

Dr hab. inż. Marek Pszczoła, prof. PG
Katedra Inżynierii Drogowej i Transportowej
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

Gdańsk, 29.04.2022 r.
Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
dnia 05.05.2022
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
W P Ł Y N Ę Ł O

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Bartosza Budzińskiego pt.:

„Wpływ rodzaju i ilości lepiszcza na wybrane parametry niskotemperaturowe mieszanki mastyksowo –grysowej o zwiększonej zawartości mastyksu SMA-MA”

Promotor pracy: dr hab. inż. Paweł Mieczkowski, prof. ZUT

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (Uchwała nr 22), która została podjęta na posiedzeniu w dniu 28 lutego 2022 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów w przewodzie doktorskim mgr inż. Bartosza Budzińskiego, w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie budownictwo.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska w formie monografii pt. „Wpływ rodzaju i ilości lepiszcza na wybrane parametry niskotemperaturowe mieszanki mastyksowo-grysowej o zwiększonej zawartości mastyksu SMA-MA” przygotowana przez mgr inż. Bartosza Błażeja Budzińskiego na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Pawła Mieczkowskiego, prof. ZUT.

3. Treść rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Budzińskiego dotyczy problemu odporności mieszanek mastyksowo-grysowych stosowanych na obiektach mostowych na działanie niskich temperatur zimowych. W rozprawie podjęta została próba laboratoryjnej oraz teoretycznej oceny mieszanek mastyksowo-grysowych o zwiększonej zawartości mastyksu SMA-MA oraz mieszanki referencyjnej, jako tradycyjnej mieszanki asfaltu lanego, które zostały poddane oddziaływaniu niskich temperatur.

Recenzowana rozprawa, wydana drukiem w formie monografii, składa się z pięciu zasadniczych rozdziałów, poprzedzonych spisem treści, spisem oznaczeń i skrótów użytych w pracy oraz streszczeniem w języku polskim i angielskim. Praca doktorska kończy się spisem bibliografii (łącznie 167 pozycji literatury), spisem przywołanych norm, rysunków i tabel, a także czterema Załącznikami zawierającymi szczegółowe wyniki badań laboratoryjnych oraz

zastosowanych testów statystycznych. Praca zawiera 131 stron tekstu oraz 6 stron załączników. Łącznie: 137 stron.

Rozdział pierwszy zatytułowany „Wstęp” Doktorant rozpoczął od wprowadzenia w tematykę pracy, następnie przedstawił problem naukowy związany z oceną oddziaływania niskich temperatur zimowych na innowacyjną mieszankę mastyksowo-grysową o zwiększonej zawartości mastyksu SMA-MA i ułożoną na obiekcie mostowym w porównaniu do tradycyjnego asfaltu lanego. Nawiązując do stanu wiedzy wynikającego z przeglądu literatury Autor sformułował dwie tezy pracy oraz zdefiniował cel pracy i jej zakres. Stwierdził on, że podstawowym celem rozprawy doktorskiej jest określenie wpływu ilości, a w szczególności rodzaju lepiszcza asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych stosowanych na obiektach mostowych na ich odporność na działanie niskich temperatur zimowych. Dodatkowo Autor podał również cel pośredni polegający na porównaniu mieszanek SMA-MA i asfaltów lanych MA w kontekście odporności na działanie niskich temperatur.

Rozdział drugi zawiera przegląd stanu wiedzy i pozycji literatury w zakresie następujących zagadnień związanych z tematem pracy doktorskiej:

- 1) Klasyczne i innowacyjne mieszanki mineralno-asfaltowe stosowane na obiektach mostowych, w zakresie: wymagań stawianych nawierzchniom mostowym, klasycznych mma stosowanych do warstw ochronnych, koncepcji, przykładów zastosowania oraz projektowania i wymagań dotyczących mieszanek SMA-MA.
- 2) Ocena mieszanek mineralno-asfaltowych w niskich temperaturach w zakresie: modeli reologicznych, czynników wpływających na parametry niskotemperaturowe mma oraz opisu metod badań mma w niskich temperaturach.

Zasadnicze dla rozprawy doktorskiej są rozdziały 3 i 4 dotyczące badań własnych Autora. W rozdziale trzecim przedstawiono założenia części badawczej pracy. Rozdział ten rozpoczyna się od opisu planu w zakresie zastosowanych metod badawczych lepiszczy asfaltowych oraz mieszanek mineralno-asfaltowych. Szczegółowy plan badań został przedstawiony na rys. 3-9, znacznie ułatwiając zrozumienie przyjętych założeń. W dalszej części rozdziału 3 omówiono rodzaje badanych materiałów (asfaltów i mieszanek mineralno-asfaltowych) z podaniem ich parametrów, a także metodykę przygotowania próbek do badań. W ostatniej części rozdziału 3 przedstawiono wybrane testy statystyczne, które zostały wykorzystane w pracy w celu oceny statystycznej istotności różnic wyników badań laboratoryjnych.

W rozdziale czwartym przedstawiono wyniki badań z poszczególnych metod, tzn. metody UTST (ang. Uniaxial Tension Stress Test), czyli badania wytrzymałości na rozciąganie proste w niskich temperaturach; metody TSRST (ang. Thermal Stress Restrained Specimen Test), czyli badania minimalnej temperatury i naprężenia termicznego przy pęknięciu próbki, której długość utrzymywana jest na stałym poziomie podczas chłodzenia ze stałą prędkością 10°C; metody TCT (ang. Tensile Creep Test), czyli badania pełzania próbki w niskich temperaturach oraz metody RT (ang. Relaxation Test), czyli badania czasu relaksacji w niskich temperaturach. Przedstawione wyniki były poddane analizie pod kątem istotności różnic, wpływu rodzaju i składu mieszanek mineralno-asfaltowych na uzyskiwane parametry niskotemperaturowe. Dodatkowo, w rozdziale 4 Autor pracy przeprowadził analizę zależności pomiędzy parametrami uzyskanymi w poszczególnych testach.

Praca doktorska została podsumowana rozdziałem zawierającym wnioski końcowe oraz określono kierunki dalszych prac badawczych. Po tym rozdziale w pracy zawarto spis bibliografii, przywołania normatywne, spis rysunków i tabel, a także 4 załączniki.

4. Dobór tematu, zakres, cele i tezy rozprawy doktorskiej

Recenzowana praca doktorska dotyczy aktualnego tematu związanego z koniecznością zapewnienia bezawaryjnej pracy nawierzchni na obiektach mostowych. Zagadnienia poruszane w pracy związane są z warstwą ochronną obiektów mostowych, które stanowią część konstrukcji nawierzchni mostowej. W trakcie budowy obiektu warstwa ta zabezpiecza ułożoną poniżej warstwę hydroizolacji przed uszkodzeniami, natomiast podczas eksploatacji stanowi dodatkowe zabezpieczenie hydroizolacyjne, co wpływa w sposób bezpośredni na trwałość obiektów mostowych. Dlatego też niezwykle ważnym aspektem zarówno naukowym, jak i praktycznym jest zaprojektowanie tej warstwy z odpowiednich materiałów zapewniających ich odporność zarówno na wysokie, letnie temperatury, jak i niskie temperatury zimowe. Standardowo, do warstw ochronnych nawierzchni mostowych stosuje się mieszankę mineralno-asfaltową typu asfalt lany. Jest to mieszanka charakteryzująca się dużą zawartością mastyksu (asfaltu i wypełniacza) oraz ze względu na konieczną odporność na działanie wysokich temperatur zastosowaniem twardszego asfaltu o niskiej penetracji. Ponieważ sztywność lepiszcza asfaltowego zależy od temperatury, to mieszanki takie mają tendencję do uzyskiwania dużej sztywności w okresie oddziaływania niskich, zimowych temperatur. Zjawisko to jest szczególnie niekorzystne na obiektach mostowych, na których wpływ niskiej temperatury następuje nie tylko od góry warstwy ścieralnej, jako najwyższej warstwy w nawierzchni, jak to ma miejsce w typowych nawierzchniach drogowych posadowionych na podłożu gruntowym, ale również od dołu płyty pomostu.

Terytorium Polski zlokalizowane jest w strefie klimatu umiarkowanego przejściowego z dużym wpływem zarówno klimatu kontynentalnego (mroźne zimy oraz gorące lata), jak i klimatu morskiego (odwilże podczas zimy i deszczowe, chłodne lato). Dla asfaltowych nawierzchni drogowych szczególnie wymagającym jest wpływ właśnie klimatu kontynentalnego, który podczas mroźnej zimy powoduje spadki temperatur dochodzące w niektórych miejscach Polski do -32°C . W takich warunkach warstwy asfaltowe, w tym również te zlokalizowane na obiekcie mostowym, ulegają znacznemu usztywnieniu, co w przypadku występujących ugięć konstrukcji nośnej obiektu, może powodować uszkodzenie tych warstw, a w konsekwencji brak ochrony elementów nośnych obiektu przed niszczącym wpływem wody i mrozu.

Doktorant w rozprawie postawił problem zasadności dalszego stosowania asfaltów lanych w kontekście ich zachowania w warstwie ochronnej nawierzchni obiektów mostowych oraz zaproponował alternatywę w postaci mieszanki mastyksowo-grysowej o zwiększonej zawartości mastyksu, jako bardziej odpornej na działanie niskich temperatur. Tak postawiony problem wpłynął na sformułowanie podstawowego celu pracy doktorskiej, jako kompleksowej oceny wpływu ilości oraz rodzaju lepiszcza asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych stosowanych na obiektach mostowych na ich odporność na działanie niskich, zimowych temperatur.

Doktorant dokonał analizy literatury naukowej i na tej podstawie syntetycznie podsumował dotychczasowy dorobek w tej tematyce formułując następujące dwie tezy naukowe:

1. „Rodzaj lepiszcza asfaltowego istotnie wpływa na parametry reologiczne mieszanek mineralno-asfaltowych stosowanych do warstw ochronnych”.
2. „Mieszanka mastyksowo-grysowa o zwiększonej zawartości mastyksu SMA-MA jest mieszanką o większej odporności na uszkodzenia indukowane termicznie w stosunku

do klasycznych asfaltów lanych stosowanych do warstwy ochronnej nawierzchni mostowych”.

W odniesieniu do tezy 1 należy stwierdzić, że o ile wpływ rodzaju lepiszcza asfaltowego na odporność mieszanek mineralno-asfaltowych stosowanych w typowych nawierzchniach drogowych na spękania niskotemperaturowe jest powszechnie znany i naukowo potwierdzony, o tyle specyfika nawierzchni obiektów mostowych wymagających bardziej szczelnych mieszanek mineralno-asfaltowych i o zwiększonej zawartości lepiszcza asfaltowego wciąż wymaga prac badawczych. Teza 2 pracy posiada natomiast duży walor aplikacyjny, który otwiera możliwość szerszego stosowania mieszanek mastyksowo-grysowych o zwiększonej zawartości mastyksu na obiektach mostowych w Polsce.

5. Ocena rozprawy doktorskiej

5.1. Ocena merytoryczna

Spośród wielu metod badawczych przywołanych w studiach literatury w tab. 2-2 Autor wybrał i zastosował metody wykorzystujące rozciąganie proste mieszanki mineralno-asfaltowej. Zdaniem Recenzenta jest to trafny wybór pozwalający w warunkach laboratoryjnych symulować zachowanie się warstwy asfaltowej w niskich zimowych temperaturach w sposób jak najbardziej zbliżony do warunków terenowych. Poszczególne metody badań oddają możliwe sytuacje, jakie mogą wstąpić zimą w nawierzchni obiektu mostowego tj. badanie TSRST sytuację chłodzenia warstwy nawierzchni mostowej ze stałą prędkością 10°C/h. Wprawdzie źródła literatury wskazują, że prędkość chłodzenia stosowana normowo nie odpowiada rzeczywistym prędkościom chłodzenia nawierzchni (rzeczywista maksymalna prędkość chłodzenia na podstawie danych temperaturowych w Polsce to około 3°C/h – źródło: Pszczoła M., Judycki J., Ryś D., *Evaluation of pavement temperatures in Poland during winter conditions*, Transportation Research Procedia, volume 14, 2016, p. 738–747, Transport Research Arena TRA2016: doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.342). Jednak prędkość chłodzenia nawierzchni obiektu mostowego jest większa niż prędkość chłodzenia nawierzchni posadowionej na podłożu gruntowym, co uzasadnia przyjęcie w badaniach prędkości 10°C/h.

Na pochwałę zasługuje zastosowanie testu pełzania TCT i na podstawie uzyskanych krzywych pełzania w temperaturach -10°C, -15°C oraz -25°C wyznaczenie parametrów reologicznych z wykorzystaniem modelu Burgersa. Czas relaksacji z testu TCT został porównany z czasem relaksacji uzyskanym z testu relaksacji RT według zastosowanego modelu Maxwella. Jest to bardzo cenne porównanie. Recenzent nie spotkał dotychczas w literaturze polskiej podobnego opracowania, w którym zostałaby tak kompleksowo poruszona wspomniana tematyka. Dodatkowo możliwość wyznaczenia czasu relaksacji naprężeń umożliwia ocenę kumulacji i rozpraszania naprężeń termicznych warstw asfaltowych i uwzględnienia tego zjawiska w analizach obliczeniowych.

Kolejnym godnym wyróżnienia aspektem recenzowanej pracy jest uwzględnienie przez Pana mgr inż. Bartosza Budzińskiego elementów statystyki. Te elementy są włączone podczas szacowania błędów pomiarów oraz analizie istotności różnic.

Zdaniem Recenzenta bardzo cennym elementem pracy jest krytyczne podejście Doktoranta do zastosowanych metod badań w niskich temperaturach i przedstawienie problemów wynikających np. z metody UTST w odniesieniu do wymaganej prędkości odkształcenia 0,625 %/min. lub też problemów wynikających z badania TSRST i związanych z pomiarem deformacji próbki mierzonej 2 czujnikami LVDT (rys. 4-3, str. 69).

Zdefiniowane kierunki dalszych badań pokrywają się z trendem światowym. Przykładowo wskazana przez Autora potrzeba modyfikacji metody oznaczania parametrów w teście TSRST. Obecnie trwają prace w Komitecie Technicznym RILEM TC-272 PIM, którego Recenzent jest członkiem, dotyczące między innymi tego zagadnienia.

Na zakończenie ogólnej oceny merytorycznej Recenzent pragnie zaznaczyć, że prezentowane w rozprawie doktorskiej wyniki badań mają duży potencjał publikacyjny. Biorąc pod uwagę dotychczasowy dorobek Doktoranta (dane na dzień 29.04.2022 r.: 10 dokumentów w bazie Scopus, 15 cytowań, H-indeks 2) konieczna jest intensyfikacja wysiłku publikacyjnego. Przedstawione w pracy zagadnienia mają bardzo dużą szansę na opublikowanie w najlepszych zagranicznych czasopiśmie recenzowanych.

Uwagi i pytania merytoryczne:

1. W pracy doktorskiej bardzo często występuje pojęcie „odporność na niskie temperatury”. Należałoby doprecyzować, że tematem pracy są niskie zimowe temperatury występujące w warunkach polskich. Przecież określenie niskie temperatury w przypadku krajów zlokalizowanych w cieplejszych lub chłodniejszych strefach klimatycznych niż Polska oznacza temperatury w okolicy 0°C (np. kraje południa Europy) lub temperatury nawet poniżej -40°C (północno-wschodnie tereny Rosji lub północne tereny Kanady i USA np. Alaska). Podobnie zarówno w rozdziale 2 zawierającym studia literatury, jak i w dalszych rozdziałach zabrakło odniesienia do klimatu Polski pod kątem występowania niskich temperatur. Obszar Polski jest zróżnicowany temperaturowo i pytanie do Doktoranta jest następujące: czy przedstawione wyniki badań pozwalają na zastosowanie w równej mierze badanych mieszanek w północno-wschodniej części Polski (najniższe temperatury zimowe), jak i w południowo zachodniej Polsce (temperatury zimą istotnie wyższe).
2. W recenzowanej pracy studia literatury w pewnym sensie „urywają się” na tabeli 2-2 podającej wybrane metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych w niskich temperaturach. W opinii Recenzenta wskazane byłoby dodanie krótkiego podsumowania przeprowadzonych studiów literatury.
3. W pracy Doktorant zasygnalizował, że inny jest mechanizm oddziaływania niskich temperatur w tradycyjnych nawierzchniach drogowych zlokalizowanych na podłożu gruntowym oraz nawierzchni zlokalizowanych na obiektach mostowych. Brak jest jednak jasnego wytłumaczenia tych różnic w pracy zwłaszcza w odniesieniu do rozkładu niskiej temperatury w nawierzchniach posadowionych na podłożu gruntowym i na obiekcie.
4. Przedstawione w punkcie 2.2.3 pt. „Czynniki wpływające na parametry niskotemperaturowe mieszanek mineralno-asfaltowych” wytłumaczenie mechanizmu powstawania spękań termicznych nie jest jasne. Zgodnie z literaturą spękania indukowane termicznie dzielą się na spękania niskotemperaturowe oraz spękania termiczne zmęczeniowe. Czy mógłby Doktorant jasno sprecyzować jaki jest mechanizm powstawania obydwu typów spękań termicznych? Podobnie wpływ niektórych czynników materiałowych na zachowanie się MMA w niskich temperaturach podawany za H.D. Jungiem (1994) nie jest do końca precyzyjny. Czy rzeczywiście zmiana zawartości lepiszcza ma mały wpływ parametry MMA w niskich temperaturach? To twierdzenie może być prawdziwe w przypadku mieszanek bogatszych w lepiszcze asfaltowe. A co w przypadku innych mieszanek? Mniejsza zawartość asfaltu w warstwie podbudowy asfaltowej pozostawionej w okresie zimowym bez przykrycia warstwą wiążącą i ścieralną powoduje większe przesztywnienie mieszanki oraz mniejszą wytrzymałość na rozciąganie. W konsekwencji większą podatność na pękanie termiczne.

5. W punkcie 3.2 przedstawiono badane mieszanki mineralno-asfaltowe. Pięć mieszanek typu SMA-MA z różnymi asfaltami lub różną zawartością asfaltu zostało przygotowanych w laboratorium i poddanych procedurze starzenia krótkoterminowego (symulującego starzenie w wytwórni, kondycjonowanie w temperaturze 145°C przez 3 godziny na tackach w cienkiej warstwie). Szósta mieszanka, mastyks lany została pobrana bezpośrednio z kotła transportowego na wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych. Proces starzenia i komponowania mieszanek jest różny. Czy nie mogło to wpłynąć na uzyskane wyniki badań w niskich temperaturach?
6. W przypadku niektórych badań uzyskano duże rozbieżności wyników. Czy zdaniem Autora może to wynikać to z niejednorodności badanych mieszanek czy też z ilości przyjętych próbek do badania w pojedynczej serii. Na str. 65 np. podano, że w przypadku badania UTST wykonano po dwa oznaczenia dla każdego typu mieszanek, podczas gdy norma PN-EN 12697-46: 2020 zaleca 3 oznaczenia.
7. Czy Autor pracy przeprowadził ocenę terenową obiektów mostowych pod kątem możliwych uszkodzeń warstwy ochronnej? Z pracy nie wynika to jasno. Jeśli nie to czy w opinii Autora wskazana byłaby taka ocena?
8. Wnioski końcowe przedstawione na str. 115 w punkcie 5.1 są bardzo krótkie i nie podkreślają w pełni bardzo obszernego programu badań laboratoryjnych oraz przeprowadzonych analiz. Udowadniają one wprawdzie założone tezy pracy doktorskiej ale nie oddają pracochłonności przeprowadzonych badań.

5.2. Uwagi redakcyjne i formalne

Recenzowana praca doktorska jest bardzo dobrze napisana. Praca jest czytelna, zwięzła i zrozumiała, a styl i język techniczny pracy jest poprawny. Występują jedynie nieliczne błędy składni i stylu. Szczegółowe ważniejsze uwagi redakcyjne i formalne przedstawiono poniżej.

Szczegółowe uwagi redakcyjne i formalne:

1. W odniesieniu do spisu oznaczeń i skrótów użytych w pracy, wielkość β_t wg. normy PN-EN 12697-46 oznacza maksymalne naprężenie rozciągające (ang. maximum tensile stress measured in a tensile stress test).
2. Str. 13 Zakres pracy: w zakres pracy nie może wchodzić punkt 9. „przygotowanie niniejszej rozprawy”.
3. Str. 15 wers 1-2: „...gdzie odkształcenia i naprężenia są znacznie większe, osiągające wartości rzędu 850 $\mu\epsilon$ ”. Odkształcenia ok, ale naprężenia mierzy się w MPa. Może zabrakło wielkości dla naprężeń.
4. Str. 20, rys. 2-5: brakuje odniesienia do literatury.
5. Str. 40, tab. 2-2: w tabeli w odniesieniu do metody pełzania przy rozciąganiu prostym (TCT) przywołano publikację [143] Dias A. i inni, opublikowaną w czasopiśmie Infrastructures w roku 2021. Recenzent pragnie zwrócić uwagę, że także w Polsce prowadzone były już wcześniej badania z wykorzystaniem testu TCT i zostały one opublikowane w roku 2019 w czasopiśmie Applied Sciences: Pszczola M., Jaczewski M., Szydłowski C., *Assessment of Thermal Stresses in Asphalt Mixtures at Low Temperatures Using the Tensile Creep Test and the Bending Beam Creep Test*, Applied Sciences, vol. 9, Issue 5, 2019, 846, <https://doi.org/10.3390/app9050846>.

6. Str. 54, rys. 3-10: brakuje krzywych granicznych. W przypadku mieszanki MA11 krzywe graniczne są dostępne w WT-2 2014. W przypadku mieszanki SMA-MA 8 czy takie krzywe zostały opracowane?
7. Str. 104 i 105, rys. 4-32, 4-33, 4-34: środkowa mieszanka na wykresach to SMA-MA z asfaltem 45/80-65, a nie 45/60-65.
8. Str. 124, poz. literatury [148]: dlaczego norma PN-EN 12697-46: 2020 została przywołana w spisie bibliografii a nie w spisie powołań normatywnych na str. 126?

6. Podsumowanie oceny pracy

Podsumowując stwierdzam, że uzyskane przez Doktoranta oryginalne wyniki badań eksperymentalnych oraz analizy teoretyczne potwierdzające udowodnienie postawionych tez badawczych można uznać za wymierny wkład do stanu wiedzy w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie budownictwo.

7. Wniosek końcowy

Recenzent stwierdza, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Bartosza Budzińskiego pt. „Wpływ rodzaju i ilości lepiszcza na wybrane parametry niskotemperaturowe mieszanki mastyksowo-grysowej o zwiększonej zawartości mastyksu SMA-MA” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. poz. 1669) oraz na podstawie Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.). Doktorant posiada bardzo dobrą wiedzę teoretyczną oraz umiejętności prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

Wobec powyższego wnoszę o przyjęcie recenzowanej rozprawy naukowej, jako podstawy do nadania mgr inż. Bartoszowi Budzińskiemu stopnia doktora w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie budownictwo i dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.



Handwritten scribbles or faint markings in the lower center of the page.