( $R_{BK0} = 200\text{kN/m}$ ,  $\varepsilon = 10\%$ ) oraz włókien poliamidowych w kierunku poprzecznym ( $R_{BK0} = 45\text{kN/m}$ ,  $\varepsilon = 20\%$ ). Charakterystyczna wielkość porów 110 $\mu\text{m}$ , wodoprzepuszczalność prostopadła do powierzchni 5x10<sup>-3</sup> m/s. Wykorzystując studia literaturowe uzasadnia potrzebę badań wskazując miejsca występowania zróżnicowanych temperatur oraz zastosowania geosyntetyków i przeprowadzone badania w temperaturach od +120 do +160°C, do +70°C oraz w temperaturach poniżej 0°C. Przedstawia też przykłady badań wytrzymałości na rozciąganie przy różnych prędkościach rozciągania. Następnie Autorka przedstawia własne wyniki badań laboratoryjnych przeprowadzonych w laboratoriach Centrum Wodnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Badania te wymagały dużego nakładu pracy oraz odpowiedniego przygotowaniu sprzętu i wdrożenia opracowanych procedur badawczych. Autorka z tego zadania wywiązała się bardzo dobrze. Opisuje stosowaną metodykę wyznaczania wytrzymałości na rozciąganie metodą szerokich próbek oraz wyniki badań wpływu temperatury na wytrzymałość, wydłużeń względnych i modułu siecznego badanej geotkaniny. Badania zmian wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia względnego materiału geotekstylnego PES PA pod wpływem temperatury przeprowadziła w kierunku wzdłużnym (MD) oraz poprzecznym (CD). Dla każdej z serii badań określa średnią wytrzymałość na rozciąganie  $R_{BICO}$  oraz średnie wydłużenie względne  $\square$  przy maksymalnym obciążeniu zarówno przy prędkości rozciągania 20 mm min (20% min) w zakresie temperatur od -40°C do -140°C, jak również przy prędkości rozciągania 0.02 mmm (0.02% min) w zakresie temperatur od +20°C do +140°C. Wyznacza także średnie moduły sieczne odpowiadające wydłużeniom względnym 2% i 5%, jak również moduły sieczne odpowiadające średniej maksymalnej wytrzymałości na rozciąganie.

Przed przystąpieniem do analizy sprawdziła pod względem logiczności i kompletności odpowiedzi bazę danych. Obliczenia wykonała stosując pakiet statystyczny Statistica v.12.0 PL firmy StatSoft (Stanisz 2006. 2007) oraz program Microsoft Excel. Interpretację wyników analiz statystycznych i wnioski statystyczne przeprowadziła według objaśnień i zaleceń (Węglarczyk 2010; Papoulis i Gerstenkorn 1972).

Jednym z celów przeprowadzonej przez Autorkę analizy statystycznej stało się badanie współzależności między wytrzymałością materiału a różnymi czynnikami, które mają na nią zasadniczy wpływ. W szczególności do przewidywania wartości i wielkości zmian wytrzymałości materiału, pod wpływem tych czynników, będących przedmiotem szczególnych zainteresowań autorki pracy. Zdaniem Autorki wykrycie, obserwacja oraz mierzenie natężenia tego rodzaju związków jest istotnym instrumentem lepszego poznania zachowania się badanego materiału w warunkach pracy w konstrukcji z gruntem, co ułatwia podejmowanie decyzji w praktycznej działalności inżynierskiej.

W badaniu Autorka używa następujące statystyki opisowe. Opis tabelaryczny - dane przedstawione są w postaci tabel z uwzględnieniem zależności najistotniejszych dla zbadania hipotez: tabele krzyżowe uwzględniają podstawowe zmienne niezależne. Do porównania wybranych zmiennych w dwóch próbach wykorzystano test t-Studenta dla dwóch prób niezależnych, będący najodpowiedniejszym dla porównania zmiennych o charakterze ilościowym w dwóch grupach. Do oszacowania modeli z jedną zmienną objaśniającą wykorzystuje regresję wieloraką, odpowiednią do ilościowego ujęcia związków pomiędzy wieloma zmiennymi niezależnymi (objaśniającymi) a zmienną zależną (kryterialną, objaśnianą). W trakcie weryfikacji statystycznej zebranego materiału za poziom istotności otrzymanych wyników przyjmuje  $p < 0.05$ . Wartość analizowanych parametrów mierzalnych przedstawiła za pomocą wartości miar statystyk opisowych.

W pierwszej kolejności ocenie poddała wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie materiału geotekstylnego PES/PA, uwzględniając przy tym różną prędkość rozciągania. Kształt tych wyników przeanalizowano za pomocą podstawowych statystyk opisowych w formie tabelarycznej. Następnie ocenie poddano korelacje między temperaturą a wynikami dotyczącymi wytrzymałości, wydłużenia względnego oraz modułu siecznego również w formie tabelarycznej. W ten sposób sprawdziła, czy możliwa jest budowa wiarygodnego modelu opisującego zależności między temperaturą a pozostałymi wynikami. Następnie w kolejnych tabelach przedstawia wyniki poszczególnych korelacji dotyczących PES i PA przy różnych prędkościach rozciągania. Zarówno w przypadku PES i PA przy prędkości rozciągania 20 mm/min i 0.02 mm/min zachodzi istotna statystycznie ( $p < 0.05$ ) korelacja ze wszystkimi wynikami. Przy prędkości 20 mm/min dla PES i PA najsilniejsza korelacja zachodzi między temperaturą a modułem siecznym - wartość bezwzględna współczynnika korelacji r-Pearsona (R) jest najwyższa, ujemna wartość tego współczynnika świadczy o korelacji odwrotnie proporcjonalnej. Wszystkie współczynniki korelacji przekraczały poziom 0.80, co świadczy o bardzo silnych korelacjach. W przypadku PES i PA przy prędkości rozciągania 0.02 mm/min najsilniejsza korelacja zachodzi między temperaturą a wytrzymałością. Współczynniki korelacji dotyczące wytrzymałości i modułu siecznego przekraczały poziom R-0.80, co świadczy o bardzo silnych korelacjach. Z kolei, współczynnik korelacji dotyczący wydłużenia względnego znajdował się w przedziale  $0.60 < R < 0.80$ , co świadczy o silnej korelacji. W dalszej kolejności opracowano modele wytrzymałości i wydłużenia względnego dla zmiennej temperatury. W ten sposób zbudowano funkcje opisujące zależności między temperaturą a pozostałymi wynikami w przypadku obu materiałów przy różnej prędkości rozciągania. Do budowy modeli wykorzystano regresję wieloraką dla funkcji  $F = a \cdot T + b$ . Podano oceny wyrazu wolnego oraz współczynnika przy zmiennej T. Błędy standardowe ocen parametrów, wartości statystyki t-Studenta służącej do sprawdzenia istotności ocen parametrów oraz poziom prawdopodobieństwa, przy którym nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o braku wpływu zmiennej niezależnej na zmienną objaśnianą.

Poziom prawdopodobieństwa jest w skrócie nazywany (p). W tabeli podano również wartości charakterystyk dopasowania modelu do danych empirycznych: współczynnik determinacji ( $R^2$ ). Wyniki tych analiz przedstawiono tabelarycznie. Wyniki regresji zestawione tabelarycznie pozwoliły oszacować model opisujący związek między temperaturą a wytrzymałością dla PES który następnie przedstawiono graficznie na wykresach przy prędkości rozciągania 20 mm/min. Zależności te są następujące:  $R_{Bk0} = -0.229 \cdot T + 204.32$  oraz przy prędkości rozciągania 0.02 mm/min  $R_{B.ko} = -0.491 \cdot T + 187.84$ .

Autorka przedstawiła także wyniki badań rozciągania materiałów po cyklach zamrażania i rozmrażania. W kolejnym rozdziale autorka przedstawiła sposób wyznaczania wytrzymałości długoterminowej oraz współczynniki redukujące uwzględniające wpływy: pelzania (A1), uszkodzeń podczas transportu i wbudowywania (A2), szwów i połączeń (A3), środowiska (A4) oraz oddziaływań dynamicznych (A5). Przedstawiła propozycję modyfikacji współczynnika redukcyjnego. Pracę zamyka podsumowanie uzyskanych wyników oraz sformułowane wnioski końcowe z wykonanych badań laboratoryjnych, przeprowadzonej analizy przebiegu charakterystyki sztywności badanego. Wskazuje też kierunki dalszych prac.

## 5. Wkład autorki w dziedzinę geoinżynierii w zakresie projektowania

Przedstawione wyniki badań i analiz upoważniają do stwierdzenia, że Autorka udokumentowała tezę pracy wykazując, że temperatura środowiska i prędkość rozciągania mają istotny wpływ na odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny. Autorka osiągnęła naukowy cel pracy proponując modyfikację współczynnika redukcyjnego A4. Uwzględnienie wpływu temperatury przy obliczaniu wytrzymałości długoterminowej geosyntetyków jest bardzo istotne dla stosowanych obecnie metod projektowych w środowisku występowania zmiennych temperatur. Jest to niewątpliwie osiągnięcie recenzowanej pracy. Rozprawa doktorska dotyczy badań wytrzymałości na rozciąganie geotkaniny (PES/PA) przy różnych prędkościach rozciągania w szerokim zakresie temperatur, aby poznać wpływ tych czynników na wytrzymałość na rozciąganie, wydłużanie względne oraz moduł sieczny. Badany w niniejszej pracy materiał geotekstylny (PES/PA) wykonany był z włókien charakteryzujących się odmiennymi właściwościami mechanicznymi (różna budowa cząsteczkowa) co pozwoliło na zbadanie zachowania się dwóch rodzajów polimerów. Na podstawie danych z przeprowadzonych badań laboratoryjnych oraz analiz statystycznych Autorka proponuje modyfikację metodyki oceny wytrzymałości długoterminowej o wpływ temperatury na wytrzymałość geotkaniny wykonanej z poliestru (PES) lub poliamidu (PA) w zależności od zakresu występujących temperatur w miejscu zastosowania składowania materiału. Wymienione elementy stanowią oryginalny dorobek naukowy prezentowany w pracy doktorskiej. Jednocześnie bardzo starannie wykonane i dobrze opracowane wyniki badań laboratoryjnych pozwoliły ustalić bardzo istotne wnioski ogólne dotyczące wyrobów tkanych (geotkaniny



PES i PA), z których wynika Materiał PES/PA rozciągany z mniejszą prędkością wynoszącą 0,02 mm/min wykazywał mniejsze wartości wytrzymałości na rozciąganie oraz większe wartości wydłużenia względnego, co wpływa na zmniejszenie sztywności materiału (moduł sieciowy). Prędkość rozciągania 0,02 mm/min dla PA w niewielkim stopniu wpłynęła na wydłużenie względne. Istotne też są ustalenia dotyczące wpływu cyklu zamrażanie- rozmrażanie dla różnych materiałów. Wynika z nich, że cykle zamrażania-rozmrażania miały większy wpływ na redukcję wytrzymałości na rozciąganie w przypadku włókien PES. oraz że Wzrost wytrzymałości na rozciąganie badanego materiału i zmniejszenie wydłużenia względnego następuje w temperaturach ujemnych. Większa redukcja wytrzymałości jest stanie suchym niż w mokrym. Interesujące jest, że objęte programem badań liczby cykli w zakresie 30 i 60 cykli zamrażania-rozmrażania nie miały znaczącego wpływu na wytrzymałość i wydłużenie względne badanego materiału. Autorka właściwie wskazuje przyczyny możliwych błędów pomiarowych zwracając uwagę na precyzję mocowania próbek materiału w szczękach urządzenia.

Niniejsza praca jeszcze raz wykazuje, że właściwy dobór materiałów geosyntetycznych do konstrukcji budowlanych w celu osiągnięcia wysokiej jakości obiektu i trwałości konstrukcji wymaga dodatkowych badań laboratoryjnych odwzorowujących rzeczywiste uwarunkowania pracy obiektu w tym zmienne temperatury i zmienne prędkości narastania odkształcenia. Do bezpośredniego wykorzystania w praktyce projektowej nadają się wnioski szczegółowe w których autorka stwierdza, że w temperaturze +80°C nastąpiło zmniejszenie wytrzymałości włókien PES i PA przy prędkości 20 mm/min około 10%, natomiast w temperaturze +140°C wytrzymałość włókien PES i PA przy prędkości 20 mm/min zmniejszyła się około 20%. Zmniejszenie prędkości z 20 mm/min na 0,02 mm/min spowodowało dwukrotny spadek wytrzymałości w temperaturze +80°C i +140°C zarówno w przypadku włókien PES. jak i PA.

## 6. UWAGI KRYTYCZNE

Nie znalazłem w pracy mgr inż. **Sylwii Stępień** uchybień o charakterze merytorycznym. Praca jest starannie wykonana i bardzo wyważona w prezentacji wyników. Drobne usterki redakcyjne nie mające znaczenia merytorycznego dla ocenianej pracy, przekazuję Autorce do wykorzystania przy przygotowaniu pracy do publikacji.

## 7. Podsumowanie

Analiza przedstawionej do oceny pracy pozwala stwierdzić, że Pani mgr inż. Sylwia Stępień wniosła w dorobek nauki w obszarze dyscypliny naukowej budownictwo, w Polsce wkład znaczący i obejmujący:

KATEDRA GEOTECHNIKI GEOLOGII I BUDOWNICTWA MORSKIEGO WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I ŚRODOWISKA PL-80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12, tel./ fax.: 48-58-347-29-03, abolt@pg.gd.pl
---

- propozycję metodologii wykonywania testów jednoosiowego rozciągania dla określenia zmienności doraźnych parametrów mechanicznych,
- opis właściwości mechanicznych poliestrowych tkanin technicznych na podstawie testów jednoosiowego rozciągania,
- określenie na podstawie jednoosiowych testów w komorze termicznej zmiany parametrów mechanicznych dla wybranych tkanin technicznych,
- w budowę bazy danych empirycznych opisującej wpływ temperatury na wytrzymałość geotkaniny wykonanej z poliestru (PES) lub poliamidu (PA) oraz prędkości odkształcenia.

Podsumowując moją opinię o pracy mgr inż. Sylwii Stępień pod tytułem **Wpływ temperatury oraz prędkości rozciągania na odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny**" opracowaną na Wydziale Budownictwa w roku 2016, wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Alojzego Szymańskiego stwierdzam, że jest syntezą najważniejszych opublikowanych opracowań naukowych dotyczących wpływu temperatury oraz prędkości odkształcenia na odkształcalność i wytrzymałość oraz wyników badań własnych. recenzowana praca stanowi liczące się kompleksowe opracowanie tego tematu w literaturze naukowej, w którym:

- dokonano szerokiej analizy literatury przedmiotu, zestawione w spisie literatury pozycje są cytowane w poszczególnych rozdziałach. Literatura ta oddaje obecny stan wiedzy i jest cytowana prawidłowo,
- zawarto elementy nowości do nauki w zakresie geotechniki, przyczyniając się do poszerzenia bazy danych oraz wyjaśnienia podstawowych mechanizmów pracy ośrodka gruntowego w złożonych stanach naprężenia i odkształcenia.
- przedstawiono poprawne metody analizy statystycznej wyników badań oraz określenia wniosków

Autorka wskazuje potrzebę dalszych badań wpływu temperatur oraz prędkości rozciągania na zmiany parametrów wytrzymałości i odkształcalności materiału geosyntetycznego.

## 7. Wniosek końcowy

Działając na podstawie Uchwały Rady Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie podjętej na posiedzeniu w dniu 26 października 2016 roku oraz na podstawie Ustawy z dnia 18 marca 2011 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytułach w zakresie sztuki, po zapoznaniu się z rozprawą **pt. "Wpływ temperatury oraz prędkości rozciągania na odkształcalność i wytrzymałość geotkaniny"** stwierdzam, że **przedłożoną pracę doktorską oceniam pozytywnie**. Stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Sylwii



Stępień do dalszych faz postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie - nauki techniczne,  
dyscyplinie – budownictwo, w specjalności – geotechnika.

Dr hab. inż. Adam Bolt prof. nadzw. PG

