

Pirologia leśna

Las – to określenie może być rozumiane różnie, w zależności od tego, kto go używa. Czym innym jest las dla leśnika, żołnierza czy dla niedzielnego turysty. A jak powinien być postrzegany przez strażaków?

JAN KACZMAROWSKI

Las nie jest jednorodnym tworem. Jako najbardziej złożony ekosystem łądowy jest wręcz przeciwieństwem jednorodności. Każdy las jest inny – ale zaden nie jest niepalny. Błędne byłoby zatem twierdzenie, że każdy pożar lasu jest taki sam.

Ze strażackiego punktu widzenia należy zwrócić szczególną uwagę na palność roślin i postrzegać je jako mniej lub bardziej palną biomasę – paliwo reakcji spalania. Zrozumienie przyrodniczych podstaw występowania i rozwoju pożarów leśnych stanowi wstęp do opracowania przedsięwzięć pozwalających na ograniczenie możliwości ich powstania i rozprzestrzeniania się.

Zacznijmy od samego dołu. W drzewostanie każdy pożar rozpoczyna się od pokrywy gleby. O jego dalszym rozwoju decyduje jej rodzaj, stopień pokrycia oraz poziomy i pionowy rozkład substancji palnych. Przy słabym wietrze, wiejącym z prędkością 1 m/s, intensywność rozprzestrzeniania się pożaru zależy przede wszystkim od ilości i rodzaju materiałów palnych pokrywających powierzchnię gleby (tzn. flory).

Ściółka leśna

Ściółka (dno lasu, martwa pokrywa gleby) warunkuje możliwość inicjacji większości pożarów i wpływa na ich dalsze rozprzestrzenianie się. Płonące igliwie to doskonały nośnik ognia, wydzielający ciepło, szybko przesuszające sąsiedni materiał roślinny. Istotnym elementem składowym ściółki są drobne gałązki, złuszczone korowina i szyszki. Dojrzałe, otwarte szyszki, z licznymi płaskimi łuskami, mają rozległą powierzchnię styku z powietrzem. Dzięki temu łatwo przesuszają. Ich wilgotność jest niższa niż igliwia znajdującego się w ściółce. Dodatkowo w szyszkach występują łatwopalne związki żywiczne, powodujące ich gwałtowny zapłon. O właściwościach pożarowych wszystkich materiałów roślinnych decyduje procentowy udział celulozy i ligniny. W skład suchych gałęzi, szyszek, a także korowiny, czyli podstawowych składników ściółki, wchodzi ponad 65% tych polimerów. Rozkład celulozy na palne produkty gazowe następuje w temperaturze przekraczającej 200°C, natomiast ligniny już przy 128°C.



Jan Kaczmarowski zajmuje się ochroną przeciwpożarową lasu w Wydziale Ochrony Lasu Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych

Ściółka sosnowa Martwe igły sosnowe są głównym składnikiem ściółki właściwej. Jej wilgotność waha się od 6 do 66%. Ściółka oraz typowe leśne składniki pokrywają glebę zapalają się łatwo, gdy ich wilgotność względna jest niższa niż 20%. Następuje wówczas reakcja szybkiego i całkowitego spalania. Prędkość frontu pożaru, z maksymalnie półmetrową wysokością płomieni, może osiągać kilka metrów na minutę. Ciepło spalania wynosi 22 tys. kJ/kg. Zdecydowana większość (90%) pożarów lasów wybucha w dni, gdy wilgotność ściółki jest niższa niż 15% (dlatego zakaz wstępu do lasu wprowadza się przy trzecim stopniu zagrożenia pożarowego, jeżeli przez kolejnych pięć dni wilgotność ściółki mierzona o godzinie 9.00 jest niższa niż 10%). Ściółka sosnowa staje się praktycznie niepalna przy wilgotności równej 28%.

Ściółka świerkowa/jodłowa Obfity opad krótkiego, prostego i gładkiego igliwia tworzy charakterystyczną ubitą ściółkę. Jej zwięzła struktura wydłuża czas przesychniania i utrudnia swobodną cyrkulację powietrza, co znacząco przeszkadza w rozwoju pożaru pokryw dła lasu w początkowej fazie.

Ściółka modrzewiowa Modrzew dostarcza najmniej ściółki ze wszystkich krajowych drzew szpilkowych. Ściółka utworzona z jego igieł pali się gorzej od sosnowej.

Ściółka bukowa Buk należy do drzew bardzo wydajnych pod względem produkcji opadu organicznego. Ściółka, złożona ze słabo rozkładających się płaskich liści, układa się w zbite warstwy. Późną jesienią i na początku zimy, w bezdeszczowe i bezchmurne dni, promienie słoneczne niezatrzymywane przez bezlistne korony docierają do dna lasu, przesuszając obfitą warstwę bukowej ściółki. Wówczas nagromadzona i nierozłożona warstwa martwych liści staje się doskonałym materiałem palnym. Ściółka pozostałych drzew liściastych jest w znacznym stopniu podobna, a jej palność determinuje sezonowy rytm rozwoju roślin.

Runo leśne

Runo leśne to najniższa warstwa lasu, zbudowana z żywych roślin.

Porosty Grupa tych organizmów charakteryzuje się niewielkim procentowym udziałem ligniny i celulozy. Gatunkiem o minimalnej zawartości tych składników jest chrobotek reniferowy (*Cladonia rangiferina*). W sytuacji pożaru lasu porosty dostarczają znikomej ilości paliwa. Ich wilgotność jest zależna od wilgotności powietrza i mieści się w granicach 8-77%. Dzięki zdolności magazynowania wody dobrze znoszą silne

nasłonecznienie i okresowe susze. Przesuszone są co prawda łatwopalne (w wilgotności poniżej poziomu 23% zapalają się natychmiast), lecz ich ciepło spalania nie przekracza wartości 17 tys. kJ/kg – to jedno z niższych wśród składników runa.

Mchy Rośliny te wykazują nieznacznie większe właściwości pirolologiczne niż porosty. Mchy odznaczają się największymi zmianami poziomu wysycenia wodą. Ich zakres wilgotności oscyluje od 10 do 80%. Generalnie mszaki działają opóźniająco na rozprzestrzenianie się procesu spalania. Zdarza się, że podczas pożarów pokrywy gleby na pożarzysku pozostają niespalone płyty mszystych kobierców, wyróżniające się na tle spalonej powierzchni niczym zielone wyspy. Jednak przesuszona pokrywa mszysta (15% wilgotności) zapala się gwałtownie i pali stosunkowo szybko, niewielkim płomieniem. Wyjątkiem są mchy gałązkowe, takie jak rokitnik pospolity (*Pleurozium schreberi*), dające silny płomień o wysokości 1 m.

Borówki Okres największej zapalności tego karłowatego krzewu leśnego przypada na suchy sezon jesienny oraz czas zaraz po

ustąpieniu pokrywy śnieżnej. W pozostałej części roku odznacza się on słabą palnością, co ma związek z wilgotnością względną, wynoszącą średnio 60%. Niepalne właściwości potęguje wysoka zawartość substancji ekstrakcyjnych, w postaci wosków występujących na liściach. Związki te ograniczają parowanie w pierwszej fazie spalania. Borówka czernica ma bardzo niską zawartość celulozy i ligniny (łącznie 40,8%), przy jednoczesnej najwyższej wśród pospolitych roślin runa leśnego zawartości części mineralnych nieulegających spalaniu i tworzących popiół (sześć razy więcej niż w zdrewniałym wrzocie).

Roślinność zielna Pędy naziemne roślin zielnych są nietrwałe i obumierają z końcem sezonu wegetacyjnego, co powoduje okresowe wzmoczenie zapalności. Wiosną na żyzniejszych siedliskach spod topniejącego śniegu wylania się zeszłoroczna roślinność (np. paprocie). Duże nagromadzenie materiałów palnych w okresie bezlistnym, gdy docierające do dna lasu promienie słoneczne bardzo szybko przesuszają runo, zwiększa ryzyko wystąpienia pożaru. Po rozpoczęciu okresu wegetacyjnego bilans przesuszonej roślin-





3



5



6

ności pozostałej z lat ubiegłych zostaje zrównoważony przez świeżą. Warunki uwilgotnienia ulegają poprawie i zwiększa się bezpieczeństwo pożarowe. Rośliny te odznaczają się swoistą odpornością na ogień ze względu na dużą zawartość wody, niezależną od wilgotności powietrza. Kobierce soczystej, zazielenionej roślinności są w stanie zatrzymać pożar poprzez stopniowe zmniejszanie intensywności jego rozprzestrzeniania. Ograniczają stan zagrożenia danego fragmentu lasu, ocieniając glebę i zgromadzone na niej aktywne materiały palne. Drugi okres zwiększonej palności przypada na przełom lipca i sierpnia, kiedy to na skutek letniej suszy może dojść do zamierania roślin.

Trawy Pokrywa zadarniona występuje w miejscach prześwietlonych, gdzie dociera duża ilość energii słonecznej. Panują tam bardzo dogodne warunki do inicjacji pożaru przyziemnego. Trawy mogą osiągnąć znaczne rozmiary w porównaniu do innych roślin runa, a w razie pożaru dają wysoki płomień, sięgający nawet 3 m. Sprzyja to przenoszeniu ognia w wyższe warstwy drzewostanu. Bujnie rozwinięte łąny roślinności wiechli-

nowatej, niekiedy o grubych, wysokich łodygach, generują duże obciążenie ogniowe, co intensyfikuje proces spalania. Trawy takie jak kostrzewa owcza (*Festuca ovina*) oraz trzcinnik leśny (*Calamagrostis arundinacea*) ulegają bardzo szybkiemu zapaleniu nawet przy wilgotności rzędu 35%. Front pożaru zadarnionej pokrywy dna lasu może osiągnąć prędkość kilkunastu metrów na minutę. Zdarza się, że prądy powietrzne przenoszą płonące źdźbła trawy na znaczne odległości. Są to tak zwane ognie lotne (zagwie), zdolne do inicjacji pożaru w nowym miejscu, oddalonym nawet o kilkadziesiąt metrów.

Wrzos Wrzos jest przykładem pirofitu, rośliny ewolucyjnie przystosowanej do ognia. Pożary występujące na wrzosowiskach niszczą siewki drzewek, odmładzając jednocześnie krzewinki wrzosu. Ograniczony rozwój gatunków drzewiastych i pobudzony wzrost krzewinek powoduje regenerację wrzosowisk. Z tego powodu w wielu krajach planowe, kontrolowane wypalanie stosowane jest jako narzędzie czynnej ochrony wrzosowisk. W czasie pożaru wrzos intensyfikuje rozprzestrzenianie się ognia. Płomień spalania

tej rośliny sięga 3 m wysokości. Jego rolę pożarową można wytłumaczyć, poddając analizie skład chemiczny. Części zielone zawierają 53,4% ligniny i celulozy, a zdrewniałe pędy mają 67,9% tych składników. Kolejną cechą sprawiącą, że wrzos to doskonałe paliwo, jest niska zawartość soli mineralnych w zdrewniałych częściach oraz znikoma zawartość wody higroskopijnej. Wrzos zwyczajny to jedyny element runa leśnego ulegający zapaleniu nawet przy wilgotności własnej rzędu 40%. Płonące gałązki tej krzewinki mogą być unoszone i porywane przez poddmuchy wiatru. Tym sposobem ogień może się przemieszczać i rozprzestrzeniać w sposób trudny do opanowania, omijając górą przygotowane linie obrony.

Leżanina

Oprócz ściółki i żywej roślinności runa na dnie lasu znajdują się także liczne zdrewniałe elementy (tzw. leżanina). Są to gałęzie, konary i pnie, które znalazły się na poziomie gruntu na skutek czynności hodowlano-eksploatacyjnych prowadzonych w zakresie gospodarki leśnej lub naturalnych procesów rozkładu drewna i utraty przez nie właściwości mechanicznych. Ich rola w kształtowaniu warunków pożarowych jest dwójaka. Niewątpliwie martwe drewno stanowi doskonały rezerwuuar wody. Zmurszałe drzewa lub ich części leżące w lesie są zdolne magazynować kilkakrotnie większą ilość wody, niż wynosi ich własna masa. Z drugiej strony, po przedłużających się okresach suszy wilgotność martwego drewna znacznie maleje, czyniąc je bardzo łatwopalnym materiałem, wydłużającym czas trwania pożaru. Pożółkłe, martwe igliwie utrzymujące się przez jakiś czas na opadłych gałęziach zwiększa zagrożenie rozwoju pożaru. Z tego powodu przy wykonywaniu pasów przeciwpożarowych usuwa się wszystkie martwe drzewa i leżące gałęzie.

Podszyt

Niska roślinność drzewiasta (o wysokości do 6 m) i krzewy rosnące w dolnej partii drzewostanu stanowią warstwę łącznikową, zapewniającą ciągłość pomiędzy runem leśnym a koronami drzew górnego piętra. Ta pośrednia warstwa zapewnia prawie równomierny pionowy rozkład materiałów palnych w przestrzeni leśnej. Ma to duże znaczenie dla kształtowania warunków rozwoju pożaru. Do przekształcania się pożaru pokrywy gleby w pożar całkowity może dojść w starszych drzewostanach z piętrem iglastego podszytu – jego brak uniemożliwia przetrzuty ognia w warstwę koron. W pożarach ▶

► wierzchołkowych, obejmujących najwyższe piętro lasu, rośliny podszytu giną wraz z innymi. W pożarach powierzchniowych (pokrywy gleby) podszyt ulega często tylko częściowemu zniszczeniu. W warstwie podszytu istotną rolę pożarową odgrywają gatunki iglaste. Wyjątkiem jest jodła. Ze względu na jej właściwości dopuszczono możliwość pozostawiania jodłowego podszytu i podrostu na pasach przeciwpożarowych.

Jałowiec Iglak ten rośnie na słabych glebach piaszczystych i wrzosowiskach, często wśród suchych traw. Jego klujące igliwie charakteryzuje się wysoką zawartością olejków eterycznych, a w tyku i korze występuje żywica, co czyni ten gatunek łatwopalnym o każdej porze roku. Spala się bardzo intensywnie, stając w ogniu na całej swej wysokości. Płomienie sięgają nawet 4 m. Płonący w podszytce krzew jałowca stwarza realne zagrożenie przeniesienia się pożaru w wierzchołki drzew górnego piętra (podobnie zachowują się młode i pojedyncze podsadzenia świerkowe).

Korony drzew

Definicja opisuje je jako sklepienie lasu utworzone z konarów, gałęzi, gałązek pędów i liści bądź igliwia. W składzie gatunkowym polskich lasów przeważa kilkanaście gatunków drzew. Przy zaistnieniu odpowiednich warunków wszystkie należy uznać za palne. Wyższą odpornością na ogień charakteryzują się gatunki liściaste. Istnieje natomiast wiele czynników sprawiających, że drzewa szpilkowe sprzyjają zarówno powstaniu, jak i rozwojowi pożaru.

Sosna W Polsce najczęściej pożarów lasu powstaje w drzewostanach sosnowych – z dwóch powodów. Po pierwsze, sosna jest najpospolitszym gatunkiem naszych lasów, zajmuje około 60% ich powierzchni. Drugą przyczyną jest łatwopalność żywic oraz olejków eterycznych, wyjątkowo silnie wydzielających się na skutek działania wysokich temperatur powietrza. Rośliny zawierające kwasy żywiczne oraz olejki eteryczne charakteryzują się największym ciepłem spalania. Z tego względu żywe igły sosny wykazują niewielką odporność na ogień i zapalają się nawet przy niewielkiej temperaturze bodźca energetycznego (50°C). Wczesne zamieranie bocznych gałęzi w dolnych odcinkach pnia wzmaga lokalne zagrożenie pożarowe. Drobniejsze gałązki spadają na ściółkę leśną, zwiększając miejscowo obciążenie ogniowe. Gdy ogień opanuje pień, wpływ żywicy na pożar uwidoczni się w postaci wydłużenia czasu spalania i fazy końcowego żarzenia. Stare sosny najczęściej



zostają wyłącznie osmolone lub zwęglają się tylko ich wierzchnie warstwy na obwodzie pnia. Jeśli drzewo jest dostatecznie grube, wytworzona wierzchnia warstwa węgla piroforycznego w wystarczający sposób chroni głębsze warstwy drewna. Całkowitemu rozkładowi ulegają jednak wszystkie drobniejsze zdrewniałe elementy, np. mniejsze gałęzie. Jeśli głębsze pokłady ściółki mają dostateczną wilgotność, gruba warstwa korowiny występująca w przyziemnej części chroni sosnę pospolitą przed krótkotrwałymi, przelotnymi pożarami pokrywy gleby. Za to gdy ściółka jest skrajnie przesuszona, następuje oparzenie szyi korzeniowej (zarzenie) i obumieranie drzew.

Świerk i jodła Z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej lasu oba gatunki są do siebie podobne i pełnią taką samą funkcję pożarową. Występują głównie na wilgotnych siedliskach, gdzie rzadko panują warunki korzystne dla inicjacji pożaru. Ochronie przed pożarem sprzyja ich tendencja do tworzenia zwartej korony, silnie ocieniającej dno lasu. Zapobiega to przesuszaniu oraz rozwojowi łatwopalnej pokrywy gleby. Dodatkowo silny

rozwój rozłożystych konarów na całej wysokości tych drzew znacznie utrudnia wymianę gazową (przepływ tlenu, niezbędnego do podtrzymania procesu spalania) z powodu dużego wypełnienia przestrzeni gałęziami. Jednak są i minusy. W odpowiednich warunkach zarówno świerk, jak i jodła zapalają się szybciej niż sosna, a towarzyszy temu wydzielanie większej ilości ciepła. Świerk nie oczyszcza pnia z martwych konarów, a te ułatwiają przedostawanie się płomieni z pożaru powierzchniowego w wierzchołki drzew. Co ciekawe, naturalne pożary powstałe na skutek wyładowań atmosferycznych najczęściej mają miejsce w litych świerczynach.

Modrzew Spośród krajowych gatunków iglastych zapala się najtrudniej. Czynnikiem, który w drzewostanach modrzewiowych najbardziej sprzyja pożarowi, jest silne zachwaszczanie się gleby. Gruba warstwa korowiny sprawia natomiast, że gatunek jest w stanie przetrwać przelotne pożary powierzchniowe.

Buk Korona buka doskonale ocienia dno lasu, z jednej strony ograniczając przesuszanie gleby, a z drugiej hamując rozwój roślin-



1. Termicznie uszkodzony świerk na granicy pożarzyska
2. Elementy lasu widoczne na zdjęciu: ściółka liściasta, roślinność zielna, leżanina, świerk w warstwie podszytu, posusz (martwy pień na środku kadru) oraz górne piętro drzewostanu
3. Spalona w pożarze powierzchniowym ściółka bukowa
4. Znaczący udział porostów w warstwie runa leśnego
5. Płonący wrzos
6. Osmalony pień brzozy
7. Wierzchnia warstwa węgla piroforycznego na pniu sosny
8. Ślady po pożarze w buczynie
9. Nadpalony krzew jałowca
10. Krzewinki borówki po przejściu pożaru pokrywy gleby



ności runa. Buczyny pozbawione palnej roślinności rzadko są miejscem pożarów. Wyjątek opisano w punkcie dotyczącym ściółki tych drzew. Buki w okresie wegetacji, w stanie pełnego ulistnienia, utrzymują w elementach tworzących ich korony wilgotność na poziomie skutecznie spowalniającym rozprzestrzenianie się ognia. Jednak ze względu na cienką korę, wrażliwość na uszkodzenia mechaniczne i słabą zdolność do regeneracji buk jest gatunkiem silnie narażonym na poważne dysfunkcje w razie wystąpienia pożaru.

Dąb Rodzime gatunki dębów w porównaniu do buka są bardziej odporne na działanie ognia. Gruba na kilka centymetrów, podłużnie splekana warstwa kory zapewnia drzewu wytrzymałość na przejściowe oddziaływanie wysokich temperatur. Pożary w dąbrowach są jednak zjawiskiem częstszym niż pożary w buczynach. Spowodowane jest to obecnością bujnej pokrywy roślinnej w towarzystwie dębów. Choć w sezonie wegetacyjnym warstwa zielna skutecznie ogranicza inicjację i rozwój pożarów, to wczesną wiosną, tuż po roztopach, gdy drzewa nie mają jeszcze

liści, panują warunki sprzyjające powstaniu pożaru. Wydarzenia z najnowszej historii nie pozwalają też zapomnieć o podpaleniach okazałych drzew pomnikowych (m.in. Dąb Napoleon w 2004 r. i 2010 r., Dąb Chrobry w 2014 r.). Ze względu na ogromną miąższość (objętość drewna wyrażona w m³) długowiecznych dębów i specyficzne właściwości mechaniczne (próchniejące pnie, ogromne konary, asymetryczne i rozłożyste korony) nie są to zwykle pożary pojedynczego drzewa. Spróchniałe pnie, często puste w środku, w trakcie pożaru zachowują się jak kominy, a uszkodzone konary stwarzają realne zagrożenie dla osób uczestniczących w akcji gaśniczej.

Brzoza Brzoza odznacza się szczególnie silną zdolnością do regeneracji listowia po przejściu pożaru. Gatunek ten znosi ubogie warunki glebowe siedlisk borowych, dlatego wprowadza się go jako gatunek liściasty na pasach biologicznych i liniach obrony przeciwpożarowej. Wielorzędowe pasy biologiczne brzozy zlokalizowane w zwartych kompleksach drzew iglastych mają za zadanie ograniczyć rozprzestrzenianie się pożaru

lasu. Te cechy przyczyniają się do powszechnego wykorzystywania tego gatunku w przeciwpożarowej ochronie lasu. W sezonie wegetacyjnym, gdy liście w koronach są w pełni rozwinięte, odpowiednio szeroki pas brzeziny jest w stanie zatrzymać pożar wierzchołkowy. Równocześnie rząd brzozy, gatunku niewytwarzającego długich konarów (co zapewnia naturalne utrzymanie skrajni drogowej), powinien stanowić osłonę dojazdów pożarowych. Jest jednak druga strona medalu. Brzoza jako domieszka w drzewostanach sosnowych nasila proces darniowy. Wczesną wiosną, w stanie bezlistnym, nie ma możliwości zatrzymania pożaru. Umożliwia z kolei silny rozwój łatwopalnej szaty roślinnej w postaci traw czy wrzośu.

Posusz

Podobnie jak leżanina, posusz (martwe lub obumierające drzewa stojące) zwiększa miejscowo zagrożenie pożarowe, niezależnie od gatunku. Stwarza warunki do rozwoju pożarów o zwiększonej dynamice rozprzestrzeniania się. Drzewa, które były martwe już przed pożarem, odznaczają się głębszym poziomem wypalenia drewna w porównaniu do pozostałych osobników.

Wielkopowierzchniowe zamieranie lasu na skutek nasilających się w ostatnich latach klęsk żywiołowych, takich jak huraganowe wiatry, gradobicia czy gradacje szkodliwych owadów, powoduje gwałtowne nagromadzenie łatwopalnej biomasy na znacznej powierzchni, a jednocześnie utrudnia operowanie lądowym sprzętem gaśniczym. W razie suszy na tych obszarach należy liczyć się ze zwiększonym ryzykiem rozwoju pożarów wielkopowierzchniowych o charakterze klęskowym.

Zjawisko takie występuje obecnie na terenie Puszczy Białowieskiej, gdzie z powodu gradacji kornika drukarza zamierają ogromne połacie drzewostanów świerkowych. Postępujący rozpad świerczyn spowodował kilkunastokrotne zwiększenie łatwopalnej martwej biomasy oraz silne prześwietlenie dna lasu. Stworzyło to doskonałe warunki do pojawienia się bujnej pokrywy trawiastej. Ten cenny przyrodniczo obszar wymaga teraz szczególnej troski i współdziałania służby leśnej oraz straży pożarnej.

Od tego, czy leśnik ze strażakiem będą postrzegali las w ten sam sposób, zależy sukces skoordynowanych działań prewencyjnych i gaśniczych. ■