Załącznik nr 1

Streszczenie pracy doktorskiej z akceptacją promotora.

Obecnie Arktyka jest regionem najbardziej narażonym na zmiany klimatu. Jednym z najbardziej widocznych efektów ocieplenia klimatu w tym regionie jest recesja lodowców. W wyniku procesu topnienia lodowców eksponowane są nowe, jałowe powierzchnie, dające niepowtarzalną możliwość badań przemian inicjalnej roślinności oraz parametrów glebowych w aspekcie przestrzennym i czasowym wzdłuż sukcesyjnego gradientu. Z wyjątkiem nielicznych badań, wiedza na temat sukcesji pierwotnej organizmów kryptogamicznych (cyjanobakterii, bakterii, grzybów, porostów, wątrobowców i mchów), a także początkowego rozwoju gleby jest nadal ograniczona. Pomimo faktu, że gatunki kryptogamiczne są ważnym elementem wielu ekosystemów, łatwo je przeoczyć, a jeszcze łatwiej błędnie zidentyfikować. Nawet w arktycznych ekosystemach lądowych, w których organizmy te są głównym składnikiem zbiorowisk roślinnych, w których tworzą tzw. biologiczne skorupy glebowe, badania dotyczące sukcesji pierwotnej koncentrują się zazwyczaj na gatunkach roślin naczyniowych i ich roli w funkcjonowaniu ekosystemu. Wraz z rozwojem pokrywy roślinnej podłoże poddawane jest procesom glebotwórczym. Zagadnienie rozwoju gleby jest dobrze udokumentowane dla wielu subarktycznych i górskich obszarów Europy i Ameryki Północnej, jednak nie dla terenów Arktyki, szczególnie w przypadku udziału w tym procesie gatunków kryptogamicznych. Do tej pory nie badano wpływu tych organizmów na inicjalny rozwój gleby. Brak szczegółowych badań dotyczących kolonizacji przedpoli przez gatunki kryptogamiczne oraz ich roli w procesie formowania gleby był przyczyną pojęcia tej tematyki w rozprawie doktorskiej.

Głównym celem projektu doktorskiego było zbadanie sukcesji pierwotnej organizmów kryptogamicznych oraz inicjalnego rozwoju gleby, a także wzajemnych powiązań między tymi dwoma procesami na przedpolach lodowców Svalbardu (Arktyka Wysoka). Aby osiągnąć ten cel, zaplanowano następujące zadania badawcze: 1) określenie różnorodności gatunkowej porostów i mszaków w inicjalnych zbiorowiskach roślinnych przedpoli, a także w dojrzałych zbiorowiskach tundrowych; 2) zbadanie początkowego rozwoju gleby na przedpolach lodowców; 3) zbadanie związku między właściwościami biologicznych skorup glebowych a inicjalnym rozwojem gleby na przedpolach lodowców. Badania objęły rejony dziewięciu lodowców: Austre Brøggerbreen, Austre Lovénbreen, Ferdinandbreen, Irenebreen, Midtre Lovénbreen, Rieperbreen, Svenbreen, Vestre Brøggerbreen oraz Vestre Lovénbreen.

W pierwszym etapie pracy, zbadano różnorodność i kompozycję gatunków kryptogamicznych w inicjalnych zbiorowiskach ośmiu przedpoli lodowców i dojrzałych zbiorowiskach otaczającej ich tundry. W przypadku porostów, zidentyfikowano 133 gatunki, w tym osiemnaście gatunków stwierdzono po raz pierwszy na Svalbardzie. Były to: *Agonimia allobata, Atla wheldonii, Bacidia herbarum, Catolechia wahlenbergii, Epigloea soleiformis, Lecanora behringii, Lepraria subalbicans, Leptogium arcticaria, Pertusaria pseudocorallina, Placidiopsis custnani, Protothelenella koroza, Spilonema revertens, Stereocaulon saxatile, Thelocarpon sphaerosporum, Toninia coelestina, Verrucaria elaeina, Verrucaria murina* oraz *Verrucaria xyloxena*. Oprócz nich odnotowano obecność jednego grzyba naporostowego – *Pyrenidium actinellum*. Porosty z komponentem zielenicowym dominowały zarówno w siedliskach na przedpolu, jak i w dojrzałej tundrze, podczas gdy udział porostów z symbiontem sinicowym był niższy w obu tych siedliskach. Przedpole Ferdinandbreen charakteryzowało się najniższym bogactwem gatunkowym, zaś przedpole Rieperbreen – najwyższym. Badane przedpola różniły się także pod względem składu gatunkowego. Wyjątkami były przedpola Austre i Vestre Brøggerbreen, których skład gatunkowy był porównywalny. Podobnie skład gatunkowy tundry różnił się w przypadku dojrzałych zbiorowisk w pobliżu Vestre Brøggerbreen i Svenbreen, Austre Brøggerbreen i Svenbreen, a także Austre Brøggerbreen i Ferdinandbreen. W przypadku mszaków zidentyfikowano 105 gatunków, w tym 85 gatunków mchów i 20 gatunków wątrobowców. Liczba gatunków i kompozycja gatunkowa mszaków zależały od typu siedliska oraz położenia geograficznego przedpola lodowca, a pokrywa gatunkowa była również związana z interakcją między tymi dwoma czynnikami. Przedpole Rieperbreen ponownie okazało się najbogatsze pod względem liczby gatunków, podczas gdy najniższa liczba gatunków odnotowana została na przedpolu Svenbreen. W przypadku tundry dojrzałej najwyższą różnorodność gatunków odnotowano w okolicach Austre Brøggerbreen, najniższą w sąsiedztwie Midtre Lovénbreen.

W drugim etapie realizowanym na przedpolu Irenebreen, zbadano charakter rozwoju gleby wyrażony poziomem akumulacji węgla organicznego w podłożu, a także zmiany innych parametrów gleby (tj. całkowitego azotu, całkowitej siarki, pH gleby) oraz pokrywy roślinnej w zależności od odległości od obecnego czoła lodowca i czasu od wycofania się lodowca. W pracy tej, opracowano nowatorską metodę opartą o zmodyfikowaną metodę chronosekwencji. Akumulacja całkowitego węgla organicznego w glebie wzrastała potęgowo wraz ze zwiększającą się odległością od czoła lodowca i czasem od ustąpienia lodowca. Wynik ten potwierdził nieliniowy charakter rozwoju gleby. Zawartość całkowitego azotu w glebie wzrastała zgodnie z funkcją wykładniczą wraz z upływem czasu od ustąpienia lodowca oraz

wykazywała wzrost liniowy wraz ze wzrostem odległości od czoła lodowca. W przypadku pH gleby, malało ono liniowo wraz ze upływem czasu od ustąpienia lodowca i zwiększającą się odległością od czoła lodowca. Zawartość całkowitej siarki w podłożu nie prezentowała wyraźnego trendu. Analiza zmian pokrycia roślinności wykazała, że porosty epigeiczne dominowały w starszej części przedpola, podczas gdy mszaki występowały częściej w jego młodszej części, co wskazuje na dłuższy czas potrzebny porostom do skolonizowania przedpola w porównaniu do roślin naczyniowych i mszaków. Podsumowując, ogólna pokrywa roślinności była ważnym czynnikiem istotnie wpływającym na właściwości gleby; jednak z drugiej strony parametry gleby oraz odległość od czoła lodowca oddziaływały na rozmieszczenie gatunków, a także sam rozwój pokrywy roślinnej.

W trzecim etapie projektu, zbadano różnicę zmiennych biotycznych i abiotycznych pomiędzy dwoma typami siedlisk, tj. inicjalnymi siedliskami na przedpolach lodowców oraz siedliskami dojrzałymi tundry otaczającymi badane przedpola. Ponadto, zbadano różnice wynikające z położenia geograficznego lodowców, a także z interakcji między typem siedliska a położeniem lodowca. Analiza wykazała znaczące różnice w badanych zmiennych pomiędzy typami siedlisk i lokalizacjami. Dowodzi to, że na każdym z badanych przedpoli rozwój gleby zachodzi indywidulanie. Ponadto, gleba wykształcająca się na przedpolach nadal zachowuje cechy inicjalnego podłoża, w znacznym stopniu różniącego się od gleby dojrzałej tundry. Kolejną częścią etapu trzeciego była analiza wpływu różnorodnych zmiennych środowiskowych na rozwój gleby na ośmiu przedpolach lodowców w celu określenia roli biologicznych skorup glebowych w tym procesie. Przeprowadzona analiza wykazała, że rozwój gleby był istotnie powiązany z sześcioma z piętnastu analizowanych czynników, tj. pokrywą biologicznych skorup glebowych, zawartością węgla i azotu w biologicznych skorupach glebowych, pH gleby, Topograficznym Wskaźnikiem Wilgotności i geograficzną lokalizacją przedpola lodowca. Dzięki temu wykazano istotną rolę biologicznych skorup glebowych w procesie formowania się gleby na obszarach uwalnianych spod lodu.

Obecna ewolucja ekosystemów Arktyki wywołana zmianami klimatu generuje zapotrzebowanie na bardziej szczegółową wiedzę na temat procesów warunkowanych zmianami pokrywy lodowej i śnieżnej. Projekt doktorski realizowany był na Svalbardzie na dziewięciu przedpolach lodowców oraz w obrębie ośmiu dojrzałych zbiorowisk tundrowych w ich pobliżu. Badania miały na celu określenie obecnego stanu sukcesji pierwotnej organizmów kryptogamicznych, a także zastanego etapu rozwoju gleby. Jednak celem projektu było nie tylko uzyskanie nowych danych dotyczących sukcesji pierwotnej i formowania się

gleby, ale stworzenie podstaw do dalszych badań porównawczych i monitoringu zmian zachodzących w przyszłości.