

# INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA

Zakład Ochrony Lasu

## Przyrodniczo-ekonomiczny monitoring naturalnej i sztucznej regeneracji lasu w Nadleśnictwie Pisz po huraganie w 2002 r.

**Streszczenie i synteza wyników badań z realizacji tematu BLP-359**

**Zleceniodawca: Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych; okres realizacji: 2011-2015**



**Koordinator tematu:** prof. dr hab. Zbigniew Sierota

**Kierownicy zespołów:** (alfabetycznie):

dr hab. Jakub Borkowski, dr hab. Janusz Czerepko, dr hab. Dorota Dobrowolska, prof. dr hab. Jerzy Gutowski, dr inż. Adam Kaliszewski, dr inż. Monika Małecka, mgr inż. Sławomir Ślusarski, dr Michał Żmihorski

**Kierownik Zakładu wiodącego**

**Dyrektor Instytutu**

Sękocin Stary, grudzień 2015 r.

# **Przyrodniczo-ekonomiczny monitoring naturalnej i sztucznej regeneracji lasu w Nadleśnictwie Pisz po huraganie w 2002 r.**

Streszczenie i synteza wyników badań z realizacji tematu BLP-359

## **STRESZCZENIE**

Prezentowana dokumentacja końcowa zawiera sprawozdania z realizacji corocznych obserwacji i pomiarów z zakresu monitoringu stanu lasów po huraganie z 2002 r. Opisuje zagadnienia dotyczące odnowień, monitoringu entomofauny, monitoringu fitopatologicznego, monitoringu szkód od zwierzyny, monitoringu saproksylicznych chrząszczy, monitoringu awifauny oraz monitoringu ekonomicznego, jak i syntetyczne omówienie problematyki naturalnej i sztucznej regeneracji lasu z punktu widzenia funkcjonowania ekosystemu oraz gospodarki leśnej. Wszystkie analizy - zarówno w Lesie Ochronnym Szast, jak i w lasach gospodarczych - były prowadzone na tych samych powierzchniach obserwacyjnych i pomiarowych, ustalonych w pierwszym etapie badań. Stosowane metody zostały szczegółowo opisane w sprawozdaniu końcowym tematu BLP-378: „*Monitorowanie zmian na obszarach sztucznej i naturalnej regeneracji lasu w północno-wschodniej Polsce po klęsce huraganu*”, przyjętym przez Zleceniodawcę w 2011 r. Przedstawione zagadnienia stanowią oczywistą kontynuację tych badań i są pierwszą w kraju syntezą dziesięcioletnich, wieloaspektowych badań z zakresu przyrodniczych i gospodarczych konsekwencji naturalnej i sztucznej regeneracji lasu na terenie pohuraganowym.

Badania porównawcze zmian zachodzących w **siedliskach** na powierzchniach pohuraganowych, o różnym stopniu uszkodzenia drzewostanu i różnym sposobie zagospodarowania, wykonano w obiektach reprezentujących siedliska borowe, te same, w których prowadzono badania Etapu I. Oceny siedlisk w Lesie Ochronnym (LO) Szast przeprowadzono na podstawie analizy roślinności - pokrycia poszczególnych warstw roślinności, bogactwa gatunkowego oraz wybranych cech edaficznych - zawartości w glebie węgla organicznego, azotu, stosunku C/N,  $pH_{H_2O}$ , aktywności enzymatycznej. We wszystkich obiektach zaobserwowano wzrost bogactwa gatunkowego, przy czym najwięcej gatunków nadal utrzymuje się w uprawie ze sztuczną regeneracją lasu. Spośród nich wiele gatunków było związanych z porębami i terenami otwartymi i występowało wcześniej na terenie uprzątniętym i odnowionym sztucznie, a w wyniku sukcesji i zwarcia młodnika zanikło. W warstwie krzewów i podrostów oraz w warstwie runa wystąpił istotny wzrost pokrycia, jak i frekwencji sosny.

W początkowym okresie pokrycie warstwy drzew w drzewostanie było zależne od stopnia uszkodzenia drzewostanów - największe pokrycie drzewostanu wystąpiło w starodrzewach, malało w drągowinie o umiarkowanym uszkodzeniu, drągowinie uprzątniętej bardzo silnie uszkodzonej, drągowinie nieuprzątniętej bardzo silnie uszkodzonej, osiągając wartość zero na uprawie. W okresie prowadzenia badań pokrycie warstwy drzew wzrosło średnio o ponad 3%, w drugim piętrze za sprawą pojawiającego się buka, brzozy (do 25% pokrycia terenu), a także świerka (będącego wcześniej w podszybie). Wzrost warstwy podrostu nastąpił w wyniku pojawienia się sosny, w szczególności w silnie uszkodzonych drągowinach, gdzie pokrycie *Pinus sylvestris* sięgało nawet 25%. Dwukrotnie wzrosła frekwencja dębu szypułkowego i brzozy brodawkowatej, częściej na uprawie pojawiała się topola osika. Spośród gatunków synantropijnych zwrócić należy uwagę na czeremchę amerykańską i bez koralowy, które na uprawie pojawiają się coraz częściej. W warstwie runa zmniejszenie pokrycia nastąpiło średnio o 5%. Warstwa mchów i porostów generalnie zmniejszyła swoje pokrycie o 4%. Pojawiły się nowe gatunki porostów (*Cladonia* spp.), występujące częściej w drągowinach o różnym stopniu uszkodzenia, co może świadczyć o występowaniu bardziej suchych warunków i ekstremalnych temperatur na powierzchniach z silnie uszkodzonym drzewostanem, a w szczególności tam, gdzie usunięto martwe drewno i brakuje ocienienia.

Odczyn gleb poziomu organicznego (O) nie uległ statystycznie istotnej zmianie, natomiast nastąpił wzrost pH w poziomie próchnicznym (A) we wszystkich badanych obiektach, poza uprawą, gdzie pH zmalało, czyli nastąpiło zakwaszenie gleby. Proporcja C/N w poziomie próchnicznym zmalała istotnie we wszystkich badanych obiektach, a największy spadek odnotowano w przypadku silnie uszkodzonej drągowiny nieuprzątniętej; najmniejsze różnice wystąpiły w starodrzewie. Było to wynikiem zmniejszenia się zawartości węgla organicznego zarówno w poziomie próchnicznym, jak i organicznym, najmniej jednak w starodrzewie. Wzrosła aktywność ureazy i dehydrogenazy, co było związane z miąższością poziomu próchnicznego na powierzchniach badawczych. Wzrost aktywności biologicznej gleby związany jest z aktywnością drobnoustrojów w procesach mineralizacji substancji organicznej, jednak jest zróżnicowany zależnie od stopnia uszkodzenia drzewostanu i jego wieku.

Na uprawie, w wyniku silnych zaburzeń warunków środowiska (zrąb) nastąpił silny wzrost liczby gatunków, głównie na korzyść antropofitów. Utrzymuje się on nadal, a bogactwo gatunków wzrasta, bowiem nie tylko występują jeszcze rośliny z okresu poręby, ale i „powracają” gatunki typowe dla borów. Jednakże następują szybkie straty w zawartości

materii organicznej w wyniku przyspieszenie tempa rozkładu poprzez zmniejszone zwarcie. Stwierdzono istotne różnice pomiędzy uprawą gospodarczą, a wszystkimi obiektami Lasu Ochronnego Szast. W wyniku sztucznego zagospodarowania terenów pohuraganowych nastąpiły zmiany w aktywności badanych enzymów glebowych, które utrzymują się wyraźnie po jedenastu latach od momentu wystąpienia huraganu. W tym czasie warunki siedliskowe uległy przekształceniom, co przejawiało się najwyższą aktywnością enzymatyczną na powierzchniach zagospodarowanych sztucznie – w uprawie, i do dziś ta różnica jest silnie zaznaczona.

Uzyskane wyniki badań siedliskowych wskazują na zachodzący proces sukcesji regeneracyjnej – zarówno warunków siedliskowych, jak i roślinności w badanych obiektach. Zmiany roślinności runa były silnie skorelowane ze stopniem uszkodzenia drzewostanów, jak i sposobem zagospodarowania terenów po wystąpieniu huraganu. W drzewostanach dojrzałych, gdzie uszkodzenia były najmniejsze, zmiany roślinności były również najmniejsze.

Badania **spontanicznej regeneracji lasu** prowadzono w wybranych drzewostanach Lasu Ochronnego Szast występujących na siedliskach boru świeżego w 2011, 2013 i 2015 r. Zastosowano metodę współśrodkowych powierzchni kołowych, na których zmierzono drzewostan i odnowienie oraz scharakteryzowano powierzchnie próbne.

Drzewostany te były w różnym stopniu uszkodzone - od takich, w których prawie wszystkie drzewa były złamane lub wywrócone, po lasy, w których zamarły pojedyncze drzewa. W wyniku zaburzenia zmniejszyło się pierśnicowe pole przekroju, a jego wielkość była bardzo zróżnicowana w zależności od wielkości uszkodzenia drzewostanu. Zaburzenie pozytywnie wpłynęło na różnorodność biologiczną. Przed zaburzeniem gatunkiem dominującym była sosna, a obecnie występuje także świerk, buk i brzoza, które rosnąc poprzednio pod okapem drzewostanu uzyskały większy dostęp do światła. Natomiast brzoza pojawiła się jako gatunek pionierski, szczególnie licznie w drzewostanach najsilniej uszkodzonych. W warunkach Puszczy Piskiej stwierdzono znaczne tempo rozkładu drzew zarówno stojących, jak i leżących. Po 13 latach od zaburzeniu część martwych drzew (zarówno sosny, jak i świerka) znalazła się już w 3 i 4 klasie rozkładu, natomiast niektóre sosny (najcieńsze) były bardzo silnie rozłożone (5 klasa rozkładu). W LO Szast nie stwierdzono występowania siewek drzew na martwych kłodach. Pokrycie powierzchni przez runo leśne rosło do 2013 r., a następnie zaczęło maleć. Warunki wzrostu dla runa leśnego stają się podobne w całym Lesie Ochronnym Szast. Największym pokryciem powierzchni przez runo leśne charakteryzowały się drzewostany całkowicie uszkodzone z usuniętym

drewnem. Pokrycie powierzchni przez mchy zależało od stopnia uszkodzenia drzewostanu - im większe zaburzenie, tym mniejsze pokrycie powierzchni przez mchy. Podobnie jak w przypadku pokrycia powierzchni przez roślinność runa stwierdzono wyrównanie warunków wzrostu na dnie lasu we wszystkich badanych drzewostanach, ze względu na pojawienie się nowej generacji drzew, która ocienia powierzchnię, uniemożliwia jej przesuszanie i pozwala na wzrost gatunków ceniolubnych, jakimi są mchy.

Stwierdzono wpływ stopnia uszkodzenia drzewostanu na liczebność odnowienia. Duża liczba żywych drzew wpływała negatywnie na odnowienie i w tych drzewostanach stwierdzono najmniejszą liczebność odnowienia. Natomiast wzrost liczebności odnowienia w drzewostanach całkowicie uszkodzonych był zapewne spowodowany większym dostępem światła i korzystnymi warunkami mikroklimatycznymi, które stymulowały kiełkowanie nasion i wzrost siewek. Liczebność siewek brzozy zmalała 3-krotnie w 2013 r. w porównaniu z rokiem 2005. W ostatnich latach stwierdzono wkraczanie nowych gatunków drzew, a szczególnie wzrosła liczebność odnowienia dębu. Liczebność podrostu wzrosła w tym okresie 7-krotnie. W 2015 r. stwierdzono dalszy wzrost liczebności podrostu we wszystkich badanych drzewostanach. Intensywny wzrost odnowienia świerka i buka, które przetrwało wiatrołom, stwierdzono w słabo uszkodzonych drzewostanach. W badanych drzewostanach stwierdzono wzrost poziomu zgryzania wraz ze stopniem uszkodzenia drzewostanu, z wyjątkiem drzewostanu całkowicie uszkodzonego z pozostawionym drewnem, w którym poziom zgryzania sosny był najmniejszy.

Wyniki badań wskazują, że zaburzenia nie stanowią żadnego ryzyka dla istnienia lasu w tym regionie kraju. Liczebność odnowienia jest wystarczająca do powstania przyszłego drzewostanu. W ostatnim okresie stwierdzono znaczny wzrost liczebności sosny i dębu w porównaniu z latami 2005-2011. Osiągnięto minimalną liczebność odnowienia potrzebną do powstania przyszłego lasu. Można przypuszczać, że drzewostany w przyszłości będą bardziej zróżnicowane, a tym samym bardziej odporne na zaburzenia. Wniosek ten ma istotne znaczenie, ponieważ wiatrołomy były obserwowane na terenie północno-wschodniej Polski w przeszłości.

Badania dynamiki **odnowienia sztucznego** prowadzono w Leśnictwie Jeże, a pomiary liczebności i przeżywalności odnowienia prowadzono w trzech terminach: 2011, 2013 i 2015 roku. Sosny rosnące na uprawie charakteryzowały się szybkim wzrostem, a różnice w porównaniu z odnowieniem naturalnym były statystycznie istotne. W 2015 r. średnia wysokość sosen w młodniku była dwu- trzykrotnie większa niż w Lesie Ochronnym Szast. Liczebność sosny zmniejszała się wraz z upływem czasu od założenia uprawy. Różnorodność

gatunków drzew w młodniku była największa wśród drzew najcieńszych. Żywotność sosny w badanym młodniku była bardzo wysoka i nie uległa zmianie od momentu założenia uprawy. Rozmnożenie uprawy spowodowało wzrost uszkodzeń spowodowanych przez zwierzynę płową, jednak ze względu na utrudniony dostęp zwierzyny do młodnika, poziom uszkodzeń zmalał w 2015 r.

Badania monitoringowe **chrząszczy saproksylicznych** na powierzchniach pohuraganowych w Puszczy Piskiej prowadzono na 9 powierzchniach badawczych zlokalizowanych w Nadleśnictwie Pisz, w starodrzewach, w trzech środowiskach: „Szast”, las uprzątnięty po huraganie, las nieobjęty huraganem. Badania miały charakter wieloaspektowy - zbadano strukturę zgrupowań Coleoptera, ze szczególnym uwzględnieniem chrząszczy saproksylicznych, - porównano skład gatunkowy i liczebność chrząszczy saproksylicznych na terenach, gdzie wiatrołomy i wiatrowały uprzątnięto (las gospodarczy) i w miejscach, gdzie drzewostan pozostawiono po huraganie bez ingerencji człowieka (Las Ochronny Szast), - określono zmiany składu gatunkowego Coleoptera na terenach po zaburzeniu w stosunku do drzewostanów nienarażonych na działanie huraganu z 2002 r., - prześledzono zmiany składu gatunkowego i liczebności chrząszczy na terenach pohuraganowych w kolejnych latach po huraganie, - oceniono możliwości wykorzystania Lasu Ochronnego Szast jako refugium dla chrząszczy saproksylicznych, - zbadano wpływ pozostawionego w lesie martwego drewna na liczebność chrząszczy uznawanych za szkodniki leśne.

W latach 2009-2015 odłowiono przeszło 12 tys. okazów Coleoptera należących do 522 gatunków, w tym 276 gatunków związanych z drewnem (saproksylicznych). Odkryto 32 nowe dla całego Pojezierza Mazurskiego gatunki chrząszczy, w tym jeden nowy dla polskiej fauny – *Ischnoglossa elegantula* (Staphylinidae). W Lesie Ochronnym Szast stwierdzono 53 gatunki, których nie odłowiono ani w lesie uprzątniętym, ani w kontrolnym. Wśród nich są gatunki rzadkie, cenne z faunistycznego punktu widzenia.

Liczby gatunków chrząszczy wykazanych w trzech porównywanych środowiskach były zbliżone: Las Ochronny Szast – 246, las gospodarczy uprzątnięty po huraganie – 271, las nieuszkodzony przez wiatr (kontrolny) – 247. Struktura dominacji gatunkowej w „Szaście” różniła się nieco od zaobserwowanej w lesie gospodarczym uszkodzonym przez huragan, a wyraźnie odbiegała od stwierdzonej w lesie nieuszkodzonym. Wskaźniki podobieństwa pomiędzy gatunkami występującymi w badanych drzewostanach były zbliżone, wynosiły od 56 do 61% i wyraźnie się zmniejszyły w ostatnim okresie.

Wskaźnik procentowego udziału gatunków saproksylicznych na wszystkich powierzchniach badawczych łącznie nieznacznie wzrósł w ostatnich latach (z 49,3% do

52,9%). Liczebność osobników chrząszczy w okresie 2005-2015 r. zmieniała się w czasie. Na powierzchniach pohuraganowych („Szast” i uprzątnięte) początkowo zmniejszała się, a następnie stopniowo wzrastała; takich kierunkowych zmian nie zaobserwowano na powierzchniach nieobjętych huraganem.

Dotychczasowe badania nie wykazały negatywnego wpływu pozostawionego w lesie martwego drewna na zwiększenie liczebności chrząszczy uznawanych za szkodniki drzewostanów.

**Ptaki lęgowe**, ze względu na zróżnicowane preferencje i wrażliwość różnych gatunków na zmienność środowiska, są wiarygodnymi bioindykatorami, a informacje o ich liczebności i występowaniu są często wykorzystywane do monitorowania stanu środowiska. Celem badań ornitologicznych prowadzonych w Puszczy Piskiej było wskazanie gatunków ptaków zyskujących i tracących na wdrażaniu dwóch metod regeneracji lasu: sztucznej i naturalnej, na powierzchniach pohuraganowych. Ponadto, monitoring ornitologiczny miał na celu opis przekształcenia całego zespołu ptaków w wyniku zaburzenia oraz wskazanie, jak zmienia się to przekształcenie w zależności od przyjętej metody regeneracji lasu.

Liczenia ptaków wykonano na trzech powierzchniach na terenie Puszczy Piskiej: (1) Powierzchnia Szast – powierzchnia pohuraganowa pozostawiona do naturalnej regeneracji, (2) Powierzchnia uprzątnięta – obszar lasu zniszczonego przez huragan, a następnie uprzątnięty zgodnie ze standardami gospodarki leśnej, (3) Las niezaburzony – las zwarty, niezniszczony przez huragan z roku 2002. Na każdej z trzech powierzchni rozmieszczono 150 punktów nasłuchowych, po około 50 na każdej powierzchni. W każdym z punktów w ciągu sezonu lęgowego w roku 2011, 2013 i 2015 przeprowadzono dwie 10-minutowe kontrole: pierwszą w kwietniu, drugą w czerwcu, podczas których liczone wszystkie gatunki ptaków. W sumie wykonano 869 kontroli.

Na powierzchni obejmującej naturalną regenerację w ciągu trzech sezonów badawczych stwierdzono 63 gatunki ptaków, wśród których dominowały gatunki leśne (39 gatunków). Na powierzchni uprzątniętej i obejmującej sztuczną regenerację stwierdzono więcej, bo aż 66 gatunków, jednak wśród nich jedynie 35 gatunków typowo leśnych. Do najpospolitszych gatunków na obu powierzchniach należała zięba, piecuszek, dzięcioł duży i trznadel. Na obu powierzchniach stwierdzono trend spadkowy w latach 2007-2015 w przypadku liczby gatunków ekotonowych i wzrostowy w przypadku gatunków leśnych. Poszczególne gatunki wykazywały zróżnicowane trendy liczebności na dwóch porównywanych powierzchniach. Liczebność sikory bogatki rosła, a białorzytki i lerki spadała na powierzchni obejmującej naturalną regenerację. Z kolei na obszarze regeneracji

sztucznej stwierdzono spadek liczebności dzięcioła dużego i lerki oraz wyraźny wzrost liczebności piecuszka. Porównanie obu powierzchni pohuraganowych wykazało, że więcej gatunków ekotonowych preferowało powierzchnię uprzątniętą, z kolei gatunki typowo leśne występowały częściej na powierzchni Szast. Analiza podobieństw zespołów ptasich na trzech powierzchniach w kolejnych latach wykazała, że zespoły ptasie występujące w trzech środowiskach stają się do siebie coraz bardziej podobne w kolejnych latach, przy czym zawsze awifauna lasu zwartego jest bardziej podobna do tej na powierzchni Szast, niż do tej na powierzchni uprzątniętej.

Badania wykazały, że huragan w znacznym stopniu wpłynął na przekształcenie zespołu ptaków lęgowych, zmniejszając liczebność gatunków typowo leśnych i stwarzając warunki dla gatunków terenów otwartych, w tym rzadkich. Dalsze sposoby regeneracji lasu (naturalna lub sztuczna) mają również silny wpływ na zespół ptaków lęgowych: metoda sztuczna preferuje gatunki terenów otwartych, a redukuje liczebność gatunków leśnych. Z kolei metoda regeneracji naturalnej sprzyja gatunkom leśnym.

W ramach badań nad uszkodzeniami powodowanymi przez **zwierzynę** sprawdzano, jak sposób założenia uprawy wpływa na zgryzanie sadzonek dębowych i spalowanie sosen. W tym celu założono trzy eksperymentalne uprawy, na których połowa sosen pochodziła z siewu, a połowa z sadzenia. Warianty różniły się sposobem wprowadzenia i zagęszczeniem dębów. W wariacie I dąb był wprowadzany pojedynczo (9 So 1 DB – 900 sadzonek/ha). W pozostałych wariantach dąb został posadzony na placówkach: w wariacie II liczba placówek na 1 ha wynosiła 130, więźba placówek 8 x 8 m, a liczba drzew na ha 2835; w wariacie trzecim analogiczne wartości wyniosły 230, 6 x 6 m i 4830.

Poziom zgryzania dębów różnił się bardzo wyraźnie w poszczególnych latach eksperymentu. Na uprawie dwuletniej zgryzanie dotyczyło ok. 70% drzew. W wieku 3-6 lat we wszystkich wariantach zgryzane były wszystkie dęby, dopiero w późniejszym czasie zgryzanie zaczęło spadać (7 lat – 60%, 8-9 lat – 20-30%). Główną przyczyną obserwowanych różnic był najprawdopodobniej rozwój młodnika (starsze sosny utrudniały jeleniom penetrację i odnajdywanie sadzonek/placówek). Zaznaczyły się też pewne różnice w zależności od wariantu. W wariacie I zgryzanie było podobne pomiędzy klasami wysokości drzew. W wariacie II i III najchętniej zgryzane były drzewa o wysokości 50-100 cm.

Wysokość dębów zależała od wariantu eksperymentu. Pod koniec jego trwania w wariacie I więcej było drzew z niższych klas wieku, a mniej drzew z klas wyższych niż miało to miejsce w wariantach II i III. Jednym z elementów wpływających na wysokość dębów było zgryzanie zwierzyny i tam, gdzie jej presja rozpraszała się na większą liczbę



drzew (wariant II i III), wpływała ona w mniejszym stopniu niż miało to miejsce w zmieszaniu pojedynczym.

Zgryzanie sadzonek dębowych zależało również od otoczenia, w jakim rosły. Generalnie bardziej narażone na zgryzanie były dęby rosnące w otoczeniu niskich sosen. Wiąże się to prawdopodobnie ponownie z możliwością dotarcia/znalezienia dębów. Co ciekawe, w żadnym z wariantów poziom zgryzania nie zależał od liczby drzew otaczających dęby.

Otoczenie sadzonek dębowych wpływało również na ich wysokość. Po pierwsze, dęby otoczone sosną z siewu (młodsza i niższa niż z sadzenia) były niższe niż otoczone sosną z sadzenia. Podobna zależność pojawiła się, kiedy wzięto pod uwagę bezpośrednie sąsiedztwo dębów (wysokość drzew na powierzchni kołowej o średnicy 5 m wokół dębów). Pojawiła się ona w przypadku wariantów II i III. Może to ponownie wskazywać, że w zmieszaniu pojedynczym, presja zwierzyny była relatywnie większa i to głównie ona kontrolowała wysokość dębów. Z kolei, w wariantach z placówkami, przy względnie niższej presji zgryzania, pojawił się również pozytywny wpływ otoczenia sosen. Wysokość dębów natomiast nie pozostawała pod żadnym wpływem liczby sosen w bezpośrednim otoczeniu dębów.

Spalowanie sosen było modyfikowane zarówno przez wysokość, jak i zagęszczenie drzew, jednak oba czynniki inaczej działały na drzewa niskie i wysokie. Dla drzew niskich (z pierwszego kwartyła wysokości) procent ospalowanych drzew zależał dodatnio od ich wysokości. W przypadku drzew najwyższych (ostatni kwartył wysokości) intensywność spalowania nie zależała od ich wysokości, była jednak pod ujemnym wpływem zagęszczenia sosen.

W ramach **monitoringu entomologicznego i fitopatologicznego** na terenie Lasu Ochronnego Szast oraz w uprawie gospodarczej, ocenie podlegały drzewa, nalot, podrost oraz sadzonki na wybranych powierzchniach kołowych założonych w 2003 roku. Oceniano występujące uszkodzenia powodowane przez owady, ważniejsze patogeny grzybowe i czynniki meteorologiczne, jak np. przymrozki oraz szkody powodowane przez jeleniowate.

Uzyskane wyniki monitoringu entomologicznego wskazują, że w uprawach i młodnikach ze znacznym udziałem sosny potencjalnie najgroźniejszymi sprawcami uszkodzeń są: szeliniak, zwójka sosnoweczka oraz owady z grupy „choinek”, jednakże udział zarówno szeliniaka, jak i zwójki zdecydowanie zmniejszył się. Owady nękające z grupy „choinek”, pozostają na tym samym poziomie liczebności lub ich udział w uszkodzeniach zwiększał się. Zjawisko to występuje szczególnie wyraźnie na terenie uprawy/młodnika

gospodarczego. Stan zdrowotny samosiewu brzozy polepsza się wraz z wiekiem, a istotnym sprawcą uszkodzeń aparatu asymilacyjnego pozostają mszyce oraz foliofagi. W uprawie gospodarczej na znacznym obszarze występują luki powstałe po wypadnięciu sadzonek sosny porażonych przez korzeniowca wieloletniego *Heterobasidion annosum*, a zarówno na zamierających, jak i zmarłych drzewkach widoczne są ślady żerowania smolika znaczonego – *Pissodes castaneus* oraz rytownika dwuzębego – *Pityogenes bidentatus*. Ich zwiększona liczebność może doprowadzić do intensywnego zamierania drzew w kolejnych latach - i tym samym powiększania się luk.

Zaproponowano trzystopniową skalę uszkodzeń, której zastosowanie umożliwia w szybki i jednolity sposób porównanie drzewostanów i ocenę ryzyka zamarcia drzewek w odnowieniach naturalnych lub sztucznych. Ta uproszczona metoda oceny zdrowotności drzewostanów nazywanych jako „pokłękowe” wydaje się być bardziej praktyczna niż stosowanie oddzielnych (dla każdego ze sprawców szkód) metod, wyszczególnionych np. w Instrukcji ochrony lasu.

Ocenę fitopatologiczną występowania symptomów oraz sprawców grzybowych chorób infekcyjnych wykonano w Lesie Ochronnym Szast - na drzewach żywych (pozostałych po wiatrołomie) i w odnowieniu naturalnym, a w przypadku uprawy gospodarczej – na drzewach wprowadzonych sztucznie w 2003 r.

W drzewostanach na terenie LO Szast, zarówno w nieznacznie uszkodzonym (oddz. 118b), uszkodzonym w stopniu 3 (oddz. 104), uszkodzonym w stopniu 4, drewno usunięte (oddz. 100), jak i drzewostanie uszkodzonym w stopniu 4, drewno nieusunięte (oddz. 99) stwierdzono brak objawów chorobowych, zarówno u sosen, jak i towarzyszących im świerków i buków. Samosiewki dębu z odnowienia naturalnego najczęściej nosiły ślady zgryzania i były w różnym stopniu (nawet do 28%) porażone przez *Erysiphe alphitoides* - sprawcę mączniaka dębu i niemal wszystkie nosiły ślady wielokrotnego zgryzania przez zwierzynę. Na większości egzemplarzy odnowienia naturalnego sosny występowały objawy osutki jesiennej. Pniaki uległy całkowitemu rozkładowi, nie zarejestrowano również nowych pniaków, świadczących o obecności chorób korzeni w drzewostanie.

W odnowieniu sztucznym (uprawa gospodarcza, oddz. 113) stwierdzono bardzo wysokie zagrożenie chorobą systemu korzeniowego - hubą korzeni, powodowaną przez *Heterobasidion annosum*. Jego obecność stwierdzono na podstawie owocników grzyba w szyjach korzeniowych zmarłych lub zamierających drzew. Pierwsze objawy występowania tej choroby sygnalizowano już w 2006 r., a więc w trzecim roku od posadzenia drzew. Wraz z upływem lat sytuacja zdrowotna ulegała znacznemu pogorszeniu,

obserwowano kolejne zmarłe drzewka, powstawały luki hubowe. Śmiertelność drzew, która miała miejsce na poszczególnych poletkach na przestrzeni niemal 10 lat, kształtuje się w granicach 5-62%, zależnie od lokalizacji powierzchni, przy czym najczęściej drzew ubyłło na powierzchniach nr 68 i 73. Ogólna lustracja oddziału 113c wskazuje na ciągłą i wciąż bardzo aktywną działalność patogena, objawiającą się coraz większą liczbą martwych drzew i powiększających się luk. W całej uprawie obserwuje się rzędowe zamieranie drzew, które jest wynikiem rozprzestrzeniania się choroby poprzez kontakt korzeni drzew porażonych z korzeniami drzew zdrowych (zjawisko infekcji wtórnej). Dodatkowo, na wszystkich sosnach corocznie stwierdza się występowanie osutki jesiennej, choroby sosny powszechnej i typowej dla pory jesiennej na drzewach osłabionych przez inne czynniki.

Działania gospodarcze wykonane w Nadleśnictwie Pisz po huraganie w 2002 r. oraz ich następstwa oceniono pod względem **ekonomicznym**. Analizę regeneracji lasu prowadzono dla czterech wariantów sztucznej regeneracji lasu: rutynowego odnowienia lasu stosowanego w Nadleśnictwie Pisz („powierzchnie standardowe”) oraz trzech, wyżej opisanych, wariantów odnowienia, realizowanych według wytycznych IBL („powierzchnie IBL”). Na powierzchniach IBL nie są stosowane zabiegi ochronne przed zwierzyną.

W wartościach nominalnych, najtańszym sposobem odnowienia lasu okazał się wariant IBL 2 (uprawy sosny z jednorocznym dębem, posadzonym w placówkach Szymańskiego, rozmieszczonych w więźbie 8 x 8 m). Na odnowienie, pielęgnację i ochronę lasu w tym wariantcie przeznaczono średnio 5266 zł/ha. Wariant standardowy wymagał nieznacznie (o ok. 2%) większych nakładów – przeciętnie 5365 zł/ha. Odnowienie lasu w wariantcie IBL 1 (sosna z 10% udziałem jednorocznego dębu z sadzenia w zmieszaniu pojedynczym) jest o ok. 37% droższe od regeneracji w wariantcie IBL 2 (średnio 7211 zł/ha). Odnowienie lasu w najdroższym wariantcie (IBL 3) wymagało poniesienia średnio 11084 zł/ha.

Przy uwzględnieniu stopy inflacji realne koszty poniesione w wariantcie IBL 2 i standardowym są niemal takie same (odpowiednio: 6446 zł/ha i 6455 zł/ha). Nakłady w uprawach w wariantcie IBL 1 wynoszą średnio 8769 zł/ha i są o ok. 36% wyższe niż w wariantcie IBL 2. Wariant IBL 3 realnie kosztuje 13563 zł/ha – ponad dwa razy więcej niż wariant IBL 2.

Największy udział w kosztach całkowitych we wszystkich wariantach regeneracji lasu mają nakłady finansowe poniesione na odnowienie powierzchni. W wariantach IBL znaczny udział w kosztach ma pielęgnacja upraw, a także poprawki (IBL 1 i IBL 3). W odnowieniach standardowych istotną część stanowią koszty zabiegów ochronnych przed zwierzyną. Z uwagi

na złożoność problemu oraz swoje znaczenie dla praktyki gospodarczej zagadnienie efektywności ekonomicznej różnych wariantów odnowienia lasu, ich pielęgnacji i ochrony powinno być podejmowane w dalszych badaniach w dłuższej perspektywie czasowej.

Próbie ograniczania rozwoju huby korzeni w uprawach gospodarczych wraz z równoczesnym zapoczątkowaniem ich przebudowy realizowano w ramach tworzenia tzw. „**sztucznych luk**”. Przesłanką do wykorzystania tej metody w uprawach 10-letnich była pilność zagadnienia, ponieważ pierwsze ogniska choroby były jeszcze niewielkie i nie tworzyły utrwalonych luk, a w tych uprawach nie stosowano dotychczas metody biologicznej. Wykonano zabiegi jesienią 2012 r. i wiosną 2013 r., szczepiąc powstałe pniaki preparatem Rotstop, zarejestrowanym aktualnie w UE do stosowania przeciw hubie korzeni. Powierzchnie zabiegowe zlokalizowano na gruncie porolnym (Leśnictwo Łąki, oddz. 163 l, m) oraz leśnym (Leśnictwo Wilczy Dół, oddz. 91a).

Uzyskane wyniki oceny wiosennej i jesiennej wykonanej po 1-3 latach od zabiegu wskazują na jego dużą skuteczność, wyrażającą się obecnością wprowadzonego grzyba saprotroficznego w korzeniach pniaków oraz aktywną sukcesją innych gatunków grzybów, a także współtowarzyszących bakterii. Nie stwierdzono zamierania drzew na obrzeżu luk (za wyjątkiem silnie zagrożonej powierzchni w oddz. 163m), Wprowadzone sadzonki brzozy cechuje dobra przeżywalność, a ich wygląd i wielkość korony są związane z aktywnością zwierzyny, obecnej w uprawach po ich rozgrodzeniu.

Można stwierdzić, że w okresie 3 lat od wykonania zabiegu ograniczania choroby metodą „sztucznych luk” uzyskano skuteczną obecność saprotrofa *Phlebiopsis gigantea* w przestrzeni glebowej korzeni zabezpieczonych pniaków, co daje rękojmię przeżywalności wprowadzonych drzew gatunków liściastych do wnętrza drzewostanu.

Konieczna jest **kontynuacja badań**, które umożliwią pełniejszą ocenę znaczenia Lasu Ochronnego Szast dla ochrony leśnej różnorodności biologicznej. Badania te powinny mieć charakter monitoringu i obejmować najważniejsze procesy i grupy ekologiczne borów sosnowych. Należy m.in. prowadzić monitoring ilości i struktury martwego drewna oraz pomiar żywych drzew o pierśnicy równej lub większej niż 40 cm, a także monitoring składu gatunkowego i liczebności wybranych grup chrząszczy.

Huraganowe wiatry w lasach i powodowane przez nie uszkodzenia drzewostanów nie powinny być traktowane jako klęski ekologiczne, ale jako **naturalne zaburzenia**. Mogą one prowadzić do uruchomienia procesów adaptacyjnych biocenozy do zmieniających się warunków środowiska.

# SYNTEZA WYNIKÓW BADAŃ

## SIEDLISKA

Porównanie zmian zachodzących w siedliskach borowych na powierzchniach pohuraganowych, o różnym stopniu uszkodzenia drzewostanu i różnym sposobie zagospodarowania, wykonano na podstawie analizy roślinności (pokrycie poszczególnych warstw roślinności, bogactwo gatunkowe) i wybranych cech edaficznych (zawartości w glebie węgla organicznego, azotu, stosunku C/N,  $pH_{H_2O}$ , aktywności enzymatycznej). Uzyskane wyniki badań siedliskowych wskazują na zachodzący proces sukcesji regeneracyjnej.

Średnia liczba gatunków roślin w 2005 r. wynosiła 14,6 (15) gatunków/100m<sup>2</sup>, a w 2013 r. była o 3,4 gatunku istotnie wyższa (19). We wszystkich obiektach zaobserwowano wzrost bogactwa gatunkowego, przy czym istotne statystycznie różnice stwierdzono w bardzo silnie uszkodzonej drągowinie nieuprzątniętej i drągowinie umiarkowanie uszkodzonej. Najwięcej gatunków spośród badanych obiektów nadal utrzymuje się na uprawie, gdzie zanotowano wzrost o 8 gatunków w stosunku do roku 2005.

Ogółem, na 38 powierzchniach badawczych w 2005 r. stwierdzono 80 gatunków roślin, w tym: 15 gatunków drzew i krzewów, 49 gatunków roślin zielnych i 16 gatunków mchów i porostów. Natomiast w roku 2013 stwierdzono o 25 gatunków więcej. Liczba gatunków drzew i krzewów pozostała bez zmian, przybyło 6 gatunków roślin zielnych, a mchów i porostów 19 gatunków. Spośród drzew w roku 2013 odnotowano: *Sambucus nigra* i *S. racemosa*, a znikły *Salix caprea* i *Acer platanoides*. Spośród roślin zielnych znikły: *Corynephorus canescens*, *Hypochoeris radicata*, *Luzula multiflora*, *Scleranthus annuus*, *Senecio sylvaticus*, *Verbascum densiflorum*, *Sphagnum palustre*. Wiele z nich jest związanych z porębami i terenami otwartymi, stąd gros tych gatunków występowało wcześniej na uprawie, a w wyniku sukcesji i zwarcia młodnika znikło.

Nowymi gatunkami, które stwierdzono w roku 2013, głównie w drągowinach silnie i umiarkowanie uszkodzonych, były głównie porosty, takie jak: *Cladonia cornuta*, *C. chlorophea*, *C. uncialis*, *C. florercana*, *C. furcata*, *C. gracilis*, *C. vercitolata*, *C. mitis*, *C. deformis*. Poza tym nowe gatunki mchów, to: *Polytrichum juniperinum*, *Pohlia nutans*, *Lepidocolea heterophylla*, *Lepidocolea bidentata*, *Hypnum cupressiforme*, *Aulacomium palustre*, *Brachythecium salebrosum*, *Rhytidiadelphus squarrosus*, *Plagiothecium denticulatum*, *Atrichum undulatum*, *Brachythecium rutabulum*. Spośród gatunków roślin zielnych pojawiały się po ośmiu latach: *Arthenaterum elatior*, *Calamagrostis epigeios*,

*Cerastium holosteoides*, *Fragaria vesca*, *Galium mollugo*, *Hieracium lachenali*, *Knautia arvensis*, *Maianthemum bifolium*, *Potentilla argentea*, *Scrophularia nodosa*, *Trientalis europaea*, *Veronica chamaedrys*.

Istotny wzrost pokrycia, jak i frekwencji sosny (*Pinus sylvestris*) wystąpił w warstwie krzewów i podrostów oraz w warstwie runa. W szczególności dotyczy to w silnym stopniu uszkodzonych drągowin. Dąb szypułkowy (*Quercus robur*), brzoza brodawkowata (*Betula pendula*) i topola osika (*Populus tremula*) po ośmiu latach zwiększyły swój udział w warstwie podszytów i podrostów oraz w warstwie runa. Spośród roślin zielnych największy wzrost frekwencji i pokrycia wystąpił w przypadku *Melampyrum pratense*, który pojawił się w szczególności w silnie uszkodzonych drągowinach. Gatunki borowe, takie jak: *Vaccinium myrtillus*, *Trientalis europaea* powracają na uprawę. *Deschampsia flexuosa*, jako gatunek towarzyszący w siedliskach borów wystąpił częściej i z większym pokryciem w silnie uszkodzonych drągowinach oraz uprawach. *Calluna vulgaris* zwiększył swoje pokrycie na powierzchniach w silnie uszkodzonych drągowinach. Istotnie zwiększa się frekwencja takich gatunków jak *Rumex acetosella*, *Festuca ovina* i *Carex ericetorum*. *Pleurozium schreberi*, jako charakterystyczny gatunek borowy pojawił się na uprawie wraz z *Dicranum polysetum*.

Pokrycie warstwy drzew w drzewostanie było zależne od stopnia uszkodzenia drzewostanów - największe pokrycie drzewostanu w roku 2005 wystąpiło w starodrzewach, a najniższe na uprawie. Pokrycie warstwy drzew w przeciągu 8 lat wzrosło o 3,3%. W większości obiektów wzrosło pokrycie warstwy drzew, a istotnie - w uprawie i drągowinie umiarkowanie uszkodzonej oraz w starodrzewie. Wzrost pokrycia w drugim piętrze drzewostanu wystąpił za sprawą pojawienia się w starodrzewie buka, który przeszedł z warstwy krzewów do drzew. Ponadto w drugim piętrze pojawiła się brzoza brodawkowata, stwierdzona na 6 powierzchniach w drągowinach, której pokrycie wzrosło miejscami nawet do stopnia ilościowości 2 (5-25% pokrycia gruntu). W przypadku starodrzewów w drugim piętrze pojawiał się częściej świerk, który wcześniej występował w podszybie.

Warstwa podszytu i podrostu istotnie zwiększyła swoje pokrycie w drągowinie umiarkowanie uszkodzonej i uprawie. W starodrzewie zwarcie warstwy podszytu nieistotnie zmalało. Wzrost warstwy podrostu nastąpił w wyniku pojawienia się sosny, co miało miejsce w szczególności w silnie uszkodzonych drągowinach, gdzie pokrycie *Pinus sylvestris* w roku 2013 sięgało nawet 25%. Ponadto w warstwie podrostu wzrosła dwukrotnie frekwencja dębu szypułkowego i brzozy brodawkowatej oraz zwiększyła się jej ilościowość. Częściej na uprawie pojawiała się również topola osika.

Gatunki zielne, które zwiększyły swoje pokrycie, to głównie powracające charakterystyczne gatunki borowe z klasy *Vaccinio-Piceetea*, które występowały przed wystąpieniem huraganu i spotykano je częściej w starodrzewie słabo uszkodzonym. Obecnie rozprzestrzeniają się one zarówno w silnie uszkodzonych w LO Szast, jak i w sztucznie odnowionej uprawie, tj.: *Melampyrum pratense*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Trientalis europaea*. Poza tym częściej w LO Szast i na uprawie występują gatunki towarzyszące w borach, tj. *Deschampsia flexuosa*, *Veronica chamaedrys*, *Convallaria majalis*. Na uprawie pojawiły się częściej gatunki związane z borami mieszanymi (*Veronica officinalis*, *Dryopteris filix-mas*, *Rubus idaeus*, *Fragaria vesca*, *Rubus fruticosus*). Spośród gatunków synantropijnych zwrócić należy uwagę na czeremchę amerykańską i bez koralowy, które na uprawie pojawiały się częściej w ostatnim okresie.

Warstwa mchów i porostów generalnie zmniejszyła swoje pokrycie o 4%, ale te różnice, za wyjątkiem trzykrotnego wzrostu pokrycia na uprawie, są nieistotne statystycznie. W drągowinach nastąpił spadek pokrycia mchów i porostów, choć w przypadku niektórych powierzchni pojawiły się nowe gatunki porostów *Cladonia* spp., występujące częściej w drągowinach o różnym stopniu uszkodzenia. Tym samym świadczy to o występowaniu bardziej suchych warunków i ekstremalnych temperatur na niektórych powierzchniach z silnie uszkodzonym drzewostanem, co sprzyja rozwojowi porostów i ogranicza rozwój konkurencyjnej roślinności runa i mchów.

Pokrycie porostów w LO Szast na terenie silnie uszkodzonych drągowin było niewielkie i rzadko przekraczało 1%, z tym, że wykazano tu duże zróżnicowanie gatunkowe tej grupy roślin. Wiele gatunków mchów pojawiło się częściej w późniejszym okresie i opanowały one wykroty sosnowe, a w szczególności usypane po wykrotach kopce.

Odczyn gleb poziomego organicznego (O) nie uległ statystycznie istotnej zmianie. Natomiast w poziomie próchnicznym (A) nastąpił wzrost pH we wszystkich badanych obiektach poza uprawą, gdzie pH zmalało. Podobnie do zmian zawartości węgla organicznego, kształtują się zmiany zawartości azotu organicznego.

Proporcja C/N w poziomie próchnicznym zmalała istotnie we wszystkich badanych obiektach, przy czym największy spadek odnotowano w przypadku silnie uszkodzonej drągowiny nieuprzątniętej, a najmniejsze zmiany były w przypadku starodrzewu. W poziomie A stosunek C/N zmalał istotnie w drągowinie nieuprzątniętej.

Na przestrzeni ostatnich ośmiu lat zawartość węgla organicznego zmniejszyła się istotnie zarówno w poziomie próchnicznym, jak i organicznym. W poziomie próchnicznym zawartość węgla organicznego w drzewostanach uszkodzonych przez huragan spadła o blisko

30%. Najmniejsze różnice między 2013 a 2005 rokiem w zawartości węgla organicznego wystąpiły w ściółce w starodrzewie. Największy spadek zawartości węgla stwierdzono w poziomie próchnicznym umiarkowanie uszkodzonej drągowiny (Dr).

Mięszkość poziomu ściółki i poziomu organicznego nie uległa istotnym statystycznie zmianom. Widoczne jest również pojawianie się ściółki na uprawie, gdzie zaczęła się wytwarzać ściółka.

Aktywność enzymów glebowych: ureazy i dehydrogenaz, była ściśle związana z zawartością substancji organicznej, co przejawiało się ich wyższą aktywnością w poziomie organicznym (O) niż próchnicznym (A). Aktywność ureazy była najwyższa w glebach na uprawie założonej rok po huraganie, a najniższą aktywność stwierdzono w drągowinie silnie uszkodzonej nieuprzątniętej (DrN), zarówno w poziomie organicznym jak i próchnicznym. Aktywność ureazy była nieznacznie wyższa w 2013 niż 2005 roku w poziomie próchnicznym na uprawie. Notowano bardzo wysoką aktywność ureazy w roku 2013, w tworzącym się poziomie organicznym, którego nie było w 2005 roku. Aktywność ureazy była wyższa w 2013 niż 2005 roku na wszystkich obiektach LO Szast i w obu poziomach.

Na przestrzeni ostatnich ośmiu lat aktywność ureazy w przeliczeniu na 1g węgla organicznego wzrosła istotnie w drągowinie umiarkowanie uszkodzonej. W drągowinie silnie uszkodzonej uprzątniętej (DrU), a także w drągowinie silnie uszkodzonej nieuprzątniętej (DrN), aktywność ureazy była istotnie wyższa w 2013 niż w 2005 roku w obu badanych poziomach. Natomiast w starodrzewie (S) istotny wzrost aktywności ureazy wystąpił w poziomie próchnicznym. Ponadto aktywność ureazy była trzy- i czterokrotnie wyższa na uprawie niż na powierzchniach w LO Szast. Podobnie do zmian aktywności ureazy kształtują się zmiany aktywności dehydrogenaz. Na obszarach naturalnej regeneracji lasu aktywność dehydrogenaz była wyższa w 2013 niż w 2005 roku w obu badanych poziomach. W poziomie organicznym istotnie wyższą aktywność dehydrogenaz stwierdzono w drągowinie umiarkowanie uszkodzonej (Dr) oraz w drągowinie silnie uszkodzonej nieuprzątniętej (DrN). W starodrzewie (S) aktywność dehydrogenaz wzrosła istotnie w poziomie próchnicznym. Istotnie wyższą aktywność stwierdzono w poziomie (A) w drągowinie silnie uszkodzonej uprzątniętej (DrU) oraz w drągowinie silnie uszkodzonej nieuprzątniętej (DrN).

Aktywność dehydrogenaz w przeliczeniu na 1g węgla organicznego była wyższa w 2013, niż w 2005 roku. Wzrosła istotnie w poziomie (O) oraz (A) w drągowinie umiarkowanie uszkodzonej (Dr). W starodrzewie (S) notowano istotny wzrost aktywności dehydrogenaz w poziomie próchnicznym, a w drągowinie silnie uszkodzonej nieuprzątniętej (DrN) istotnie wyższą aktywność była w poziomie organicznym. Aktywność dehydrogenaz



wzrosła również w drągowinie silnie uszkodzonej uprzątniętej (DrU), ale różnice nie były istotne. Na uprawie aktywność dehydrogenaz była porównywalna z drągowiną silnie uszkodzoną uprzątniętą (DrU).

Przedstawione wyniki wskazują na regenerację warunków siedliskowych, jak i roślinności, w badanym obiekcie. Nadal jednak pozostają istotne różnice pomiędzy drzewostanami, gdzie nie prowadzono gospodarki leśnej, a założonymi sztucznie uprawami. Straty materii organicznej nadal postępują w LO Szast, a zakwaszenie wierzchnich poziomów gleb wciąż maleje. Roślinność po 11 latach od wystąpienia huraganu zareagowała wzrostem bogactwa gatunkowego w wyniku trwania gatunków porębowych, jak i pojawiania się gatunków typowo leśnych. Nastąpił rozwój drugiego piętra drzewostanu w wyniku odnowienia się brzozy brodawkowatej, sosny zwyczajnej, świerka oraz dębu. Największy wzrost bogactwa gatunkowego zaobserwowano w przypadku mchów oraz porostów, a w szczególności gatunków rodzaju *Cladonia*. Na silnie uszkodzonych przez huragan powierzchniach pojawiały się częściej, opanowując miejsca otwarte i po wywrotach. Zmiany roślinności runa były silnie skorelowane ze stopniem uszkodzenia drzewostanów, jak i sposobem zagospodarowania terenów po wystąpieniu huraganu. W drzewostanach dojrzałych, gdzie uszkodzenia były najmniejsze, zmiany w roślinności były również najmniejsze.

## **DRZEWOSTAN I UPRAWA**

Naturalne zaburzenia są kluczowym procesem we wszystkich ekosystemach leśnych (Pickett i White 1985, Bengtsson i in. 2000). Najważniejszym osiągnięciem w ekologii XX wieku było uznanie faktu, że ekosystemy są dynamiczne i podlegają ciągłym zmianom. Zaburzenia występują we wszystkich ekosystemach leśnych, są niezbędną siłą odnawiającą i twórczą, która utrzymuje ich zmienność i różnorodność (Pickett i White 1985, Holling 1992, Attiwill 1994). Ocena zaburzeń i ich roli w zagospodarowaniu zależy od funkcji lasu: zachowanie różnorodności biologicznej *versus* produkcja drewna. Znakomita większość lasów musi jednocześnie spełniać różne funkcje, od ochronnych, gospodarczych, po społeczne. Zaburzenia mogą mieć pozytywny i negatywny wpływ na poszczególne funkcje ekosystemów leśnych.

Puszcza Piska po wystąpieniu huraganu w 2002 r., który uszkodził drzewostany na powierzchni 10 tys. ha, stała się doskonałym poligonem badawczym. Znakomita większość powierzchni uszkodzonej przez wiatr została zagospodarowana. Powalone i połamane drzewa zostały wycięte i usunięte z lasu. „Oczyszczoną” powierzchnię odnowiono sztucznie sadząc

przede wszystkim sosną zwyczajną (90% powierzchni) w zmieszaniu z innymi gatunkami (10%). Powierzchnie z reguły grodzono, wychodząc z założenia, że wysokie stany zwierzyny uniemożliwią rozwój upraw leśnych. Udało się pozostawić 475 ha lasu, w którym nie usunięto drewna, ani nie prowadzono prac odnowieniowych. Głównym celem pozostawienia martwego drewna w lesie i nieprowadzenia zabiegów odnowieniowych była możliwość obserwacji naturalnych procesów. Wciąż niewiele wiemy na temat reakcji ekosystemów leśnych na rozległe zaburzenia. Przeciwnicy wyłączenia obszarów zaburzonych spod gospodarki leśnej uważają, że wszystko wiemy na temat sukcesji roślin po wiatrolomach. Nie jest to prawdą. Każdy rok badań przynosi nowe odkrycia i obserwacje. Ekosystem leśny podlega ciągłym zmianom. Zmieniają się drzewostany, zmienia się pula martwego drewna. Z każdym rokiem zmienia się liczebność odnowienia i pokrycie powierzchni przez warstwę mchów i runa leśnego. Zmiany te dokonują się samoistnie, bez ingerencji człowieka.

Uprawa leśna również podlega zmianom, ale skala tych zmian jest inna. Zmiany są nie tylko wynikiem rozwoju drzewostanu, ale także działalności człowieka. Po pierwsze prowadzone są zabiegi pielęgnacyjne. Liczebność drzew zmniejszyła się wskutek wycinki drzew (sosen i brzozy) w ramach czyszczeń wczesnych. Ponadto uprawa nie była narażona na presję roślinożerców, ponieważ w pierwszych latach była ogrodzona siatką. Na uprawie nie pozostawiono martwego drewna.

Drzewostany Lasu Ochronnego Szast były w różnym stopniu uszkodzone; od takich, w których prawie wszystkie drzewa były złamane lub wywrócone, po drzewostany, w których zamarły pojedyncze drzewa. Stopień uszkodzenia drzewostanu wpływał na pierśnicowe pole przekroju sosny. W początkowym okresie badań pierśnicowe pole przekroju zmalało w drzewostanach najsilniej uszkodzonych, natomiast w 2015 r. zaobserwowano wzrost pola przekroju we wszystkich badanych drzewostanach. Największy przyrost pola przekroju odnotowano w drzewostanie w najmniejszym stopniu uszkodzonym. Wiele drzew przeżyło wiatrolom w 2002 r. i nadal kontynuuje wzrost, jak np. świerk i buk, które zwiększyły pierśnicowe pole przekroju w drzewostanach całkowicie uszkodzonych. Drzewa te rosły w dolnej warstwie drzewostanu, a po wystąpieniu wiatrolomu zaczęły przyrastać ze względu na poprawę warunków świetlnych. Liczebność, średnia pierśnica i wysokość sosny zmieniała się wraz ze stopniem uszkodzenia drzewostanu, a różnice pomiędzy średnimi były istotne statystycznie. Najgrubsze i najwyższe sosny rosły w najstarszym drzewostanie. Liczebność sosny w drzewostanie silnie uszkodzonym była co najmniej dwukrotnie większa niż w pozostałych drzewostanach. Natomiast w drzewostanie najsilniej uszkodzonym z pozostawionym drewnem liczebność sosny, jej grubość i wysokość były najmniejsze.

Liczebność brzozy zwiększała się wraz ze wzrostem uszkodzenia drzewostanu. Najwyższe brzozy rosły w drzewostanie całkowicie uszkodzonym z usuniętym drewnem.

Zaburzenia pozytywnie wpływają na różnorodność biologiczną i taka była sytuacja w Lesie Ochronnym Szast. Sosna była gatunkiem dominującym przed zaburzeniem, a obecnie rosną także świerk, buk, brzoza. Świerk i buk rosły pod okapem drzewostanu, a wskutek zaburzenia uzyskały większy dostęp do światła. Natomiast brzoza pojawiła się jako gatunek pionierski, szczególnie licznie w drzewostanach najsilniej uszkodzonych. Po zaburzeniu odnowiły się gatunki liściaste (brzoza, dąb i buk), co prawdopodobnie jest związane z naruszeniem wierzchniej warstwy gleby, zwiększeniem ilości światła (dąb i buk) oraz łatwym rozprzestrzenianiem się nasion gatunków pionierskich (brzoza).

Zagadnienie roli martwego drewna w polskich lasach nigdy nie było priorytetowym zadaniem badawczym. Dlatego też krajowa literatura na ten temat jest bardzo skromna. W Lesie Ochronnym Szast stwierdzono znaczne zróżnicowanie ilości martwego drewna. W drzewostanach silnie i całkowicie uszkodzonych z pozostawionym drewnem liczebność martwych drzew była największa, co miało wpływ na zróżnicowanie warunków świetlnych, temperatury, wilgotności, oraz mikrorzeźby dna lasu. W badanych drzewostanach dominowały drzewa leżące. Obecność nekromasy drzewnej jest najistotniejszą cechą odróżniającą lasy o dominujących funkcjach produkcyjnych od lasów przyrodniczo cennych. Choć w lasach gospodarczych spotykane są obecnie zauważalne objętości martwego drewna, to najczęściej składają się na nią pniaki, będące efektem minionego użytkowania gospodarczego oraz małogabarytowe lub silnie rozłożone drzewa, będące efektem naturalnego wydzielania się lub planowego pozostawiania pojedynczych, tzw. drzew ekologicznych. W efekcie lasy gospodarcze pozbawione są wielkogabarytowych drzew w zróżnicowanych stadiach rozkładu. W LO Szast uszkodzeniu uległy drzewa o różnych wymiarach. Ich stopień rozkładu był bardzo zróżnicowany. Martwe drzewa stojące zajmowały znacznie mniejszą powierzchnię, niż drzewa leżące. Rozkład drzew stojących był wolniejszy niż drzew leżących w całym badanym obiekcie. W 2015 r. zarówno sosna jak i świerk występowały w 1 i 2 klasie rozkładu. Od przedstawionego schematu odbiegał drzewostan całkowicie uszkodzony z pozostawionym drewnem, w którym proces rozkładu drzew stojących był szybszy w porównaniu z pozostałymi drzewostanami, o czym świadczył udział drzew w 3 i 4 klasie rozkładu. W 2015 r. ubyło martwego drewna drzew stojących w porównaniu z rokiem 2011.

Pokrycie powierzchni przez runo leśne rosło do 2013 r., a następnie zaczęło maleć. Być może w LO Szast w ciągu następnych lat również pokrycie powierzchni przez runo

będzie maleć, co wiąże się z rozwojem odnowienia naturalnego. W 2013 r. stwierdzono istotny wpływ uszkodzenia drzewostanu na pokrycie powierzchni przez runo. Natomiast takiego wpływu nie zaobserwowano w 2015 r. Warunki wzrostu dla runa leśnego stają się podobne w całym LO Szast. Największym pokryciem powierzchni przez runo leśne charakteryzowały się drzewostany całkowicie uszkodzone z usuniętym drewnem. Pokrycie powierzchni przez mchy zależało od stopnia uszkodzenia drzewostanu - im większe zaburzenie, tym mniejsze pokrycie powierzchni przez mchy. Mchy są przystosowane do wzrostu w ocienieniu i cierpią wskutek przesuszenia. Dlatego też lepiej rosły pod okapem sosny niż na otwartych powierzchniach. Najmniej mchów stwierdzono w drzewostanie całkowicie uszkodzonym z usuniętym drewnem. W początkowym okresie badań odnotowano istotny wpływ stopnia zaburzenia na pokrycie powierzchni przez mchy. Natomiast w 2015 r. nie stwierdzono wpływu stopnia uszkodzenia drzewostanu na analizowany parametr ( $p > 0,05$ ). Podobnie jak w przypadku pokrycia powierzchni przez roślinność runa zaobserwowano wyrównanie warunków wzrostu na dnie lasu we wszystkich badanych drzewostanach, ze względu na pojawienie się nowej generacji drzew, która ocienia powierzchnię, uniemożliwia jej przesuszenie i pozwala na wzrost gatunków cieniulubnych, jakimi są mchy.

Zazwyczaj odnowienie lasu pojawia się trzema drogami: - w wyniku skielkowania nasion zgromadzonych w glebie (bank nasion), - rozwoju roślin, które występowały przed zaburzeniem oraz - rozwoju odnowienia z gałęzi leżących drzew. W LO Szast stwierdzono wszystkie formy odnowienia. Siewki pojawiły się przede wszystkim w drzewostanie całkowicie uszkodzonym (w tym drzewostanie liczebność siewek była najwyższa). Natomiast przyspieszony wzrost odnowienia (głównie świerka) po jego uwolnieniu w wyniku zaburzenia zaobserwowano w drzewostanach słabo uszkodzonych. W LO Szast stwierdzono wpływ stopnia uszkodzenia drzewostanu na liczebność odnowienia. Duża liczebność żywych drzew wpływała negatywnie na odnowienie, w tych drzewostanach stwierdzono najmniejszą liczebność odnowienia. Natomiast wzrost liczebności odnowienia w drzewostanach całkowicie uszkodzonych może być spowodowany większym dostępem światła i korzystnymi warunkami mikroklimatycznymi, które stymulowały kiełkowanie nasion i wzrost siewek.

W Lesie Ochronnym Szast liczebność odnowienia sosny była zależna od wielkości zaburzenia. Wkraczanie gatunków pionierskich zależy od ich obecności w krajobrazie oraz możliwości kiełkowania nasion na powierzchni gleby po wiatrołomie. Brzoza i sosna to gatunki pionierskie, które dominują (sosna) w krajobrazie północno-wschodniej Polski. Brzoza brodawkowata preferuje te same siedliska, co sosna zwyczajna. Liczebność nalotu brzozy zmalała 3-krotnie w 2013 r. w porównaniu z rokiem 2005. W ostatnich latach

stwierdzono wkraczanie nowych gatunków drzew, zwłaszcza dębu. Żołędzie są roznoszone przez ptaki (głównie sójki). Warto podkreślić, że liczebność podrostu wzrosła 7-krotnie od 2005 do 2013 r. W 2015 r. stwierdzono dalszy wzrost liczebności podrostu we wszystkich badanych drzewostanach. Intensywny wzrost odnowienia świerka i buka, które przetrwało wiatrołom zaobserwowano w słabo uszkodzonych drzewostanach. Sosna dominowała w podroście we wszystkich drzewostanach z wyjątkiem całkowicie uszkodzonych z usuniętym drewnem.

Wyniki badań wskazują, że po 13 latach od zaburzenia dominowały gatunki, które rosły przed zaburzeniem, niezależnie od stopnia uszkodzenia drzewostanu. W Lesie Ochronnym Szast głównym gatunkiem przed zaburzeniem była sosna. Obecnie co najmniej 5 gatunków tworzy drzewostany. Są to sosna, brzoza, świerk, buk i dąb. W drzewostanach uszkodzonych przez wiatr zmieniły się warunki świetlne. Odnowienie takich gatunków jak sosna, brzoza i dąb szypułkowy było możliwe dzięki wzrostowi ilości światła. Martwe drewno może być istotnym elementem w procesie odnowienia w Lesie Ochronnym Szast. Pozyskanie drewna jest jednym z czynników obniżających różnorodność biologiczną, co stwierdzono po usunięciu drewna w LO Szast (więcej brzozy w odnowieniu).

Brzoza była najwyższym drzewem w drzewostanach silnie i całkowicie uszkodzonych z usuniętym drewnem. Brzoza brodawkowata to typowy gatunek pionierski o bardzo szybkim wzroście. Natomiast świerk był najwyższym drzewem w nieznacznie i całkowicie uszkodzonych drzewostanach z pozostawionym drewnem. Na uprawie najwyższym drzewem była sosna, której średnia wysokość była dwukrotnie większa od wysokości najwyższych sosen w LO Szast. Podobnie było z wysokością dębu na uprawie i w LO Szast. Sosna została posadzona w bardzo gęstej więźbie na uprawie. Natomiast w LO Szast liczebność sosen była istotnie mniejsza, niż na uprawie w 2005 r. Po 13 latach liczebność nalotu na uprawie (1200 szt./ha) była mniejsza niż w Lesie Ochronnym Szast (1000 do 4500 szt./ha). Z kolei liczebność podrostu jest większa w lesie gospodarczym (4601 szt./ha), niż w LO Szast (813-2500 szt./ha). Liczebność drzew w Lesie Ochronnym Szast ciągle rośnie, zaś w lesie gospodarczym maleje. W dalszej perspektywie ciągle będzie ubywać drzew w lesie gospodarczym w wyniku prowadzenia kolejnych zabiegów pielęgnacyjnych, a w lesie ochronnym proces odnowienia może trwać przez następne dziesięciolecie. Brzoza i sosna – dwa główne gatunki w odnowieniu - produkują nasiona corocznie. Nie tylko przybywa nalotu sosny, ale także odnawiają się gatunki ciężkonasienne, jak dąb, których liczebność wyraźnie wzrosła w ostatnim roku badań.

W przyszłości, w lesie gospodarczym powstanie jednowiekowa monokultura sosnowa z niewielkim udziałem dębu, lipy i świerka. W Lesie Ochronnym Szast, w zależności od stopnia zaburzenia, powstaną drzewostany o zróżnicowanej strukturze wiekowej, wysokościowej i gatunkowej. Drzewostany mieszane i różnowiekowe są znacznie bardziej odporne na wiatr. Skala zagrożeń północno-wschodniej Polski ponownymi huraganami jest bardzo wysoka. Dlatego też może warto zrewidować dotychczasowe poglądy na zaburzenia spowodowane przez wiatr. Ich pozytywny wpływ na strukturę drzewostanu (wysokość, gatunek, wiek) jest nie do przecenienia.

### **CHRZĄSZCZE SAPROKSYLICZNE**

Badania prowadzono na 9 powierzchniach badawczych: R – Las Ochronny Szast, G – las użytkowany gospodarczo, uprzątnięty po huraganie, K – drzewostany kontrolne, nieobjęte huraganem.

Celem pracy było:

- zbadanie struktury zgrupowań Coleoptera, ze szczególnym uwzględnieniem chrząszczy saproksylicznych, na terenach pohuraganowych w borach sosnowych Puszczy Piskiej;
- porównanie składu gatunkowego i liczebności chrząszczy saproksylicznych na terenach, gdzie wiatrolomy i wiatrowały uprzątnięto (las gospodarczy) i w miejscach, gdzie drzewostan pozostawiono po huraganie bez ingerencji człowieka (LO Szast);
- określenie zmian składu gatunkowego Coleoptera na terenach po zaburzeniu w stosunku do drzewostanów nienarażonych na działanie huraganu w 2002 r.;
- prześledzenie zmian składu gatunkowego i liczebności chrząszczy na terenach pohuraganowych w kolejnych latach po huraganie;
- ocena możliwości wykorzystania LO Szast jako refugium dla chrząszczy saproksylicznych;
- zbadanie wpływu pozostawionego w lesie martwego drewna na liczebność chrząszczy uznawanych za szkodniki leśne.

Najważniejsze wyniki przedstawiają się następująco:

- W latach 2009-2015 odłowiono przeszło 12 tys. okazów Coleoptera należących do 522 gatunków, w tym 276 gatunków związanych z drewnem (saproksylicznych).
- Odkryto 32 nowe dla całego Pojezierza Mazurskiego gatunki chrząszczy:

*Amara erratica* (DUFT.) (Carabidae), *Lochmaea suturalis* (THOMS.) (Chrysomelidae), *Cis comptus* (GYLL.) (Ciidae), *Ropalodontus perforates* (GYLL.) (Ciidae), *Clambus armadillo* (DE GEER) (Clambidae), *Corylophus cassidioides* (MARSH.) (Corylophidae), *Atomaria umbrina* (GYLL.) (Cryptophagidae), *Cryptophagus subdepressus* (GYLL.) (Cryptophagidae), *Xyleborinus attenuatus* (BLANDFORD) (Curculionidae), *Xylechinus pilosus* (RATZ.) (Curculionidae), *Dermestes undulatus* (BRAHM) (Dermestidae), *Adrastus limbatus* (FABR.) (Elateridae), *Negastrius sabulicola* (BOHEMAN) (Elateridae), *Paraphotistus nigricornis* (PANZ.) (Elateridae), *Margarinotus obscurus* (KUGEL.) (Histeridae), *Anacaena globulus* (PAYK.) (Hydrophilidae), *Stephostethus alternans* (MANNERH.) (Latridiidae), *Mycetophagus ater* (REITT.) (Mycetophagidae), *Olibrus corticalis* (PANZ.) (Phalacridae), *Stilbus testaceus* (PANZ.) (Phalacridae), *Acrotichis brevipennis* (ERICH.) (Ptiliidae), *Ernobius longicornis* (STURM) (Ptinidae), *Aphodius paracoenosus* (BALTHASAR & HRUBANT) (Scarabaeidae), *Euplectus kirbii revelierei* (REITT.) (Staphylinidae), *Ischnoglossa elegantula* (MANNERH.) (Staphylinidae), *Lomechusa emarginata* (PAYK.) (Staphylinidae), *Medon fuscus* (MANNERH.) (Staphylinidae), *Medon rufiventris* (NORDM.) (Staphylinidae), *Meotica filiformis* (MOTSCH.) (Staphylinidae), *Mycetoporus rufescens* (STEPH.) (Staphylinidae), *Philonthus parvicornis* (GRAV.) (Staphylinidae), *Quedius nigriceps* (KRAATZ) (Staphylinidae).

- Wykazano jeden gatunek nowy dla polskiej fauny – *Ischnoglossa elegantula* (Staphylinidae).
- Liczby gatunków chrząszczy wykazanych w trzech porównywanych środowiskach są zbliżone: Las Ochronny Szast – 246, las gospodarczy uprzątnięty po huraganie – 271, las nieuszkodzony przez wiatr (kontrolny) – 247. Nieco większa liczba gatunków w lesie uprzątniętym może wynikać z obecności w tym środowisku znacznych powierzchni terenów otwartych, które umożliwiają bytowanie gatunkom ciepłolubnym, glebowym.
- W latach 2009-2015 w LO Szast stwierdzono 53 gatunki, których nie odłowiono ani w lesie uprzątniętym, ani w kontrolnym. Wśród nich są gatunki rzadkie, cenne z faunistycznego punktu widzenia. Nagromadzenie martwego drewna, obecność grzybów epiksylicznych i zróżnicowanie mikrośrodków w tym obiekcie zaczyna przynosić pierwsze pozytywne efekty w odniesieniu do ochrony bezkręgowców saproksylicznych.

- Struktura dominacji gatunkowej w LO Szast różni się nieco od zaobserwowanej w lesie gospodarczym uszkodzonym przez huragan, a wyraźnie odbiega od stwierdzonej w lesie nieuszkodzonym. Różnice te są jednak mniejsze, niż zaobserwowane w latach 2005-2007 (Gutowski i in. 2010).
- Wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Weavera, obliczony dla wszystkich gatunków Coleoptera odłowionych w pułapki w latach 2005-2015 r., kształtuje się w badanych środowiskach Puszczy Piskiej na stosunkowo wysokim poziomie (por. Gutowski 1995), przy czym najwyższy jest w LO Szast ( $H' = 4,0138$ ), nieco niższy dla lasu uprzątniętego po huraganie ( $H' = 3,6962$ ), a najniższy dla powierzchni kontrolnych, nieobjętych huraganem ( $H' = 3,6438$ ).
- Wskaźnik podobieństwa pomiędzy gatunkami występującymi w Lesie Ochronnym Szast i w uprzątniętych drzewostanach pohuraganowych wynosi 61%, pomiędzy LO Szast a nieuszkodzonymi – 56%, a pomiędzy uprzątniętymi i nieuszkodzonymi przez wiatr – 57%. W porównaniu z latami 2005-2007 (Gutowski i in. 2010) różnice między tymi środowiskami wyraźnie się zmniejszyły, za wyjątkiem LO Szast i powierzchni uprzątniętych, gdzie odnotowano pogłębienie różnic (spadek wskaźnika podobieństwa z 67% do 61%).
- Wskaźnik procentowego udziału gatunków saproksylicznych na wszystkich powierzchniach badawczych łącznie (badania 2009-2015 r.) wynosi 52,9%, co oznacza, że w stosunku do badań przeprowadzonych w latach 2005-2007 nieznacznie wzrósł, bowiem wtedy wynosił 49,3% (Gutowski i in. 2010).
- Liczebność osobników chrząszczy w okresie 2005-2015 zmieniała się w czasie. Na powierzchniach pohuraganowych („Szast” i uprzątnięte) przeważnie spadała w roku 2007 w stosunku do roku 2005, a następnie stopniowo wzrastała aż do roku 2015. Takich kierunkowych zmian nie zaobserwowano na powierzchniach nieobjętych huraganem.
- W dalszych latach prawdopodobnie będzie się utrzymywać pozytywny wpływ nagromadzenia dużej ilości różnorodnego martwego drewna w Lesie Ochronnym Szast na bogactwo gatunków leśnych, w tym cennych faunistycznie.
- Dotychczasowe badania nie wykazały negatywnego wpływu pozostawionego w lesie martwego drewna na zwiększenie liczebności chrząszczy uznawanych za szkodniki drzewostanów.



## **PTAKI LĘGOWE**

Kilkuletnie badania ornitologiczne, prowadzone w trzech środowiskach na terenie Puszczy Piskiej wykazały jednoznacznie, że huragan w roku 2002, niszcząc drzewostan i drastycznie przekształcając strukturę ekosystemu, wpłynął również mocno na zespół ptaków lęgowych. Na obszarze zniszczonym przez działalność wiatru, niezależnie od późniejszych metod regeneracji lasu, pojawiły się gatunki ptaków, które nigdy nie występują w zwartych i niezaburzonych drzewostanach. Większość z tych nowo przybyłych gatunków to ptaki typowe dla krajobrazu otwartego, pospolicie występujące na terenach rolniczych. Co istotne, pojawiły się wśród nich również gatunki rzadkie, które są przedmiotem ochrony obszarów Natura 2000 i wymieniane w dyrektywie ptasiej. Równocześnie, część gatunków typowo leśnych zmniejszyła swoją liczebność, chociaż nie wszystkie, bo ptaki silnie związane z martwym drewnem występowały stosunkowo licznie na powierzchni pohuraganowej. Z tego względu znaczenie huraganu, z punktu widzenia różnorodności zespołów ptasich, w żadnym razie nie może być określane jako jednoznacznie negatywne.

Huragan w Puszczy Piskiej silnie przekształcił zespół ptaków inicjując wymianę gatunków leśnych na inne, lecz układ ten nie jest stabilny i w kolejnych latach obserwowane jest dalsze przekształcanie się zespołu ptaków lęgowych. Ponadto, zasadne wydaje się stwierdzenie, że powierzchnia pohuraganowa jest cennym obiektem przyrodniczym, będąc miejscem występowania gatunków ptaków mniej pospolitych. Dość ogólnym wnioskiem płynącym z tej obserwacji może być zalecenie, by planując sposoby zagospodarowania powierzchni pohuraganowych uwzględniać wysoki stopień różnorodności gatunkowej zespołów ptaków w takich środowiskach i – jeżeli jest to możliwe – np. ograniczać prace porządkowe w okresie lęgowym ptaków.

Porównanie dwóch powierzchni – Lasu Ochronnego Szast, gdzie zachodzi naturalna regeneracja drzewostanu, oraz powierzchni uprzętniętej, na której stosowana jest regeneracja sztuczna, wskazuje wyraźnie, że model regeneracji (a tym samym głównie stopień ingerencji ludzkiej w powierzchnię pohuraganową) nie pozostaje bez znaczenia dla ptaków lęgowych występujących na tych powierzchniach. Główne różnice w oddziaływaniu regeneracji naturalnej i sztucznej na zespół ptaków należy przypisywać różnicom w strukturze środowiska na obu typach powierzchni: w przypadku regeneracji sztucznej więcej jest terenów zupełnie otwartych (przygotowanych do odnowień), a w późniejszych latach młodników o znacznym zwarcu. Z kolei na powierzchni pozostawionej do naturalnej regeneracji jest dużo martwego drewna, odnowienie jest nieregularne i nie tworzy tak zwartych młodników, a równocześnie brakuje powierzchni zupełnie otwartych. Różnice te

znajdują odzwierciedlenie w zespole ptaków zasiedlających powierzchnię LO Szast i powierzchnię uprzątniętą. W przypadku LO Szast więcej jest ptaków leśnych, w tym wiele gatunków dziuplaków pierwotnych i wtórnych, natomiast niewiele gatunków związanych z terenami bardziej otwartymi (a te, które są tu częstsze, są również dziuplakami). Z kolei na powierzchniach objętych regeneracją sztuczną ptaków leśnych jest nieco mniej, natomiast pojawia się dużo gatunków nieleśnych – polnych i związanych z ekotonami. Są wśród nich gatunki rzadkie i mniej pospolite. Porównując dwie metody regeneracji lasu należy stwierdzić, że regeneracja naturalna sprzyja gatunkom leśnym i zmniejsza biologiczne przekształcenie ekosystemu w kierunku środowisk otwartych. Tak więc aktywna ingerencja człowieka nie jest niezbędna dla utrzymania się i wzrostu liczebności gatunków leśnych. Ponadto, na powierzchni obejmującej regenerację naturalną optymalne środowisko znajdują gatunki unikające powierzchni regenerowanych sztucznie, zatem zasadne jest zalecenie pozostawiania przynajmniej części powierzchni pohuraganowych do odnowienia naturalnego.

Analiza podobieństwa zespołów ptasich w kolejnych latach (łącznie z uwzględnieniem roku 2007) w trzech badanych środowiskach wykazała, że początkowo (w roku 2007) zespoły ptasie były relatywnie mocno zróżnicowane. W każdym z tych trzech środowisk zespół był wyraźnie inny, choć w poszczególnych kontrolach stwierdzano podobny skład gatunkowy, mimo różnicy środowisk. W kolejnych latach (w okresie 2007-2015 r., czyli w ciągu 8 lat) można zaobserwować proces homogenizacji zespołów ptasich z trzech środowisk – stawały się one coraz bardziej podobne do siebie pod względem składu gatunkowego i liczebności poszczególnych gatunków. W roku 2015 zespoły ptaków w trzech środowiskach były znacznie bardziej zbliżone do siebie niż 7 lat wcześniej. Ten proces homogenizacji wydaje się być zjawiskiem oczekiwanym z uwagi na regenerację drzewostanu na powierzchniach zaburzonych, a tym samym upodabnianie się powierzchni pohuraganowych – pod względem struktury roślinności – do zwartego drzewostanu. Proces ten jest również potwierdzeniem, że przebudowa i regeneracja ekosystemu zachodzące po huraganie w roku 2002 postępują w oczekiwanym kierunku, potwierdzając tym samym, że zmiany wywołane huraganem nie są trwałe i w skali kilku - kilkunastu lat można obserwować wyraźne procesy regeneracyjne, nie tylko na poziomie roślinności, lecz także na poziomie zgrupowań zwierząt leśnych. Niezależnie jednak od tempa procesu homogenizacji i jego przyczyn, zgrupowanie ptaków w zwartym, niezaburzonym drzewostanie w czasie wszystkich sezonów badawczych było wyraźnie bliższe zespołowi na powierzchni regenerowanej w sposób naturalny, niż zespołowi na powierzchni regenerowanej w sposób sztuczny. Jest to zatem kolejny argument, żeby dopuszczać i promować naturalny sposób regeneracji, gdyż

sprzyja on gatunkom typowo leśnym, a tym samym może przyspieszać proces regeneracji ekosystemu.

## **ZWIERZYNA**

W ramach badań nad uszkodzeniami powodowanymi przez zwierzynę oceniono wpływ sposobu założenia uprawy na zgryzanie sadzonek dębowych i spałowanie sosen. Analizowano trzy eksperymentalne uprawy, na których połowa sosen pochodziła z siewu, a połowa z sadzenia. Warianty różniły się sposobem wprowadzenia i zagęszczeniem dębów. W wariacie I dąb był wprowadzany pojedynczo (9 So 1 Db – 900 sadzonek/ha). W pozostałych wariantach dąb został posadzony na placówkach: w wariacie II liczba placówek na 1 ha wynosiła 130, więźba placówek 8 x 8 m, a liczba drzew na ha 2835; w wariacie III analogiczne wartości wyniosły 230 placówek, więźba 6 x 6 m i 4830 szt. drzew.

Poziom zgryzania dębów różnił się bardzo wyraźnie w poszczególnych latach eksperymentu. Na uprawie dwuletniej zgryzanie dotyczyło ok. 70% drzew. W wieku 3-6 lat we wszystkich wariantach zgryzane były wszystkie dęby, dopiero w późniejszym czasie zgryzanie zaczęło spadać (7 lat – 60%, 8-9 lat – 20-30%). Główną przyczyną obserwowanych różnic był najprawdopodobniej rozwój młodnika (starsze sosny utrudniały jeleniom penetrację i odnajdywanie sadzonek/placówek) wpływający na intensywność zgryzania gatunku domieszkowego. Wraz ze wzrostem młodnika sosny stawały się sztywniejsze i bardziej rozłożyste, ograniczając dostęp do rosnących między nimi dębów.

W pracy zostały omówione implikacje praktyczne płynące z tego wniosku dla leśnictwa. Zaznaczyły się też pewne różnice w zależności od wariantu. W wariacie I zgryzanie było podobne pomiędzy klasami wysokości drzew. W wariacie II i III najchętniej zgryzane były drzewa o wysokości 50-100 cm. Jednak zasadniczo, wbrew oczekiwaniom, procent zgryzania dębów nie był zależny od sposobu założenia uprawy. Wysokość dębów, dla odmiany, wyraźnie zależała od wariantu eksperymentu. Pod koniec jego trwania w wariacie I więcej było drzew z niższych klas wieku, a mniej drzew z klas wyższych, niż miało to miejsce w wariantach II i III. Inny wskaźnik wysokości drzew, czyli wysokość 20 najwyższych dębów, również bardzo wyraźnie wskazywał na różnice między wariantami. Wysokość najwyższych drzew była zdecydowanie niższa w wariacie I niż w pozostałych, co ciekawe jednak - w ostatnim roku badań najwyższe sadzonki zanotowano w wariacie II. Jednym z elementów wpływających na wysokość dębów było ich zgryzanie

przez zwierzynę. Tam, gdzie jej presja rozpraszała się na większą liczebność drzew (wariant II i III), jej wpływ był mniejszy, niż miało to miejsce w zmieszaniu pojedynczym.

Przeprowadzone badania wskazują, że co prawda sposób założenia uprawy nie miał wpływu na intensywność zgryzania, ale determinował tempo wzrostu dębów, bowiem zgryzanie było jednym z zasadniczych elementów wpływających na owe tempo. W roku 2015 liczba sadzonek wyższych niż 150 cm na hektar uprawy w wariantach I, II i III kształtowała się następująco: 54, 442 i 449 szt. Była więc w wariantach II i III dziewięciokrotnie wyższa, niż w I. Jednocześnie w stosunku do posadzonych dębów na ha (900, 2835 i 4830 szt. w wariantach I, II i III), liczba ta była najkorzystniejsza w wariacie II. Oznacza to, że zagęszczenie sadzonek gatunku domieszkowego (i/lub sposób wprowadzenia) wpływa na ich dalszy wzrost i rozwój - głównie poprzez zgryzanie przez zwierzynę. Ma to jednak najprawdopodobniej miejsce tylko do określonego pułapu zagęszczenia sadzonek, powyżej którego relacja ta się stabilizuje.

To bardzo ważny wniosek z punktu widzenia leśnictwa, bowiem już stosunkowo niewielki wzrost zagęszczenia sadzonek gatunku domieszkowego może powodować ograniczenie jego uszkodzenia przez zwierzynę. Było to jednak pierwsze badanie dotyczące wpływu sposobu założenia uprawy na poziom uszkodzeń. Pokazuje ono znaczny potencjał poszukiwań w tym kierunku, jednak w dalszym ciągu należy rozważyć wiele kwestii. Na przykład, co prawda wykazano, że dąb wprowadzony na placówkach jest pod relatywnie mniejszą presją zwierzyny - wiadomo, że docelowo z jednej placówki będzie jeden dąb. Nawet w wariacie III daje to ponad trzy razy mniejszy udział dębów w drzewostanie w stosunku do wariantu I.

Pytania do rozważenia w przyszłości obejmują m.in. dalszy rozwój dębów z wariantu I, wprowadzanie pojedynczo gatunków domieszkowych, ale w zwiększonej więźbie, zwiększenie liczby placówek na ha, jednak przy mniejszej liczbie drzew na placówce.

Zgryzanie sadzonek dębowych zależało od otoczenia, w jakim rosły. Poziom zgryzania dębów był istotnie wyższy w otoczeniu sosen z siewu niż sadzenia, choć zależność ta miała istotny charakter tylko w wariacie III. W wyniku problemów z udatnością siewu, sosny odnowione w ten sposób były zasadniczo o około dwa lata młodsze (a więc odpowiednio niższe), niż te same drzewa z sadzenia. Potwierdza to zasadniczo opisany wyżej wynik, że rozwój młodnika sosnowego wpływał na zgryzanie dębów. Analogicznie - dęby wśród niższych sosen z siewu, wśród których łatwiej je było znaleźć/do nich dotrzeć, były zgryzane bardziej, niż te otoczone wyższą i bardziej rozwiniętą sosną z sadzenia. Co ciekawe, w żadnym z wariantów poziom zgryzania nie zależał od liczby drzew otaczających dęby.

Trudno jednak jednoznacznie odrzucić hipotezę, że liczba drzew w otoczeniu dębów wpływała negatywnie na ich zgryzanie, ponieważ to sosny z siewu rosły w większym zagęszczeniu, ale ich mniejsza wysokość powodowała intensywniejsze zgryzanie dębów.

Otoczenie sadzonek dębowych wpływa również na ich wysokość. Po pierwsze, dęby otoczone sosną z siewu (młodsza i niższa niż z sadzenia) były niższe, niż otoczone sosną z sadzenia. Podobna zależność pojawiła się, kiedy wzięto pod uwagę bezpośrednie sąsiedztwo dębów (wysokość drzew na powierzchni kołowej o średnicy 5 m wokół dębów). Pojawiła się ona w przypadku wariantów II i III. Może to ponownie wskazywać, że w zmieszaniu pojedynczym, presja zwierzyny była relatywnie większa, i to głównie ona kontrolowała wysokość dębów. Z kolei w wariantach z placówkami, przy względnie niższej presji zgryzania pojawił się również pozytywny wpływ otoczenia - sosen. Wysokość dębów natomiast nie pozostawała pod żadnym wpływem liczby sosen w bezpośrednim otoczeniu dębów.

Spalowanie sosen było modyfikowane zarówno przez wysokość, jak i zagęszczenie drzew, jednak oba czynniki inaczej działały dla drzew niskich i wysokich. Dla drzew niskich (z pierwszego kwartyla wysokości) procent ospalowanych drzew zależał dodatkowo od ich wysokości, będąc niezależny od ich zagęszczenia. Wskazuje to na fakt, że w przypadku drzew niskich to warunki osłonowe determinowały poziom zgryzania i ich poprawa, wraz ze wzrostem sosen, powodowała zwiększenie spalowania. Działo się tak jednak tylko do określonej wysokości, bowiem w przypadku drzew najwyższych (ostatni kwartył wysokości) intensywność spalowania nie zależała od tego parametru. Kiedy więc dalszy wzrost sosen nie powodował poprawy warunków osłonowych, nie wzrastała też intensywność spalowania. Dla drzew najwyższych procent spalowania był jednak pod ujemnym wpływem zagęszczenia sosen. Starszy młodnik stanowił gorsze środowisko do poruszania się, a że dostęp był szczególnie utrudniony tam, gdzie zagęszczenie sosen było wyższe, jelenie unikały tych miejsc i rzadziej je uszkadzały. Teoretycznie możliwe jest też, że przy większym zagęszczeniu drzew wzrastała ilość dostępnej kory i w efekcie jelenie uszkadzały drzewa w mniejszym stopniu. Gdyby tak jednak było, podobny trend pojawiłby się również w przypadku drzew niższych.

Zagęszczenie sadzonek gatunku domieszkowego (i/lub sposób wprowadzenia) wpływa na ich dalszy wzrost i rozwój - głównie poprzez zgryzanie przez zwierzynę. Ma to jednak najprawdopodobniej miejsce tylko do określonego pułapu zagęszczenia sadzonek, powyżej którego relacja ta się stabilizuje.

W zmieszaniu pojedynczym presja zwierzyny była relatywnie większa, i to głównie ona kontrolowała wysokość dębów. Z kolei w wariantach z placówkami, przy względnie niższej presji zgrzania, pojawił się również pozytywny wpływ otoczenia - sosen. Wysokość dębów natomiast nie pozostawała pod żadnym wpływem liczby sosen w bezpośrednim otoczeniu dębów.

Spalowanie sosen było modyfikowane zarówno przez wysokość, jak i zagęszczenie drzew, jednak oba czynniki inaczej działały dla drzew niskich i wysokich. Dla drzew niskich procent ospalowanych drzew zależał dodatnio od ich wysokości, będąc niezależny od ich zagęszczenia. Dla drzew najwyższych procent spalowania był pod ujemnym wpływem zagęszczenia sosen. Starszy młodnik stanowił gorsze środowisko do poruszania się, a przy utrudnionym dostępie, tam gdzie zagęszczenie sosen było wyższe, jelenie unikały tych miejsc i rzadziej je uszkadzały.

## OCHRONA LASU

Obserwacje z zakresu entomologii i fitopatologii leśnej przeprowadzone w latach 2011-2015 na terenie Lasu Ochronnego Szast oparto na metodyce z poprzedniego okresu badawczego (2007), gdzie doboru powierzchni dokonano stosując kryterium różnego stopnia uszkodzenia drzewostanu głównego w 2002 roku oraz pozostawienia lub usunięcia z niego martwego drewna. Dodatkową powierzchnię założono w miejscu, gdzie drzewostan został całkowicie usunięty a odnowienia dokonano w sposób sztuczny – uprawa gospodarcza w oddz. 113.

W ramach monitoringu entomologicznego i fitopatologicznego ocenie podlegały drzewa, nalot, podrost oraz sadzonki na wybranych powierzchniach kołowych założonych w 2007 roku. Oceniano występujące uszkodzenia powodowane przez owady, ważniejsze patogeny grzybowe i czynniki meteorologiczne, jak np. przymrozki oraz szkody od jeleniowatych.

W przypadku **monitoringu entomologicznego** zerowiska, uszkodzenia lub stwierdzone owady przydzielono do poszczególnych grup szkodników, tworząc ogólny podział na grupy:

- grupa „choinek” to: choinek szary – *Brachyderes incanus* L., sieciech niegłębek – *Philopeton plagiatus* Schall. i zmienniki – *Strophosoma* spp.;
- grupa „szeliniak” to: szeliniak sosnowiec – *Hylobius abietis* L., szeliniak świerkowiec *Hylobius pinastri* Gall., kluk owalny - *Otiorhynchus ovatus* L., kluk czarny - *Otiorhynchus niger* Fabr., szarek siwy – *Cleonus glaucus* Fabr.;

- grupa „szkielet Db” – to owady powodujące szkieletyzację liści dębu; najważniejsze to: susówka dębowa - *Haltica quercetorum* Foudr., *Adrasteia triparella* Zll., *Teleia luculella* Hbn., *Cheimophila salicella* Hbn.;
- grupa „foliofagi Db” - to owady zjadające całe liście dębu (bez pozostawiania nerwów liści); najważniejsze to: zwójka zieloneczka - *Tortrix viridana* L. chrabąszcz majowy - *Melolontha melolontha* L., chrabąszcz kasztanowiec - *Melolontha hippocastani* Fabr., jedwabek brunatny - *Serica brunna* L., ogrodnica niszczylistka - *Phyllopertha horticola* L.;
- grupa „foliofagi Brz” – to owady zjadające całe liście brzozy (bez pozostawiania nerwów liści); najważniejsze to: naliściaki - *Phyllobius* spp., kluki - *Otiorhynchus* spp., bryzgun brzozowiec - *Cimbex femorata* L., płast północnik - *Croesus septentrionalis* L., miernik zieleniak - *Geometra papilionaria* L.;
- grupa „mszyce Brz” – mszyce żerujące na liściach i pędach brzozy; najważniejsze z nich to: *Glyphina betulae* L. oraz *Euceraaphis punctipennis* Ztt. – koloniom mszyc często towarzyszą mrówki;
- grupa „foliofagi So” – to owady zjadające całe igły sosny; najważniejsze z nich to: strzygonia choinówka – *Panolis flammea* Den. et Schiff., poproch cetyniak - *Bupalus piniarius* L., siwiotek borowiec - *Hyloicus pinastri* L., barczatka sosnówka - *Dendrolimus pini* L., gatunki z rodziny borecznikowatych - *Diprionidae*;
- grupa „mszyce Db” – mszyce żerujące na liściach i pędach dębu; najważniejszy z nich to: zdobniczka dębowa - *Tuberculoides annulatus* Htg.;
- grupa „foliofagi Tp” – to owady zjadające całe liście topoli (bez pozostawiania nerwów liści); najważniejsze to: naliściaki - *Phyllobius* spp., rynnica topolowa - *Melasoma populi* L., rynnica osinówka - *Melasoma tremule* Fabr., opiętek zielony - *Agrilus viridis* L. – imago, piłecznice - *Pristophora* spp., *Trichiocampus viminalis* Fall., zdobnik osinowiec - *Byctiscus populi* L.;
- grupa „mszyce Tp” – mszyce żerujące na liściach i pędach topoli; najważniejsze z nich to: włochatka dwubarwna - *Chaitophorus leucomelas* Koch., mszyca topolowa - *Pterocomma populeum* Kalt., *Tchecabius affinis* Kalt.;
- grupa „szkielet Lp” – larwy szkieletyzujące liście lipy, między innymi: śluzownica lipowa – *Caliroa annulipes* Kl.;
- inne gatunki (igłówka sosnowa - *Tchecodiplosis brachyntera* Schw.; krótkostopka sosnowa - *Brachonyx pineti* Payk.; miodownica sosnowa – *Cinara pini* L.; ochojnik

świerkowiec – *Sacchiphantes abietis* L.; osnuja sadzonkowa – *Acantholyda hieroglyphica* Christ.; zwójka sosnoweczka – *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.).

Stwierdzono wysoką zdrowotność nalotu wszystkich gatunków w pierwszym i drugim roku wzrostu. Nie zaobserwowano żadnej brzozy, która nie wykazywałaby symptomów występowania owadów – głównie mszyc, charakteryzujących się występowaniem w okresie późnoletnim i jesiennym. Również nie odnotowano zdrowych egzemplarzy dębu, którego uszkodzenia rozkładały się w grupach niezależnie od wieku. Dla sosny, najważniejszego i najliczniej występującego gatunku drzewa, najczęściej odnotowano symptomy występowania owadów z grup: „choinek”, „szeliniak” oraz krótkostopka i igłówka.

Uzyskane wyniki z przeprowadzonych badań w roku 2011, 2013 i 2015 oraz ocen eksperckich wykonywanych jesienią w latach: 2012 i 2014, a także wykorzystując dane zgromadzone z pierwszego etapu badań (Pisz I) można sformułować następujące stwierdzenia:

- W uprawach i młodnikach ze znacznym udziałem sosny potencjalnie najgroźniejszymi sprawcami uszkodzeń są: szeliniak, zwójka sosnoweczka oraz owady z grupy „choinek”. Na monitorowanych powierzchniach badawczych, wśród wyżej wymienionych owadów, w porównaniu do okresu badań z roku 2007, zdecydowanie zmniejszył się udział zarówno szeliniaka, jak i zwójki. Natomiast owady nękające z grupy „choinek”, pozostawały na tym samym poziomie liczebności lub zwiększał się ich udział w uszkodzeniach. Szczególnie na terenie uprawy/młodnika gospodarczego ich udział w kolejnych latach obserwacji się zwiększał.
- Samosiew sosny w miejscach silnie zadarnionych (powierzchnie bardziej uszkodzone przez wiatr) jest bardzo skąpy, głównym odnawiającym się tam gatunkiem jest brzoza, której stan zdrowotny polepsza się wraz z wiekiem, a istotnym sprawcą uszkodzeń aparatu asymilacyjnego pozostają mszyce oraz foliofagi.
- W uprawie gospodarczej na dość znacznym obszarze występują luki powstałe po wypadnięciu sadzonek sosny porażonych przez korzeniowca wieloletniego *Heterobasidion annosum*. Od 2011 r. obserwowano, zarówno na zamierających jak i zamartwych drzewkach, ślady żerowania smolika znaczonego – *Pissodes castaneus* oraz rytownika dwuzębego – *Pityogenes bidentatus*. Gatunki te często występują na drzewkach (w uprawie i młodniku) osłabionych przez inne gatunki owadów, jak też i przez grzyby korzeniowe. Jednakże na obserwowanej powierzchni ich zwiększona liczebność może doprowadzić do intensywniejszych wypadów drzew i tym samym powiększania się luk.



- Zaproponowana trzystopniowa skala uszkodzeń, wydaje się być bardziej praktyczna niż stosowanie oddzielnych (dla każdego ze sprawców szkód) metod, wyszczególnionych np. w Instrukcji ochrony lasu. Uproszczona metoda oceny zdrowotności drzewostanów „pokłeskowych” umożliwi w szybki i jednolity sposób porównanie tych drzewostanów i ocenę ryzyka zamarcia drzewek w odnowieniach naturalnych lub sztucznych.

W przypadku **monitoringu fitopatologicznego** cykliczną ocenę stanu zdrowotnego drzew wykonywano w miesiącach jesiennych, zazwyczaj we wrześniu. Polegała ona na ocenie występowania symptomów oraz sprawców grzybowych chorób infekcyjnych: i/ w przypadku Lasu Ochronnego Szast - na drzewach żywych (pozostałych po wiatrołomie) oraz odnowieniu naturalnym, ii/ w przypadku uprawy gospodarczej – na drzewach wprowadzonych sztucznie w 2003 r.

W drzewostanie nieznacznie uszkodzonym (oddz. 118b) stwierdzono brak objawów chorobowych, zarówno u sosen, jak i towarzyszących im świerków i buków. Nie pojawiły się również nowe, świeże pniaki po usuniętych zamarych drzewach; jedynie na pow. nr 21 stwierdzono dwa pniaki z owocnikami sprawcy huby korzeni - *Heterobasidion annosum* - w szyi korzeniowej. Samosiewki dębu najczęściej nosiły ślady zgryzania i były porażone przez *Erysiphe alphitoides* - sprawcę mączniaka dębu. Na niemal wszystkich drzewkach sosny występowały objawy osutki jesiennej. Samosiewki buka, brzozy i świerka nie wykazywały objawów chorobowych. W drzewostanie uszkodzonym w stopniu 3 (oddz. 104) sosny, które pozostały po przejściu huraganu, nie wykazywały żadnych objawów chorobowych. Na ocenianych powierzchniach pniaki uległy całkowitemu rozkładowi, nie zarejestrowano również nowych pniaków, świadczących o obecności chorób korzeni w drzewostanie. Osutka jesienna występowała na niemal 90% liczby sosen z odnowienia naturalnego, zaś na 68% samosiewek i kilkuletnich egzemplarzach dębu występował mączniak dębu; na brzozie nie stwierdzono występowania patogenów grzybowych. W drzewostanie uszkodzonym w stopniu 4, drewno usunięte (oddz. 100) nie stwierdzono nowych, w stosunku do oceny sprzed 5 lat, martwych drzew. W odnowieniu naturalnym, w różnym wieku i nasileniu, wszystkie egzemplarze sosny wykazywały symptomy osutki jesiennej. Dąb z odnowienia naturalnego w 28% wykazywał objawy infekcji mączniakiem dębu. W drzewostanie uszkodzonym w stopniu 4, drewno nieusunięte (oddz. 99) na ocenianych powierzchniach nie zachowały się już żadne drzewa, które przetrwały huragan w 2002 r. W skład odnawiającego się pokolenia drzew wchodzi różne gatunki - sosna,

brzoza, dąb oraz świerk, przy czym najobficiej sosna. Na większości drzew zaobserwowano na drugim roczniku igieł symptomy jesiennej osutki sosny. Liście samosiewek dębu w niewielkim stopniu były zainfekowane i zniszczone przez mączniaka dębu (3% liczby drzewek), natomiast wszystkie z nich nosiły ślady wielokrotnego zgryzania przez zwierzyńkę.

W odnowieniu sztucznym (uprawa gospodarcza, oddz. 113) stwierdzono wysokie zagrożenie chorobą systemu korzeniowego, jaką jest huba korzeni, powodowana przez *Heterobasidion annosum*. Pierwsze objawy występowania tej choroby sygnalizowano już w 2006 r., a więc w trzecim roku od założenia uprawy. Wraz z upływem lat sytuacja zdrowotna ulegała znacznemu pogorszeniu, obserwowano kolejne zamarłe drzewka, powstawały luki hubowe. Śmiertelność drzew, która miała miejsce na poszczególnych poletkach na przestrzeni niemal 10 lat, kształtuje się w granicach 5-62%, zależnie od lokalizacji powierzchni, przy czym najwięcej drzew ubyło na powierzchniach nr 68 i 73. Przyczyną zamarcia wszystkich drzew jest korzeniowiec wieloletni *Heterobasidion annosum* (sprawca huby korzeni), którego obecność stwierdzono na podstawie owocników tego grzyba w szyjach korzeniowych zamarłych lub zamierających drzew.

Ogólna lustracja oddziału 113c wskazuje na ciągłą i wciąż bardzo aktywną działalność patogena, objawiającą się coraz większą liczbą martwych drzew i powiększających się luk. W całej uprawie obserwuje się rzędowe zamieranie drzew, które jest wynikiem rozprzestrzeniania się choroby poprzez kontakt korzeni drzew porażonych z korzeniami drzew zdrowych (zjawisko infekcji wtórnej). Dodatkowo, na wszystkich sosnach corocznie stwierdza się występowanie osutki jesiennej, choroby sosny powszechnej i typowej dla pory jesiennej na drzewach osłabionych przez inne czynniki.

## **EKONOMICZNY MONITORING SZTUCZNEJ REGENERACJI LASU**

Ekonomiczny monitoring regeneracji lasu w Nadleśnictwie Pisz po huraganie w 2002 roku prowadzono na 16 powierzchniach, wytypowanych podczas realizacji projektu badawczego „Monitorowanie zmian na obszarach sztucznej i naturalnej regeneracji lasu w północno-wschodniej Polsce po klęsce huraganu” (2004-2008). Analizami objęto koszty różnych wariantów odnowienia lasu na powierzchniach pohuraganowych. Badania prowadzono dla czterech wariantów sztucznej regeneracji lasu: rutynowego odnowienia lasu stosowanego w Nadleśnictwie Pisz („powierzchnie standardowe”) oraz trzech wariantów odnowienia realizowanych w ramach badań wpływu sposobu zagospodarowania lasu na występowanie szkód powodowanych przez jeleniowate, prowadzonych przez pracowników Zakładu Ekologii Lasu IBL („powierzchnie IBL”).

Koszty rutynowych (standardowych) odnowień lasu prowadzonych w Nadleśnictwie Pisz analizowano na podstawie danych z 11 upraw, założonych w 2006 r. na siedlisku boru świeżego. Główny gatunek stanowiła sosna (80% powierzchni), wysadzona w liczbie 8 tys. szt./ha; 10% powierzchni zajmuje świerk (4 tys. szt./ha), a pozostałe 10% - brzoza i dąb. Uprawy, poza jednym przypadkiem, nie były grodzone.

Na powierzchniach odnawianych przez Nadleśnictwo Pisz według wytycznych IBL nie były stosowane żadne zabezpieczenia przed zwierzyną. Uprawy zostały założone w latach 2006 i 2007. Na wszystkich dominuje sosna, przy czym na połowie każdej powierzchni została ona posadzona w więźbie rutynowo stosowanej w nadleśnictwie (8 tys. szt. sadzonek/ha), a na drugiej połowie każdej uprawy zastosowano siew pełny. Ponadto:

- w wariantcie 1 (IBL 1), obejmującym dwie uprawy na siedlisku boru mieszanego świeżego o łącznej powierzchni 8,88 ha, 10% powierzchni zajmuje dąb jednoroczny z sadzenia w zmieszaniu pojedynczym,
- w wariantcie 2 (IBL 2), obejmującym dwie uprawy na siedliskach boru świeżego i boru mieszanego świeżego o łącznej powierzchni 6,15 ha, dąb jednoroczny posadzony został w placówkach Szymańskiego (21 sadzonek na placówkach o średnicy 1,2 m), rozmieszczonych w więźbie 8 x 8 m, w liczbie 100 na 1 ha uprawy,
- w wariantcie 3 (IBL 3), obejmującym jedną uprawę na siedlisku boru świeżego o powierzchni 7,58 ha, dąb jednoroczny posadzony został w placówkach Szymańskiego (21 sadzonek na placówkach o średnicy 1,2 m), rozmieszczonych w więźbie 6 x 6 m, w liczbie 200 na 1 ha uprawy.

Monitoring ekonomiczny obejmował następujące kategorie kosztów:

- koszty hodowli lasu, związane z melioracjami agrotechnicznymi, przygotowaniem gleby, odnowieniem powierzchni (sadzenie, siew), pielęgnacją upraw, poprawkami, czyszczeniami;
- koszty ochrony lasu: kontrola występowania i zwalczanie ryjkowców, ochrona przed zwierzyną (tylko powierzchnie standardowe).

Badania przeprowadzono na podstawie danych z dokumentacji prowadzonej w Nadleśnictwie Pisz. Istotne informacje uzyskano również bezpośrednio od pracowników nadleśnictwa. Wyniki przedstawiono jako średnie wartości, przeliczone na 1 ha uprawy w danym wariantcie odnowienia lasu. Analizą objęto okres od początku 2005 r. do dnia 30 czerwca 2015 r.

Analiza kosztów poniesionych od założenia upraw w 2006 i 2007 r. do połowy 2015 r. wskazuje, że w wartościach nominalnych najtańszym sposobem odnowienia lasu jest wariant IBL 2 (uprawy sosny z jednorocznym dębem, posadzonym w placówkach Szymańskiego, rozmieszczonych w więźbie 8 x 8 m). Na odnowienie, pielęgnację i ochronę lasu w tym wariantcie przeznaczono średnio 5266 zł/ha. Wariant standardowy wymagał nieznacznie (o ok. 2%) większych nakładów – przeciętnie 5365 zł/ha. Odnowienie lasu w wariantcie IBL 1 (sosna z 10% udziałem jednorocznego dębu z sadzenia w zmieszaniu pojedynczym) jest o około 37% kosztowniejsze od regeneracji w wariantcie IBL 2 (średnio 7211 zł/ha). Odnowienie lasu w najdroższym wariantcie (IBL 3) wymagało poniesienia średnio 11084 zł/ha, co jest wartością ponad dwukrotnie wyższą niż w wariantcie IBL 2.

Największy udział w kosztach ogółem mają nakłady poniesione na odnowienie powierzchni (sadzonki/nasiona oraz sadzenie/siew). Wynosi on od 45% w wariantcie standardowym do 69% w wariantcie IBL 3. Ponadto znaczny udział w kosztach w wariantach IBL ma pielęgnacja upraw (10-23%, w odnowieniach standardowych – 9%), a w wariantach IBL 1 i IBL 3 również poprawki (10-12%). W odnowieniach standardowych istotne koszty generują zabiegi ochrony przed zwierzyną (repelenty, osłonki, grodzenia), stanowiące 24% ogólnych nakładów poniesionych w tym wariantcie odnowienia. Obciążenie tymi kosztami sprawia, że odnowienie lasu w wariantcie standardowym staje się mniej korzystne od wariantu IBL 2.

Przy uwzględnieniu stopy inflacji realne koszty poniesione w wariantcie IBL 2 i standardowym są niemal takie same (odpowiednio: 6446 zł/ha i 6455 zł/ha). Nakłady w uprawach w wariantcie IBL 1 wynoszą średnio 8769 zł/ha i są o ok. 36% wyższe, niż w wariantcie IBL 2. Wariant IBL 3 realnie kosztuje 13563 zł/ha – ponad dwa razy więcej niż wariant IBL 2. W tym ujęciu największy udział w kosztach ogółem również mają nakłady poniesione na odnowienie powierzchni. Wynosi on od 46% w wariantcie standardowym do 70% w wariantcie IBL 3. Zachowane są także zbliżone proporcje kosztów pozostałych zabiegów.

Należy zauważyć, że realne koszty poniesione w wariantcie standardowym oraz IBL 2 są niemal równe, choć nominalnie - tańszym sposobem regeneracji lasu jest wariant IBL 2. Decydujące znaczenie ma rozkład kosztów w czasie: koszty poniesione wcześniej mają – z uwagi na stopę procentową – większą wagę niż te ponoszone w latach późniejszych. W wariantcie standardowym w pierwszych trzech latach poniesione zostały najniższe koszty i w analizowanej perspektywie czasowej późniejsze nakłady związane z wykonywaniem zabiegów ochronnych przed zwierzyną nie miały już tak istotnego wpływu, jak

wskazywałyby wartości nominalne. Z tego też względu z upływem czasu znacząco rośnie rozbieżność między najtańszymi wariantami odnowienia lasu, a wariantami IBL 1 i IBL 3.

Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, że w wartościach nominalnych najtańszym sposobem odnowienia lasu jest wariant IBL 2 (uprawy sosny z jednorocznym dębem, posadzonym w placówkach Szymańskiego, rozmieszczonych w więźbie 8 x 8 m). Odnowienie standardowe jest nieznacznie droższym sposobem regeneracji.

W wartościach realnych (uwzględniających stopę inflacji) koszty realizacji wariantu IBL 2 i odnowień standardowych są niemal takie same.

Największy udział w kosztach całkowitych we wszystkich wariantach regeneracji lasu mają nakłady finansowe poniesione na odnowienie powierzchni. W wariantach IBL znaczny udział w kosztach ma pielęgnacja upraw, a także poprawki (IBL 1 i IBL 3). W odnowieniach standardowych istotną część stanowią koszty zabiegów ochronnych przed zwierzyną.

Z uwagi na złożoność problemu oraz swoje znaczenie dla praktyki gospodarczej zagadnienie efektywności ekonomicznej różnych wariantów odnowienia lasu, ich pielęgnacji i ochrony powinno być podejmowane w dalszych badaniach w dłuższej perspektywie czasowej.

## **OGRANICZANIE HUBY KORZENI W TWORZĄCYCH SIĘ LUKACH NA TERENIE UPRAW POWSTAŁYCH ZE SZTUCZNEGO ODNOWIENIA TERENU POHURAGANOWEGO**

Z uwagi na stwierdzany wzrost zagrożenia chorobowego upraw gospodarczych na terenie pohuraganowym ze strony korzeniowca wieloletniego, sprawcy huby korzeni, podjęto próbę ograniczania rozwoju procesu infekcyjnego przez utworzenie tzw. „sztucznych luk”. Jest to równocześnie zainicjowanie ich przebudowy, ponieważ do wnętrza gniazd hubowych, w których korzenie są zabezpieczone biologicznie grzybem *Phlebiopsis gigantea*, wprowadzane są gatunki liściaste. Zabiegi, czyli wytypowanie pierwszych ognisk infekcyjnych, wycięcie wokół nich określonej liczby drzew, zaszczepienie (zakażenie) pniaków po ściętych drzewach aktywnym izolatem grzyba konkurencyjnego wykonano jesienią 2012 r. i wiosną 2013 r.. Pniaki inokulowano preparatem Rotstop, zarejestrowanym aktualnie w UE do stosowania przeciw hubie korzeni. Powierzchnie zabiegowe zlokalizowano na gruncie porolnym (Leśnictwo Łąki, oddz. 163 l, m) oraz leśnym (Leśnictwo Wilczy Dół, oddz. 91a) w dwóch powtórzeniach w każdym terminie. Drzewka gatunków liściastych wprowadzono bezpośrednio po zabiegu. Z martwych drzew występujących

w okalającej lukę uprawie oraz z 3-5 losowo wybranych pniaków z każdej powierzchni pobrano korzenie w celu określenia zasiedlających je grzybów i bakterii.

Z korzeni martwych drzew spoza powierzchni zabiegowych wyizolowano aktywne grzybnie patogenów - z powierzchni w Leśnictwie Wilczy Dół *Heterobasidion annosum*, a w Leśnictwie Łąki dodatkowo *Armillaria* spp. Wyniki tych analiz potwierdziły aktywną obecność huby korzeni i opieńkowej zgnilizny korzeni w uprawach oraz słusność wyboru tej lokalizacji do założenia doświadczenia.

Lustracje drzew okalających luki wykonywano corocznie - nie stwierdzono zmian w kondycji zdrowotnej drzew, a wszystkie egzemplarze charakteryzowały się właściwymi przyrostami na wysokość i stanem uiglenia. Kondycję zdrowotną brzozy, którą wypełniona została połowa powstałych luk, oceniono jako dobrą, z wyjątkiem kilku egzemplarzy, które zostały zgryzione przez zwierzynę (po planowym rozgrodzeniu uzyskała ona swobodny dostęp do wydzielania). Z próbek korzeni i pniaków z pow. zabiegowych izolowano bakterie należące do typu Firmicutes (rodzaj: *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Viridibacillus*, *Lysinibacillus*) oraz typu Proteobacteria (rodzina Burkholderiaceae, Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae). Stwierdzone w próbkach grzyby, reprezentowały rodzaje *Trichoderma*, *Mucor*, *Penicillium*, *Leptographium*, *Pesotum*, a także podstawczaki: *Phlebiopsis gigantea*, *Schizophyllum commune*. Nie stwierdzono obecności grzybni *H. annosum*. Na pniakach pozostających w lukach nie występowały jednoroczne owocniki wprowadzonego grzyba *Phlebiopsis gigantea*. Czoła pniaków charakteryzowały się przeżywieniem w różnym stopniu, stwierdzono natomiast występowanie owocników grzyba *Schizophyllum commune*. Wydzielanie się drzew okalających lukę stwierdzono jedynie na powierzchni doświadczalnej w oddz. 163m (zabieg wiosenny). Proces zamierania został zapewne zapoczątkowany w części drzewostanu oddalonej od luki, o czym świadczyły liczne martwe drzewa, z owocnikami *H. annosum*, występujące w promieniu kilkunastu metrów od brzegu luki w głąb młodnika. Sytuacja ta wskazuje na duży potencjał infekcyjny huby korzeni w tym fragmencie uprawy, istniejący jeszcze w drzewostanie zniszczonym przez huragan.

Uzyskane wyniki odnoszą się do okresu zaledwie 3 lat od wykonania zabiegów „sztucznych luk” w 10-letnich młodnikach pochodzących z odnowienia sztucznego. Powierzchnie zostały założone w rejonie obecności patogenów korzeni, a celem zabiegu była próba ograniczenia inokulum patogenu oraz zainicjowanie przebudowy drzewostanu sosnowego i wprowadzenie gatunków liściastych. Należy dodać, że pniaki drzewostanu usuniętego w wyniku huraganu, w znacznej części wykazywały symptomy porażenia przez

patogeny korzeni (zależnie od lokalizacji uprawy), co od początku kształtowało wysoki stopień zagrożenia chorobowego powstałych upraw.

Stwierdzono pozytywną udatność zabiegu ochronnego, wyrażającą się zasiedleniem drewna wielu pniaków i korzeni przez wprowadzony grzyb *P. gigantea*. W większości przypadków nastąpił aktywny rozkład drewna korzeni i pniaków, ograniczający rozwój patogena obecnego w drzewostanie. W wyniku naturalnych procesów sukcesyjnych, zapoczątkowanych przez rozkład *P. gigantea*, pniaki były zasiedlane przez różne gatunki korzystnych dla drzewostanu grzybów saprotroficznych. Na powierzchni licznie owocowały grzyby kapeluszowe (mykoryzowe), świadczące o dobrej kondycji mykotroficznej drzew w obrębie powierzchni.

Badania w tych obiektach powinny być kontynuowane w celu śledzenia zmian w stanie zdrowotnym drzew okalających sztuczne luki, jak również oceny przeżywalności wprowadzonych do ich wnętrza gatunków liściastych.

\* \* \*

Brak było – jak dotychczas – możliwości prowadzenia długoterminowych, porównawczych badań wielkoobszarowych zaburzeń po huraganach. Powołanie Lasu Ochronnego Szast stworzyło taką szansę. Badania takie powinny, obok skali drzewostanów, obejmować także poziom krajobrazu. Badania prowadzone na obszarach pohuraganowych, pozostawionych bez ingerencji człowieka, są niezwykle istotne dla poznania naturalnych procesów przebiegających w borach sosnowych, które dominują na terenie Polski, co może mieć znaczenie nie tylko poznawcze, ale i praktyczne. Jest to tym bardziej ważne, gdy zaczynamy coraz wyraźniej doceniać inne, poza surowcową, funkcje lasu.

Konieczna jest kontynuacja badań, które umożliwiają pełniejszą ocenę znaczenia Lasu Ochronnego Szast dla ochrony leśnej różnorodności biologicznej. Badania te powinny mieć nadal charakter monitoringu i obejmować najważniejsze procesy i grupy ekologiczne borów sosnowych. Należy m.in. prowadzić monitoring ilości i struktury martwego drewna oraz pomiar żywych drzew o pierśnicy równej lub większej niż 40 cm, a także monitoring składu gatunkowego i liczebności wybranych grup chrząszczy.

Należałoby rozważyć celowość założenia podobnych lasów referencyjnych w innych rejonach Polski, by umożliwić szersze zbadanie ich wpływu na środowisko i ocenić znaczenie dla ochrony przyrody. Ewentualne nowe lasy referencyjne powinny mieć większą

powierzchnię, by zmniejszyć efekt brzegowy oraz umożliwić niezakłócony przebieg (ciągłość) procesów przyrodniczych.

Huraganowe wiatry w lasach i powodowane przez nie uszkodzenia drzewostanów nie powinny być traktowane jako klęski ekologiczne, „tragedie” w drzewostanie, ale jako naturalne zaburzenia, czasem wielkopowierzchniowe, które mogą być wykorzystane w działalności gospodarczej do uruchomienia procesu adaptacji biocenozy do zmieniających się warunków środowiska.