

GRZEGORZ URBAN, IRENA FOREMNIK

## Szkody w infrastrukturze leśnej w lasach Masywu Śnieżnika wyrządzone przez opady rozlewne w lipcu 2011 roku i ich uwarunkowania

Damage to forest infrastructure in the Śnieżnik Massif caused by heavy rainfall in July 2011 and its conditions

### ABSTRACT

Urban G., Foremnik I. 2013. Szkody w infrastrukturze leśnej w lasach Masywu Śnieżnika wyrządzone przez opady rozlewne w lipcu 2011 roku i ich uwarunkowania. Sylwan 157 (2): 95-103.

The paper investigates a landslide that occurred in the Śnieżnik Massif (SW Poland) in July 2011 after the heavy rainfall. Damage to the infrastructure in Międzylesie and Lądek Zdrój forest districts, in which the losses were the most extensive, are presented. Study analyses not only weather conditions, but also geomorphologic and hydrologic factors associated with the occurrence of the mass movement.

### KEY WORDS

heavy rainfall, damage to forests, the Śnieżnik Massif

### ADDRESSES

Grzegorz Urban <sup>(1)</sup> – e-mail: grzegorz.urban@imgw.pl  
Irena Foremnik <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej; Państwowy Instytut Badawczy; ul. Parkowa 30; 51-616 Wrocław

<sup>(2)</sup> Dolnośląski Zespół Parków Krajobrazowych we Wrocławiu; ul. Puszczykowska 10; 50-559 Wrocław

### Wstęp

Warunki klimatyczne wywierają wielostronny wpływ na stan ekosystemów leśnych. Do głównych czynników meteorologicznych powodujących szkody abiotyczne w lasach zalicza się silny wiatr, intensywne opady śniegu, suszę, głębokie spadki temperatury powietrza, oblodzenie czy obciążenie szadzią. Problematykę szkód w lasach od czynników atmosferycznych przedstawiono w wielu wcześniejszych pracach [Zajączkowski 1984, 1991; Mikułowski 1998, 2002; Urban i in. 2000, 2005, 2011; Urban 2002; Zachara 2006; Gil, Zachara 2006; Zachara i in. 2007]. Oprócz najczęstszych i najbardziej spektakularnych szkód, jakie wywołane są przez wiatr i śnieg, szkody w lesie powodowane są również przez takie czynniki, jak intensywne opady atmosferyczne, w postaci deszczów nawalnych lub rozlewnych. Mają one zazwyczaj mniejsze znaczenie gospodarcze, ale w określonych warunkach meteorologicznych mogą również przynosić istotne straty ekonomiczne w leśnictwie.

W lipcu 2011 roku na obszarze Polski wystąpiły obfite opady deszczu, powodujące lokalnie ożywienie geomorfologicznych procesów stokowych, tj. rozmycie powierzchni, erozję rynnową, spływ powierzchniowy, osunięcie się zalesionego gruntu i inne. Jednym z przykładów takich zdarzeń było m.in. powstanie spływu gruzowo-błotnego (osuwiska) na stokach Średniaka (1210 m n.p.m.) i licznych uszkodzeń w infrastrukturze Lasów Państwowych w całym Masywie Śnieżnika.

Szczególnie dotkliwe szkody wystąpiły w nadleśnictwach Międzyzlesie i Łądek Zdrój (RDLP we Wrocławiu).

W niniejszej pracy scharakteryzowano uwarunkowania pogodowe i geomorfologiczno-hydrologiczne towarzyszące wystąpieniu osuwiska oraz podjęto próbę oceny jego konsekwencji gospodarczych w nadleśnictwach Międzyzlesie i Łądek Zdrój.

## Materiał i metody

Analiza sytuacji barycznej i warunków pogodowych nad Europą i Polską, ze szczególnym uwzględnieniem rejonu Masywu Śnieżnika, została przeprowadzona w oparciu o: Codzienne Biuletyny Meteorologiczne Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) za okres 19-22 lipca 2011 roku, Biuletyn PSHM IMGW-PIB za lipiec 2011 roku, dane meteorologiczne za lipiec 2011 roku i z wielolecia ze stacji meteorologicznych Kłodzko, Bolesławów i Łądek Zdrój oraz stacji opadowych Kamienica, Międzygórze, Bielice, Stronie Śląskie i Nowy Gieraltów. Wykorzystano także dane meteorologiczne i klimatologiczne ze stacji meteorologicznych Czeskiego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego (ČHMÚ): Šerák, Králíky, Staré Město pod Sněžníkem i Malá Morava. Ponadto wykorzystano mapy synoptyczne za okres 19-22 lipca 2011 roku oraz informacje z serwisów internetowych ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl), [www.imgw.pl](http://www.imgw.pl) i [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)). Z nadleśnictw Międzyzlesie i Łądek Zdrój uzyskano dane na temat rozmiarów szkód w infrastrukturze leśnej.

## Wyniki i dyskusja

**SZKODY POWSTAŁE W REJONIE MASYWU ŚNIEŻNIKA.** Jednym z najbardziej spektakularnych zjawisk spowodowanych przez opady rozlewne w lipcu 2011 roku było osuwisko na południowo-zachodnich stokach Średniaka. Jego długość to około 260-270 m, powierzchnia – około 0,70 ha [Parzóch i in. 2012]. Usunięciu uległ cały profil glebowo-zwierzelinowy wraz z drzewostanem aż do litej skały macierzystej niemal na całej długości osuwiska (fot. 1). Ponadto doszło do szeregu uszkodzeń infrastruktury, w tym rozmycia skarp, dróg i szlaków turystycznych (fot. 2). W samym Nadleśnictwie Międzyzlesie szkody w infrastrukturze oszacowano na około 6 mln zł, a w Nadleśnictwie Łądek Zdrój na blisko 2 mln zł (tab. 1).

**UWARUNKOWANIA METEOROLOGICZNE.** Lipiec 2011 roku był pod względem termicznym na przeważającym obszarze kraju w normie, natomiast pod względem opadów był w większości Polski skrajnie wilgotny. W dniach 20-22 lipca 2011 roku Polska znajdowała się w zasięgu niżu barycznego, który wolno przemieszczał się znad Czech w kierunku Skandynawii (ryc. 1). W obrębie tego układu miała miejsce adwekcja chłodnego powietrza polarno-morskiego. Początkowo jedynie Polska wschodnia i północno-wschodnia pozostawała pod wpływem mas powietrza zwrotnikowego. Stąd w strefie kontaktu różnych fizycznie mas powietrza występowały burze atmosferyczne, którym lokalnie towarzyszyły intensywne opady deszczu i porywisty wiatr. Z kierunku zachodniego i północno-zachodniego wiał słaby i umiarkowany, okresami porywisty wiatr, który wraz z rosnącą wysokością bezwzględną przybierał na sile. W Łądku Zdroju (461 m n.p.m.) prędkość wiatru w tym czasie wynosiła 1-4 m/s, maksymalnie do około 8 m/s, natomiast na Šeráku (1328 m n.p.m.) kształtowała się w przedziale 6-12 m/s. Wyraźną różnicą w prędkości wiatru, rosnącą z wysokością nad poziomem morza, można zapewne tłumaczyć mniejsze zmierzone sumy opadów na stacjach położonych wyżej (efekt wywiewania opadów) zarówno w dniach 20-22 lipca, jak i podczas całego miesiąca czy nawet w średniej wieloletniej sumie opadów (tab. 2). Lipiec 2011 roku miał charakter cyklonalny, z dominującym wiatrem z zachodu. W związku z tym polskie stacje pomiarowe podczas zachodniej cyrkulacji opadonośnych mas



Fot. 1.

Osuwisko na stokach Średniaka (fot. M. Bryja)  
Landslide on the slopes of Mt. Średniak (photo by M. Bryja)



Fot. 2.

Rozmycia dróg (Fot. M. Walińko)  
Washouts of forest roads (photo by M. Walińko)

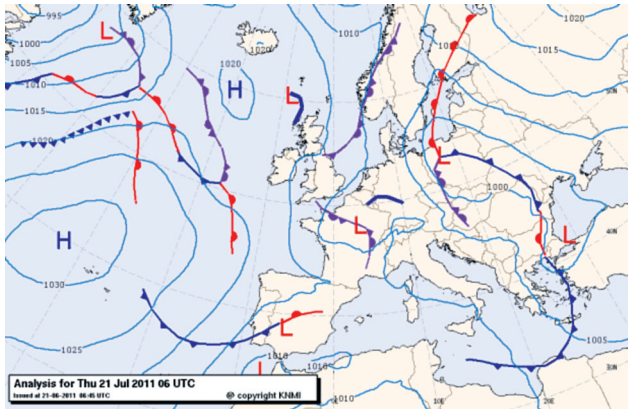
Tabela 1.

Szkody powstałe na terenie nadleśnictw Międzyzlesie i Łądek Zdrój  
Damage occurred on the territory of Międzyzlesie and Łądek Zdrój forest districts

	Międzyzlesie		Łądek Zdrój	
	Wymiar	Straty [zł]	Wymiar	Straty [zł]
Uszkodzone drogi	52,14 km	3 700 000	33,38 km	1 466 000
Uszkodzone mosty	4 sztuki	80 000	2 sztuki	34 000
Uszkodzone przepusty	70 sztuk	420 000	36 sztuk	206 000
Zamulone rowy	15,15 km	212 000	12,86 km	83 000
Szlaki zrywkowe	36 900 mb	1 168 000	6650 mb	166 250
Zabudowa potoków	60 mb	50 000	–	–
Osuwiska skarp	0,75 ha	280 000	–	–
Inne	444 sztuki	90 000	–	–
Razem		6 000 000		1 955 250

powietrza znajdowały się po dowietrznej stronie Masywu Śnieżnika, stąd też wyższe sumy opadów niż zmierzone na stacjach po czeskiej (zawietrznej) stronie.

Występujące opady deszczu z uwagi na swój duży zasięg terytorialny (przeważająca część kraju) i czas trwania (kilkudniowe) były opadami rozlewnymi [Słownik... 2003]. Maksymalne wartości wystąpiły w dobie opadowej 21 lipca (tab. 2). Rycina 2 przedstawia zmierzoną niezwyfikowaną 24-godziną sumę opadów (doba opadowa 21 lipca) z deszczomierzy automatycznych (wartości liczbowe) nałożoną na oszacowaną 24-godziną sumę opadów będącą kombinacją symulacji radarowej z danymi z automatycznych deszczomierzy (obraz gridowy). Najwyższe opady wystąpiły m.in. w rejonie Masywu Śnieżnika. Największe zmierzone opady wystąpiły w dniu 21 lipca w strefie wysokości 600-800 m n.p.m., osiągając ekstremalnie w rejonie Międzygórza wysokość do około 120 mm. Zmierzona dobowo suma opadów w Międzygórzu była drugą z najwyższych sum dobowych zmierzonych w lipcu 2011 roku w całym dorzeczu górnej i środkowej Odry (ponad 220 posterunków IMGW-PIB). Wartość ta stanowiła około 76% średniego



Ryc. 1.

Mapa synoptyczna z 22 lipca 2011, z godz. 06 UTC (www.knmi.nl)

Synoptic map from 22 July 2011, 06 UTC (www.knmi.nl)

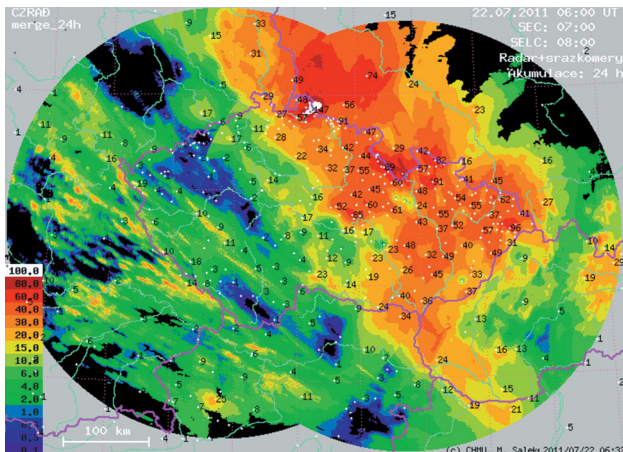
Tabela 2.

Dobowe i miesięczne sumy opadów atmosferycznych [mm]

Daily and monthly atmospheric precipitation totals [mm]

Stacja [m n.p.m.]	Przynależność	20.07	21.07	22.07	Lipiec 2011	Norma (1971-2000)
Šerák [1328]	ČHMÚ	20,5	48,5	10,7	196,7	147,9 <sup>1</sup>
Staré Město pod Sněžníkem [1010]	ČHMÚ	22,3	57,4	10,9	195,8	121,5 <sup>1</sup>
Malá Morava [730]	ČHMÚ	18,2	107,4	22,6	284,9	118,6
Bielice [695]	IMGW-PIB	9,0	84,1	21,1	226,2	152,4
Kamienica [680]	IMGW-PIB	23,0	83,2	45,7	249,5	153,4 <sup>2</sup>
Międzygórze [675]	IMGW-PIB	41,9	117,2	24,2	325,7	153,7
Nowy Gieraltów [635]	IMGW-PIB	7,3	97,4	28,3	271,8	141,0
Bolesławów [600]	IMGW-PIB	20,9	60,5	33,5	221,4	139,3
Králíky [541]	ČHMÚ	19,3	66,9	1,6	183,3	102,3 <sup>3</sup>
Stronie Śląskie [490]	IMGW-PIB	21,0	79,7	35,0	249,4	139,5
Łądek Zdrój [461]	IMGW-PIB	22,6	85,9	33,0	251,4	132,7
Międzylesie [450]	IMGW-PIB	37,4	76,8	2,6	204,2	110,8

<sup>1</sup> 2004-2010, <sup>2</sup> 1984-2000, <sup>3</sup> 1980-2000



Ryc. 2.

Zdjęcie z radarów meteorologicznych Brdy-Praga i Skalca z 22 lipca 2011, z godz. 06 UTC (www.chmi.cz)

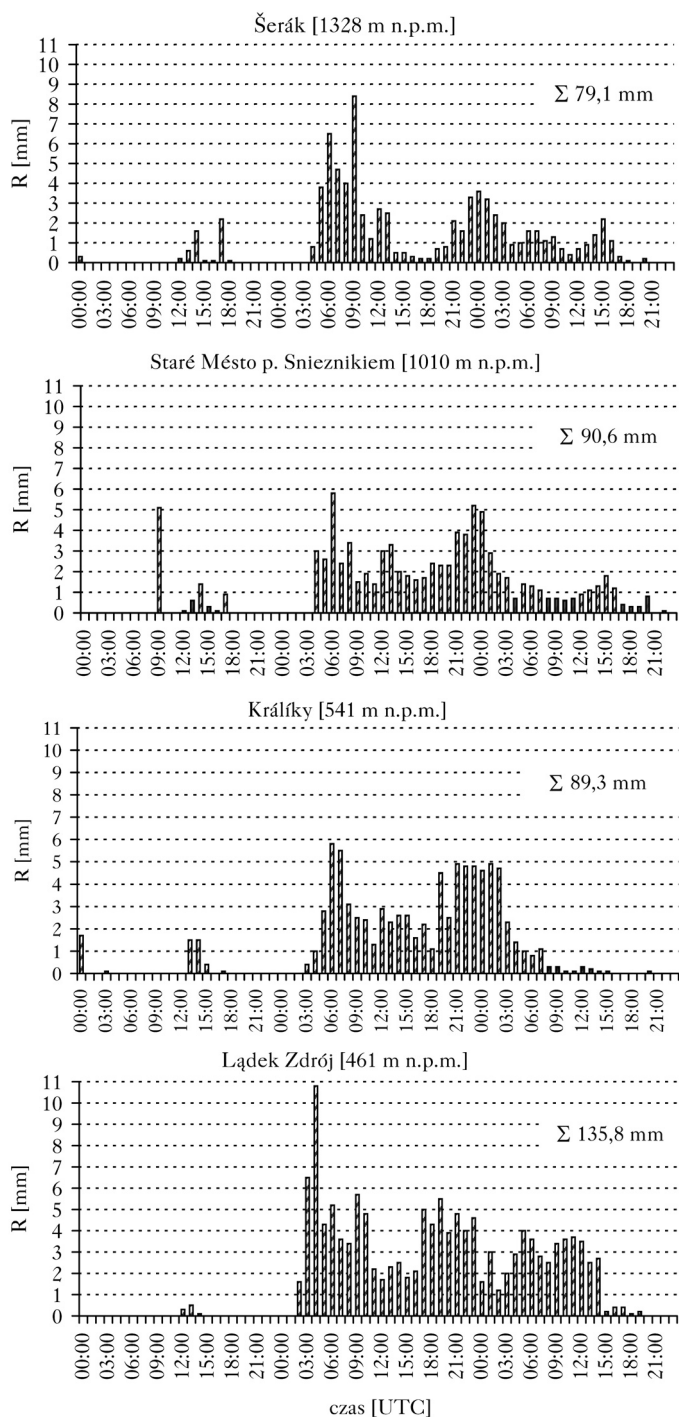
Images from Brda-Praga and Skalca weather radars from 22 July 2011, 06 UTC (www.chmi.cz)

miesięcznego opadu dla lipca z lat 1971-2000. Analogicznie było z miesięczną sumą opadów (325,7 mm). Jednak pomimo relatywnie wysokiej sumy dobowej, ich intensywność nie była nadzwyczajna. W okolicznych stacjach nie przekraczała 6,0 mm/godzinę, momentami lokalnie osiągała od 8,5 (Šerák) do 11 mm/godz. (Łądek Zdrój) (ryc. 3). W klasyfikacji natężenia opadów Chomicza [1951] był to więc deszcz co najwyżej ulewny. Natomiast spływy gruzowo-błotne najczęściej inicjowane są przez opady o wydajności rzędu kilkudziesięciu milimetrów na godzinę [Caine 1980]. Z kolei Migoń i Parzóch [2008] uważają, że w warunkach karkonoskich do spływów może dojść już przy wydajności opadów co najmniej 10 mm/godz. Dla porównania maksymalne godzinowe natężenie deszczu podczas powodzi w lipcu 1997 roku na stacjach IMGW-PIB w rejonie Masywu Śnieżnika wynosiło od 13 (Bolesławów) do 27 mm (Stronie Śląskie) [Dubicki, Malinowska-Małek 1999]. Dobowe sumy opadów na stacji IMGW-PIB w Międzygórzu powyżej 100 mm, ze znacznie większym współczynnikiem wydajności opadu niż w lipcu 2011 roku, w okresie letnim (czerwiec-sierpień) w wieloletnim 1971-2010 wystąpiły w lipcu 1997 (200,1 mm – absolutny rekord na stacji), w sierpniu 2002 (140,7 mm) oraz w sierpniu 2006 (105,5 mm). Podobnie było na stacji IMGW-PIB w Kamienicy, gdzie przez w okresie 5-7 lipca 1997 roku dobowe sumy opadów wyniosły odpowiednio: 122,5 mm, 179,5 mm i 154,0 mm. Zmierzona wysokość opadów w dniach 4-8 lipca 1997 roku wyniosła aż 482,2 mm, co jest dotychczas rekordową 5-dobową wartością w polskiej części dorzecza Odry.

Zastanawiające jest to, że wyraźne spływy gruzowo-błotne w Masywie Śnieżnika w wieloletnim 1971-2010 wystąpiły przede wszystkim podczas powodzi w lipcu 1997 roku. Miały one miejsce na stokach antropogenicznie przekształconych (szlaki zrywkowe, wcięcia i nasypy dróg). Największy (długość w osi formy 94 m, szerokość niszy spływu do 15 m) miał miejsce w Międzygórzu, w dolinie Wilczki, około 150 m poniżej wodospadu [Czerwiński, Żurawek 1999]. Oznacza to, że wysoka dobową sumą opadów nie jest jedynym warunkiem wystarczającym do wystąpienia spływów gruzowo-błotnych na stoku. Jednak mimo że warunki morfologiczne obszaru nie uległy zmianie, a sumy i natężenie opadów atmosferycznych były wówczas rekordowe, żaden ze spływów nie miał takich rozmiarów jak ten z lipca 2011 roku. Występowanie spływów gruzowo-błotnych podczas epizodów opadowych o niewielkiej wydajności wskazuje na duże znaczenie ilości opadów w dłuższym okresie poprzedzającym, a typowymi obszarami ich występowania są stoki powyżej górnej granicy lasu [Migoń, Parzóch 2008]. Sumy opadów w miesiącach poprzedzających lipiec 2011 roku nie były w tym regionie duże. W Międzygórzu stanowiły w maju i czerwcu odpowiednio około 82% i 76% normy. Zatem opady atmosferyczne były tylko zapewne jednym z wielu czynników inicjujących grawitacyjny ruch masowy na stokach Masywu Śnieżnika.

**UWARUNKOWANIA HYDROLOGICZNO-GEOMORFOLOGICZNE.** Zdecydowana większość spływów gruzowo-błotnych i osuwisk zachodzi w strefie powyżej górnej granicy lasu, o dużym nachyleniu stoków pokrytych obficie materiałem zwietrzelinowym [Migoń, Parzóch 2008]. Osuwiska zachodzą podczas epizodów opadowych o szczególnie dużej wydajności, jak np. w lipcu 1998 roku w zlewni Bystrzycy Dusznickiej czy w sierpniu 2006 roku w zlewni górnej Kamiennej [Parzóch, Migoń 2010]. Tylko nieliczne takie formy stwierdzono w piętrze leśnym, poniżej 1200 m n.p.m., gdzie powstają w nawiązaniu do form antropogenicznych lub głębokich rozcięć dolinnych [Chmal 1979]. Przykładem takiego osuwiska jest powstałe w piętrze leśnym, w strefie wysokości 800-1100 m n.p.m., podczas opadów rozlewnych w dniach 20-22 lipca 2011 roku na południowo-zachodnim stoku Średniaka w Masywie Śnieżnika [Parzóch i in. 2012]. Obszar ten położony jest w Nadleśnictwie Międzyzlesie, obręb Międzygórze, leśnictwo Jawornica, oddział 214 h. Nachylenie stoków Średniaka w rejonie osuwiska sięga 30-40%, porasta je drzewostan





Ryc. 3.

Przebieg godzinowych sum opadów atmosferycznych w dniach 20-22 lipca 2011  
 Course of hourly totals of atmospheric precipitation in period 20-22 July 2011

świerkowy głównie w III klasie wieku o wysokości 10-15 m. Typ siedliskowy lasu to BGŚW o funkcji ochronnej.

W rejonie Średniaka stwierdzono obecność wcześniejszych drobnych form ruchów masowych oraz uszkodzeń-spękań i rozmyć gruntu [informacja ustna od St. Hantla i Ł. Duszyńskiego z Nadleśnictwa Międzyzlesie]. Prawdopodobnie są one związane z wcześniejszym nasileniem procesów erozyjnych podczas epizodów z ulewnymi czy nawalnymi opadami atmosferycznymi na wylesionych stokach wskutek osłabienia lub zamierania drzewostanów świerkowych w wyniku intensywnego oddziaływania zanieczyszczeń atmosferycznych przez ostatnie kilkadziesiąt lat. Strefy inicjacji osuwisk i spływów gruzowo-błotnych obejmujących pełny profil utworów stokowych zalegających na litej skale związane są z miejscami kumulacji wód pochodzących ze źródeł szczelinowych, spływu powierzchniowego i wód opadowych [Parzóch, Migoń 2010]. Uruchomienie pokryw stokowych i ruchów masowych na stokach Średniaka w lipcu 2011 roku związane było z istnieniem licznych źródeł podokrywowych w tym rejonie [Gorączko 1986; Kryza 1986], które w wyniku obfitego zasilania wodami opadowymi znacznie zwiększyły swoją wydajność, przyczyniając się tym samym do upłynnienia materiału zwietrzelinowego na stoku i jego grawitacyjnego przemieszczenia się do koryta potoku Wilczki. Dodatkowo zjawisku temu sprzyjało duże nachylenie stoku, płytki – talerzowy system korzeniowy świerka (gatunku dominującego w pokryciu terenu) i płytki profil glebowo-zwietrzelinowy.

### Podsumowanie

Szkody powstałe w trzeciej dekadzie lipca 2011 roku w rejonie Masywu Śnieżnika uwarunkowane były rozlewnymi opadami atmosferycznymi oraz czynnikami geomorfologiczno-hydrologicznymi. Wśród tych drugich dominujące znaczenie miała obecność licznych źródeł śródpokrywowych, nachylenie stoków i wcześniejsze uszkodzenie pokryw stokowych od erozji wodnej. Synergia czynników sprawczych doprowadziła do szeregu szkód w infrastrukturze Lasów Państwowych, których straty szacowane są w nadleśnictwach Międzyzlesie i Łądek Zdrój łącznie na kwotę 8 mln zł. Do tego dochodzi spektakularne, największe jak do tej pory w omawianym rejonie, osuwisko na południowo-zachodnich stokach Średniaka. Brak szaty roślinnej w jego obrębie zapewne dalej powodować będzie intensyfikację procesów erozji stokowej i dalszą degradację okalających go drzewostanów referencyjnych, w których nie prowadzi się żadnej gospodarki leśnej. O ile prędzej czy później szkody w infrastrukturze uda się naprawić, w zależności od pozyskanych na ten cel środków finansowych, to całkowicie zniszczony drzewostan i profil glebowy w obrębie osuwiska na stokach Średniaka na zawsze pozostawią ślad w środowisku. Tym bardziej że drzewostany w tym rejonie są zaliczane do referencyjnych, a więc są wyłączone z zabiegów hodowlano-pielęgnacyjnych. Nasuwają się więc pytania: jak zagospodarować powstałą w środku lasu i stoku powierzchnię otwartą, jak uchronić się przed mogącymi nasilać się w tym rejonie kolejnymi procesami denudacji stoków czy degradacji od czynników atmosferycznych nowo powstałych krawędzi lasu?

Osuwisko na Średniaku, podobnie jak i inne wcześniej udokumentowane, z uwagi na rozmiar i powstanie podczas obfitych epizodów opadowych oraz wyraźne jednorazowe przekształcenie różnych elementów środowiska zaliczyć należy do przyrodniczych zdarzeń ekstremalnych. W celu zminimalizowania dalszego ryzyka potencjalnych szkód w infrastrukturze od erozji wodnej słuszne wydaje się, w przypadku dróg leśnych i szlaków turystycznych o dużym spadku, utwardzać ich nawierzchnię, a w przypadku przepustów, o zbyt małym przekroju poprzecznym dla przyjęcia całej objętości przepływu w ciekach stokowych, w miarę możliwości zwiększać ich przekroje.

## Literatura

- Caine N. 1980. The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows. *Geografiska Annaler* 62A: 23-27.
- Chmal H. 1979. Przypadek gwałtownego upłynnienia zwału kopalnianego w rejonie Kowar. W: Jahn A. [red.]. Powódź w 1977 roku i jej skutki na Dolnym Śląsku. Ossolineum, Wrocław. 129-132.
- Chomicz K. 1951. Ulewy i deszcze nawalne w Polsce. *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej* 2 (3): 3-88.
- Czerwiński J., Żurawek R. 1999. Geomorfologiczne skutki powodzi w obszarze górskim. W: Dubicki A., Słota H., Zieliński J. [red.]. Dorzecze Odry – monografia powodzi lipiec 1997. IMGW, Warszawa. 191-200.
- Dubicki A., Malinowska-Małek J. 1999. Wysokość, natężenie i przestrzenny rozkład opadów atmosferycznych. W: Dubicki A., Słota H., Zieliński J. [red.]. Dorzecze Odry – monografia powodzi lipiec 1997. IMGW, Warszawa. 23-44.
- Gil W., Zachara T. 2006. Analiza szkód od wiatru w wybranych drzewostanach świerkowych i sosnowych. *Leśne Prace Badawcze* 67 (4): 77-99.
- Gończko W. 1986. Hydrogeologia źródeł w górnej części zlewni Kamienicy ze szczególnym uwzględnieniem chemizmu wód podziemnych. Praca magisterska. Zakład Meteorologii i Klimatologii, Instytut Geografii, Uniwersytet Wrocławski.
- Kryza H. 1986. Hydrogeologiczne uwarunkowania odpływu podziemnego w zlewni Kamienicy w Masywie Śnieżnika. Praca doktorska. Zakład Hydrogeologii, Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski.
- Migoń P., Parzóch K. 2008. Spływy gruzowe w polskich Karkonoszach – przyczyny, skutki i zagrożenia. *Przegląd Geograficzny* 80 (3): 385-401.
- Mikułowski M. 1998. Zagrożenie upraw spowodowane niską temperaturą. *Las Polski* 20: 8-9.
- Mikułowski M. 2002. Śnieg – sprawca leśnych szkód. *Głos Lasu* 2: 10-12.
- Parzóch K., Migoń P. 2010. Zdarzenia ekstremalne w systemie stokowym – grawitacyjne ruchy masowe i erozja gleb. W: Migoń P. [red.]. Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki. *Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego* 14: 205-239.
- Parzóch K., Pawlik Ł., Solarz A., Witek M. 2012. Osuwisko na stokach Średniaka w Masywie Śnieżnika Kłodzkiego w 2011 roku. *Przyroda Sudetów* 15: 197-208.
- Słownik Meteorologiczny*. 2003. PTGeof., IMGW, Warszawa.
- Urban G. 2002. Warunki termiczne obszarów mrozowiskowych Gór Izerskich i ich wpływ na wzrost lasu. Praca doktorska. Zakład Meteorologii i Klimatologii, Instytut Geograficzny, Uniwersytet Wrocławski.
- Urban G., Bańkowski J., Sobik M. 2000. Wpływ warunków termicznych na wzrost świerka w Górach Izerskich. *Opera Corcontica* 37 (2): 532-535.
- Urban G., Gil W., Zachara T. 2011. Szkody wyrządzone przez gołoledź i śnieg na przykładzie Nadleśnictwa Herby, na tle panujących warunków pogodowych w styczniu 2010 roku. *Leśne Prace Badawcze* 72 (3): 289-295.
- Urban G., Sobik M., Błaś M. 2005. Pośrednie i bezpośrednie znaczenie klimatu w funkcjonowaniu ekosystemów leśnych Gór Izerskich. W: Kostrzewski A., Kolander R. [red.]. *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie geosystemów Polski w warunkach zmian klimatu i różnokierunkowej antropopresji*. Wydawnictwo Naukowe „Bogucki”. 575-586.
- Zachara T. 2006. Problem szkód w lasach powodowanych przez śnieg i wiatr oraz sposoby przeciwdziałania im. *Sylwan* 150 (10): 56-64.
- Zachara T., Urban G., Gil W. 2007. Śniegołomy na terenie RDLP w Olsztynie – analiza zjawiska na przykładzie epizodu w dniach 01-07.11.2006 r. *Leśne Prace Badawcze* 68 (4): 133-142.
- Zajączkowski J. 1984. Postępowanie hodowlane a odporność drzewostanów sosnowych na szkody powodowane przez śnieg. *Sylwan* 128 (9): 19-27.
- Zajączkowski J. 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wyd. „Świat”, Warszawa.

## SUMMARY

### Damage to forest infrastructure in the Śnieżnik Massif caused by heavy rainfall in July 2011 and its conditions

Heavy rainfall occurred in July 2011 on the territory of Poland. It caused local phenomenon related to a geomorphologic recovery slope processes namely a surface washout, trough erosion, surface runoff, sliding of a forest land area, etc. An event of the formation of a mud-stone slide (landslide) and numerous damage to infrastructure in Międzyzlesie and Łądek Zdrój forest districts in the Śnieżnik Massif are examples of the above issue.



The paper presents not only weather conditions, but also geomorphologic and hydrologic factors associated with the occurrence of a landslide. An attempt was made to assess the economic consequences of the landslide in Międzyzylesie and Łądek Zdrój forest districts, where the losses were the most extensive ones. The damage, which was caused in the third decade of July 2011 in the vicinity of the Śnieżnik Massif was conditioned by heavy precipitation that in terms of a daily sum exceeded 100 mm in conjunction with geomorphologic and hydrologic factors. When it comes to the latter, the dominant role was played by the presence of numerous midsoil springs, slope angle and the traces of earlier damage to slope covers caused by a water erosion.

The synergism of causative factors led to the appearance of numerous damage to infrastructure of the State Forests. The losses are estimated at 8 million PLN in total in both forest districts. Additionally, a spectacular and so far the largest landslide in the region, which is situated on the south-western slopes of Mt. Średniak (1210 m. a.s.l) also contributes to the magnitude of the damage. The lack of vegetation in the vicinity of it, is bound to cause both an intensification of erosion processes. What is more, it may lead to a further degradation of reference forest stands surrounding the area where no forest economy takes place. Because of the size of the landslide on Mt. Średniak, its formation during heavy precipitation events and a clear single transformation of many environmental elements, it should be recognised as an extreme environmental event.

In order to minimize further potential risk of damage to infrastructure from water erosion, it seems to be reasonable to harden surface in case of forest roads and tourist tracks with a high fall, whereas focusing on culverts with a too small cross-section so as to adopt the whole volume of a discharge in a slope watercourse, if possible, one should increase its cross-sections.