

**BROSZURA**  
POGODOWE ZJAWISKA EKSTREMALNE  
W REGIONIE TRANSGRANICZNYM POLSKA-SAKSONIA  
Broschüre extreme Wettererscheinungen  
in der grenzüberschreitenden Region Polen-Sachsen



Autorzy: **Bartłomiej Miszuk, Iwona Lejcuś**  
 Redakcja, prace merytoryczno-edycyjne:  
**Bartłomiej Miszuk, Marzenna Strońska,**  
**Iwona Lejcuś, Iwona Zdralewicz**

Zdjęcia: **Iwona Lejcuś, Bartłomiej Miszuk,**  
**Mieczysław Suchta**



Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej  
 Państwowy Instytut Badawczy  
 Zakład Badań Środowiskowych

## WIKT - Wsparcie działań na rzecz ochrony klimatu w regionie transgranicznym

### WIKT - Unterstützung von Klimaschutzmaßnahmen in der Grenzregion

Wsparcie rozwoju kompetencji instytucji rejonu wsparcia oraz kreowanie świadomości ekologicznej społeczeństwa w zakresie ochrony klimatu poprzez wdrożenie akcji na rzecz ochrony klimatu i bioróżnorodności.

Unterstützung der Kompetenzentwicklung von Förderregionseinrichtungen und Schaffung eines ökologischen Bewusstseins für die Gesellschaft im Bereich Klimaschutz durch Umsetzung von Maßnahmen für Klimaschutz und Biodiversität.

Wyłączną odpowiedzialność za zawartość niniejszej publikacji ponoszą jej autorzy.  
 Przedstawione poglądy nie muszą odzwierciedlać oficjalnego stanowiska Unii Europejskiej.

Die in dieser Veröffentlichung zum Ausdruck gebrachten Ansichten dürfen keinesfalls dahingehend interpretiert werden, dass sie die offizielle Meinung der Europäischen Union widerspiegeln.

Okres realizacji projektu / Laufzeit des Projektes: 01.07.2020 – 31.12.2022

Wartość projektu / Gesamtausgaben: 768 641,45 €

Dofinansowanie z Unii Europejskiej: EFRE – 85% / Förderung der Europäischen Union: EFRE – 85%

#### Partner wiodący / Lead-Partner



Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej  
 Państwowy Instytut Badawczy

#### Partnerzy projektu / Projektpartner



FUNDACJA  
 NATURA POLSKA



Nakład: 250 sztuk/ Auflage: 250 Stk, EGZEMPLARZ BEZPŁATNY/ KOSTENLOSES EXEMPLAR

Publikacja dofinansowana ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu.  
 Poglądy autorów i treści zawarte w publikacji nie zawsze odzwierciedlają stanowisko WFOŚiGW

## Wprowadzenie

Warunki klimatyczne oraz związane z nimi ekstremalne zdarzenia pogodowe wywierają coraz większy wpływ na funkcjonowanie współczesnego świata. Szeroki wachlarz obserwowanych skutków zmiany klimatu sprawia, że dotyczą one większości sektorów związanych ze sferą społeczno-ekonomiczną i przyrodniczą. Ich znaczenie stało się szczególnie zauważalne w ostatnich dekadach z uwagi m.in. na rosnącą liczbę ludności na świecie (w tym szczególnie w regionach, gdzie natężenie zjawisk ekstremalnych jest wysokie), a także ze względu na rozwój technologii medialnych, dzięki którym docierają do nas bieżące informacje o zagrożeniach i następstwach ekstremalnej pogody.

Każdego roku skutki różnego rodzaju zdarzeń, wynikających z oddziaływania warunków pogodowych, powodują znaczące straty, zarówno w kontekście istnień ludzkich, jak i pod względem materialnym. Największym problemem jest znaczący wzrost częstotliwości i intensywności zjawisk ekstremalnych. Ocenia się, że w ciągu ostatnich 40 lat roczne straty finansowe w Europie poniesione z tego tytułu wzrosły z 9 miliardów do ponad 13 miliardów Euro, a w sumie w okresie 1980-2017 wyniosły 453 miliardów Euro, stanowiąc 83% wszystkich strat finansowych (<https://www.eea.europa.eu>). Przykładowo szacowana wysokość strat w Europie w poszczególnych latach to: 15 mld € i 28 mld € – straty powodziowe w 2002 i 2021 r., 15 mld € – w wyniku suszy i fali upałów w 2003 r., 13 mld € – huraganowy wiatr zimą 1999 r. i po powodzi w 2000 r. W regionie Polska-Saksonia najdotkliwszym zdarzeniem ostatnich lat była powódź z 2010 r. – straty w gm. Bogatynia oszacowano na 225 mln zł.

W skali globalnej ok. 64% strat jest generowanych przez zjawiska hydrologiczno-meteorologiczne, do których można zaliczyć powodzie, ulewne deszcze czy burze atmosferyczne. Za około 20% strat odpowiadają ekstremalnie wysokie lub niskie wartości temperatury powietrza, susze oraz związane z nimi pożary lasów. Pozostałe 16% strat generują trzęsienia ziemi, erupcje wulkaniczne, tsunami itp. Na uwagę zasługuje fakt, że wysokość strat potęgowana jest skutkami niewłaściwego planowania przestrzennego i wysokim stopniem zagospodarowania terenu. Potencjalne przyczyny wyższych strat to m.in. zabudowa w terenie zalewowym, nadmierne uszczelnianie na terenach zurbanizowanych itd.

Obserwowane trendy zmian, a także symulacje warunków klimatycznych na kolejne dekady, opracowywane na bazie scenariuszy zmiany klimatu, pokazują że częstość występowania i intensywność oddziaływania pogodowych zdarzeń ekstremalnych może w przyszłości jeszcze bardziej wzrosnąć. Raporty IPCC (Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu) wskazują na dalszy wzrost temperatury powietrza, a w konsekwencji również intensyfikację występowania sytuacji pogodowych cechujących się np. znacznym stresem gorąca. Zwiększyć się może również częstość ekstremalnych burz i towarzyszącego im porywistego wiatru oraz zjawisk w postaci opadów gradu. Z uwagi na zmiany cyrkulacyjne, w niektórych obszarach europejskich znacząco

## Einleitung

Die klimatischen Bedingungen und die damit verbundenen extremen Wetterereignisse gehören heute zu den wichtigsten Problemen der Welt. Ein breiter Wirkungsbereich der beobachteten Folgen des Klimawandels verursacht, dass sie einen Einfluss auf die meisten Sektoren haben, die mit dem sozial-wirtschaftlichen und dem Naturbereich verbunden sind. Ihre Bedeutung ist in den letzten Jahrzehnten besonders deutlich geworden, unter anderem durch eine wachsende Weltbevölkerung (vor allem in Regionen mit hoher Intensität von Extremereignissen) und die Entwicklung von Medientechnologien, die uns aktuelle Informationen über die Risiken und Folgen von Extremwetterereignissen liefern.

Jedes Jahr verursachen verschiedene witterungsbedingte Unfälle beträchtliche Schäden, sowohl in Form von Menschenleben als auch in materieller Hinsicht. Das größte Problem extremer Wetterereignisse, ist die erheblich gestiegene Intensität in den letzten Jahrzehnten. Es wird geschätzt, dass sich die jährlichen finanziellen Verluste in Europa, in Folge dieser Ereignisse, von 9 Milliarden € im Jahr 1980 auf über 13 Milliarden € in den letzten Jahre erhöht haben. In dem ganzen Zeitraum 1980-2017 haben sie den Wert von 453 Milliarden € erreicht und bilden 83% aller finanzieller Verluste (<https://www.eea.europa.eu>). Der geschätzte Wert der Verluste in Europa in den einzelnen Jahren liegt beispielsweise bei: Hochwasserverlusten aus dem Jahr 2021 (28 Mrd. €), aus dem Jahr 2002 (15 Milliarden €), nach der Dürre und Hitzewelle im Jahr 2003 (15 Milliarden €), sowie nach dem orkanartigen Wind im Jahr 1999 und dem Hochwasser im Jahr 2000 (13 Milliarden €). Im polnisch-sächsischen Gebiet war in den letzten Jahren am meisten das Hochwasser aus dem Jahr 2010 spürbar – die Verluste in der Gemeinde Bogatynia wurden auf 225 Mio. PLN geschätzt.

Auf globaler Ebene werden ca. 64% der Verluste durch die hydrometeorologischen Ereignisse generiert, zu denen Hochwasser, Starkregen oder Gewitter zählen können. Für ca. 20% der Verluste sind hingegen solche Ereignisse verantwortlich, wie extrem hohe oder niedrige Temperaturen, Dürren sowie die damit verbundenen Waldbrände. Die sonstigen 16% der Verluste folgen aus Erdbeben, Vulkanausbrüchen, Tsunamis usw. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Höhe der Verluste durch die Folgen einer unkorrekten Raumplanung und einen hohen Grad der Flächennutzung verstärkt (erhöht) wird. Die potentiellen Ursachen höherer Verluste sind: Bebauung Überschwemmungsgebieten, übermäßige Versiegelung in den städtebaulich erschlossenen Gebieten usw.

Die beobachteten Trends der Veränderungen, sowie die Simulationen der klimatischen Bedingungen für die weiteren Jahrzehnte, die auf der Grundlage der Szenarien des Klimawandels erarbeitet wurden, zeigen, dass die Häufigkeit des Auftretens und die Intensität der Auswirkung der extremen Wetterereignisse in Zukunft noch mehr steigen können. Die Berichte von IPCC (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) weisen auf einen weiteren Anstieg der



może zmniejszyć się ilość i częstość występowania opadów, zwłaszcza w sezonie letnim, a w konsekwencji częściej może pojawiać się zjawisko suszy. Jednocześnie prognozy zmiany klimatu symulują również wzrost intensywności opadów o silnym natężeniu, które znacząco przyczyniają się do występowania powodzi.

**Celem prezentowanej broszury jest** przedstawienie najważniejszych zagadnień związanych z pogodowymi zdarzeniami ekstremalnymi w obszarze transgranicznym Polska-Saksonia, a także omówienie w jaki sposób zjawiska te mogą kształtować się w przyszłości. Przytoczone informacje pozwolą czytelnikowi na zaznajomienie się z zakresem i cechami charakterystycznymi zdarzeń ekstremalnych w omawianym regionie.

Głównym zadaniem projektu WIKT (Wsparcie działań na rzecz ochrony klimatu w regionie transgranicznym) jest budowanie świadomości ekologicznej społeczeństwa w zakresie aspektów związanych z klimatem i ekstremalnych zdarzeń pogodowych. Obszarem analiz objęto teren wsparcia Programu Współpracy INTERREG Polska-Saksonia 2014-2020, a w szczególności powiaty położone w województwie dolnośląskim i lubuskim (tj. bolesławiecki, jaworski, jeleniogórski, lubański, lwówecki, kamiennogórski, zgorzelecki, zlotoryjski, żarski, m. Jelenia Góra) oraz na terenie Saksonii

Lufttemperatur und in der Folge auch eine Intensivierung des Auftretens der Wettersituationen hin, die durch einen erheblichen Hitzestress gekennzeichnet werden. Auch die Häufigkeit des Auftretens von extremen Gewittern, des damit verbundenen böigen Windes und der Ereignisse in Form von Hagel können steigen. In Hinsicht auf die Zirkulationsänderungen können sich in einigen europäischen Gebieten die Menge und die Häufigkeit des Auftretens von Niederschlägen, insbesondere in der Sommersaison wesentlich verringern und in der Folge kann es häufiger zu Dürreereignissen kommen. Gleichzeitig simulieren die Prognosen des Klimawandels auch eine Erhöhung der Intensität von Starkniederschlägen, die einen wesentlichen Beitrag zu Hochwassern leisten.

**Ziel der Broschüre ist es,** die wichtigsten Fragen zu schildern, die mit den extremen Wetterereignissen in dem grenzüberschreitenden Gebiet Polen-Sachsen verbunden sind, sowie zu besprechen, in welcher Art sich das Auftreten dieser Ereignisse in Zukunft zeigen kann. Die angeführten Informationen werden dem Leser ermöglichen, sich mit dem Umfang und den charakteristischen Merkmalen der extremen Ereignisse in der betreffenden Region vertraut zu machen.

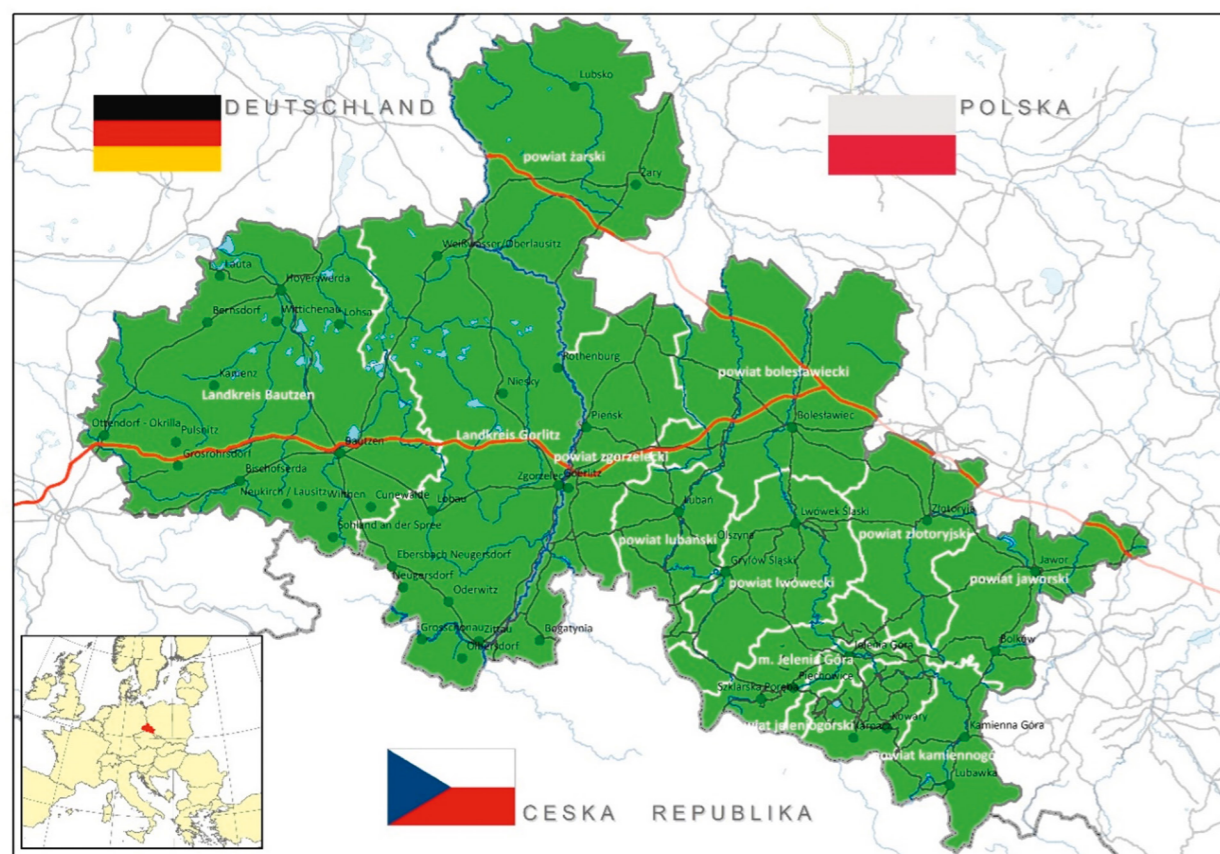
Das Ziel des Projektes WIKT (Unterstützung für Maßnahmen zum Schutz des Klimas in der grenzüberschreitenden Re-

(Bautzen i Görlitz). Wszystkie realizowane w ramach projektu WIKT działania mają na celu wspieranie zrównoważonego rozwoju regionu transgranicznego pogranicza polsko-saksońskiego i poprawa jakości życia lokalnych społeczności, z jednoczesnym poszanowaniem środowiska przyrodniczego w warunkach zmieniającego się klimatu.

Projekt WIKT prowadzony jest przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (lider) oraz partnerów: SAPOS gemeinnützige GmbH, Fundację Ekologiczną Zielona Akcja i Fundację Natura Polska, przy udziale środków EFRR (INTERREG Polska-Saksonia) oraz dofinansowaniu Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu.

gion) besteht darin, ein Bewusstsein für Umwelt und Klima und die damit verbundenen Aspekte extremer Wetterereignisse, in der Bevölkerung zu erzeugen. Das Gebiet der Analysen, die im Rahmen des WIKT-Projektes vorgenommen wurden, ist das Fördergebiet des Kooperationsprogramms INTERREG Polen-Sachsen 2014-2020. Die Analysen umfassen die Landkreise, die in den Woiwodschaften Niederschlesien und Lebus (d.h. Bolesławiecki, Jaworski, Jeleniogórski, Lubański, Lwówecki, Kamiennogórski, Zgorzelecki, Zlotoryjski, Żarski, die Stadt Jelenia Góra) und in Sachsen (Bautzen und Görlitz) gelegen sind. Alle im Rahmen des WIKT-Projektes realisierten Maßnahmen haben zum Ziel, die nachhaltige Entwicklung der grenzüberschreitenden Region des polnisch-sächsischen Grenzgebietes unter Einbeziehung der Einwohner des Fördergebietes mit gleichzeitiger Beachtung der Umwelt unter sich ändernden klimatischen Bedingungen zu unterstützen.

Die Broschüre über die extremen Wettererscheinungen ist eine der Aufgaben des grenzüberschreitenden WIKT-Projektes, das von Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (führende Partner) und SAPOS gemeinnützige GmbH, Fundacja Ekologiczna Zielona Akcja, Fundacja Natura Polska (Partner) durchgeführt wird. Das Projekt wird mithilfe von EFRE-Mitteln (INTERREG Polen-Sachsen) und Förderung durch den Woiwodschaftsfonds für Umweltschutz und Wasserwirtschaft in Wrocław (poln. Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu) realisiert.



Obszar wsparcia Programu Współpracy INTERREG Polska-Saksonia 2014-2020 (oprac. własne IMGW-PIB).  
Fördergebiet des Kooperationsprogramms INTERREG Polen-Sachsen 2014-2020 (eigene Erarbeitung).

## Charakterystyka bieżącej sytuacji klimatycznej

Omawiany region transgraniczny Polska-Saksonia położony jest w strefie klimatu umiarkowanego o charakterze przejściowym i charakteryzuje się stosunkowo niewielkimi różnicami temperatury powietrza w ciągu roku, a także dość równomiernym przebiegiem opadów, z przewagą sum notowanych w okresie letnim. Na omawianym terenie pogodowe zjawiska ekstremalne występowały w przeszłości, ale obecnie obserwowane jest nasilenie ich częstotliwości i intensywności. Aktualne i historyczne dane pomiarowe oraz prognozy modelowe potwierdzają, że zmiana klimatu dotyka również ten region. To ważny argument, aby uwzględniać ryzyko ekstremalnych zjawisk pogodowych w dokumentach planistycznych pogranicza polsko-saksońskiego i tym samym zapobiegać lub ograniczać ewentualne straty w przyszłości. Z uwagi na szeroki zakres oddziaływania zmiany klimatu, zapobieganie jej jest niezwykle istotne zarówno w przypadku podmiotów związanych z gospodarką, jak i dla samorządów lokalnych i mieszkańców obszarów wsparcia.

Do najważniejszych zagrożeń można zaliczyć: **fale upałów, fale zimna, burze atmosferyczne, silny wiatr, intensywne opady atmosferyczne powodujące powodzie odrzeczne i miejskie, a także susze**. W tym kontekście należy również podkreślić znaczne zróżnicowanie geograficznego regionu, zwłaszcza pod względem wysokościowym i morfologicznym. Na terenie obszarów górskich (Sudety i Góry Żytawskie) zjawiska takie jak silny wiatr, intensywne opady (i powodzie) oraz fale zimna przybierają bardziej intensywny charakter niż na nizinach, gdzie większym zagrożeniem są fale upałów i susze.

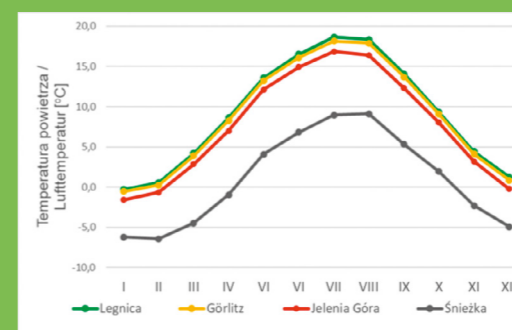


Ulice miast w czasie ulewnego deszczu (fot. I. Lejcuś).  
Stadtstraßen bei einem Starkregen (Fot. I. Lejcuś).

## Charakteristik der aktuellen klimatischen Situation

Die betreffende grenzüberschreitende Region Polen-Sachsen liegt in der gemäßigten Zone mit Übergangscharakter und wird durch relativ geringe Unterschiede der Lufttemperatur innerhalb eines Jahres, sowie einen ziemlich gleichmäßigen Verlauf der Niederschläge, mit den höchsten Mengen während der Sommerzeit, gekennzeichnet. In dem betreffenden Gebiet traten bereits in der Vergangenheit extreme Wettererscheinungen auf. Aktuell ist jedoch eine Steigerung in Häufigkeit und Intensität dieser Ereignisse zu beobachten. Die klimatischen Veränderungen werden nicht nur unter aktuellen und historischen Gesichtspunkten beleuchtet, sondern auch im Hinblick auf die nächsten Jahrzehnte beobachtet und prognostiziert. Angesichts der weitreichenden Auswirkungen des Klimawandels ist die Prävention von Extremereignissen sowohl für die Wirtschaft als auch für die lokalen Selbstverwaltungen und die Bewohner der Fördergebiete von entscheidender Bedeutung.

Zu den wichtigsten Ereignissen kann **Hitze- sowie Kältewellen, Gewitter, Stürme, Starkniederschläge, die Hochwasser** verursachen, sowie **Dürren** zählen. In diesem Kontext ist auch eine erhebliche geographische Differenzierung der Region, insbesondere in Hinsicht auf die Höhe und die Morphologie zu betonen. In den Berggebieten (Sudeten und Zittauer Gebirge), die im südlichen Teil der Region gelegen sind, haben solche Erscheinungen und das Auftreten von Dürren durch eine größere wie Stürme und Starkniederschlag (und Hochwasser) sowie Kältewellen einen intensiveren Charakter im Vergleich zum Flachland. In den tiefer gelegenen Gebieten werden hingegen Hitzewellen Intensität gekennzeichnet.

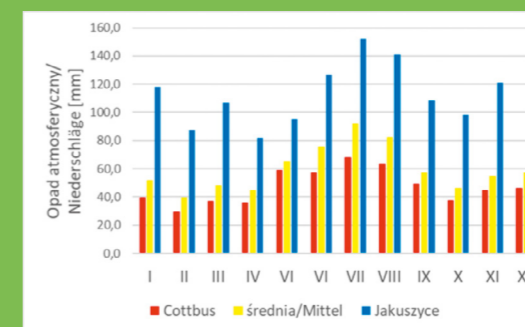


Przebieg roczny średnich wartości temperatury powietrza na stacjach Legnica (niziny), Görlitz (przedgórze), Jelenia Góra (niższe piętra gór) i Śnieżka (szczytowa partia gór).

Jahresverlauf der Mittelwerte der Lufttemperatur an den Stationen: Legnica (Flachland), Görlitz (Vorgebirge), Jelenia Góra (niedrigere Höhenstufen) und Schneekoppe (poln. Śnieżka) (Gipfelzone der Berge).

W omawianym obszarze obserwowane są dość wyraźne różnice w warunkach klimatycznych, zwłaszcza w zakresie temperatury powietrza i opadów atmosferycznych. Średnia obszarowa temperatura dla całego regionu wynosi nieco ponad 7,5°C, przy czym w nizinnych regionach północnych przekracza 9°C. W części południowej, gdzie położone są Sudety i Góry Żytawskie oraz obszary podgórskie, temperatura powietrza cechuje się niższymi wartościami. W przypadku niższych pięter gór i kotlin śródogórskich (jak np. Kotlina Jeleniogórska) jest ona średnio o 1,5-2,0°C niższa w porównaniu do nizin.

In dem betreffenden Gebiet werden ziemlich deutliche Unterschiede in den klimatologischen Bedingungen, insbesondere im Bereich der Lufttemperatur und des Niederschlags beobachtet. Die mittlere räumliche Temperatur für die ganze Region beträgt etwas mehr als 7,5°C, wobei in den nördlichen Flachlandregionen ihr Jahresmittelwert 9°C übersteigt. In dem südlichen Teil, wo die Sudeten und das Zittauer Gebirge, sowie die Gebirgsgegenden gelegen sind, wird die Lufttemperatur durch niedrigere Werte gekennzeichnet. In den niedrigeren Höhenstufen und den Talkesseln (wie z.B. Hirschberger Tal, poln. Kotlina Jeleniogórska) ist sie durchschnittlich 1,5-2,0°C niedriger im Vergleich zum Flachland.



Przebieg roczny średniej obszarowej sumy opadów atmosferycznych oraz sum opadów na stacjach reprezentujących część nizinną (Cottbus) i górską (Jakuszyce).

Jahresverlauf der mittleren räumlichen Niederschlagssumme und der Niederschlagssummen an den Stationen, die den Flachlandteil (Cottbus) und den Gebirgstiel (Jakuszyce) vertreten.

Podobnie jak w przypadku temperatury powietrza, również pod względem opadów atmosferycznych omawiany region cechuje się znacznym zróżnicowaniem. Najistotniejszym czynnikiem jest wysokość bezwzględna. Obszary górskie, przede wszystkim Karkonosze i Góry Izerskie, cechują się zdecydowanie najwyższymi sumami rocznymi, osiagającymi w ciągu roku 1131 mm (Śnieżka) i 1376 mm (Jakuszyce). W niższych piętrach gór oraz na przedgórzu wartości te kształtują się na poziomie 700-800 mm, a na nizinach 600-700 mm.

Ähnlich wie bei der Lufttemperatur, auch in Hinsicht auf den Niederschlag wird die betreffende Region durch eine bedeutende Differenzierung gekennzeichnet. Der wichtigste Faktor, der die Differenzierung der Niederschlagssummen verursacht, ist die absolute Höhe. Die Berggebiete, vor allem Riesengebirge und Isergebirge werden durch eindeutig höchste Jahressummen gekennzeichnet, die im Laufe eines Jahres 1131 mm (Schneekoppe poln. Śnieżka) und 1376 mm (Jakuszyce) erreichen. In den niedrigeren Höhenstufen und im Vorgebirge erreichen sie meistens die Werte von 700-800 mm, und im Flachland 600-700 mm.

## Ekstremalne zjawiska pogodowe

Ekstremalne warunki pogodowe są związane zarówno z anomalnie wysokimi, jak i niskimi wartościami temperatury powietrza, brakiem lub intensywnymi opadami atmosferycznymi oraz pojawiającymi się regularnie burzami i bardzo wysoką prędkością wiatru. Poniżej omówiono najbardziej charakterystyczne dla regionu transgranicznego Polska-Saksonia ekstremalne sytuacje pogodowe oraz ich skutki dla mieszkańców, środowiska i infrastruktury.

### FALE UPAŁÓW

Jednym z najbardziej powszechnych zdarzeń zarówno w regionie polsko-saksońskim, jak i w całej Europie są fale upałów. Według niektórych badań naukowych, w ostatnich dekadach były one odpowiedzialne za około 1/4 wszystkich ekstremalnych zjawisk pogodowych na świecie.

Dni upalne (z temperaturą powietrza przekraczającą 30°C) oraz fale upałów (gdy temperatura powietrza przekracza 30°C przez co najmniej 3 kolejne dni) są niezwykle szkodliwe zwłaszcza dla osób starszych oraz borykających się z chorobami układu krwionośnego i oddechowego. Z tego względu region transgraniczny Polska-Saksonia jest szczególnie podatny na ten rodzaj zagrożenia. Po pierwsze znaczna część mieszkańców, zwłaszcza po niemieckiej stronie, to osoby powyżej 65 roku życia; w całym regionie stanowią one ponad połowę ogólnej liczby mieszkańców. Po drugie w gminach Bad Muskau, Jonsdorf, Świeradów-Zdrój oraz w Jeleniej Górze (Cieplice-Zdrój) funkcjonują sanatoria, gdzie przebywają często osoby starsze, z różnego rodzaju schorzeniami, w tym również kardiologicznymi i układu oddechowego. Dodatkowo w regionie Polska-Saksonia, a zwłaszcza jego południowej części, intensywnie rozwija się turystyka, w tym piesza turystyka górską. W czasie wędrowek, przy znacznym nachyleniu szlaku i upalnej pogodzie, znacznie wzrasta obciążenie układu krwionośnego. Latem, przy prędkości poruszania się wynoszącej nieco ponad 3 km/godz. i nachyleniu stoku osiagającym 5%, trudne warunki termiczne w niższych piętrach gór występują przez niemal połowę sezonu.

Okresy z wysokimi temperaturami powietrza (dni upalne, fale upałów) są szczególnie uciążliwe na terenach miejskich. Wynika to z dużego udziału powierzchni wybetonowanych, wyasfaltowanych, które mocno absorbują energię słoneczną, a następnie wypromieniowują ją nawet przez kilka godzin. Budynki, ulice i place przyczyniają się do znacznego wzrostu temperatury w ciągu dnia w porównaniu do obszarów naturalnych, a różnice te w okresie letnim między gęsto zabudowanymi centrami miast a terenami otwartymi z naturalną powierzchnią mogą dochodzić nawet do 2-3 stopni. Tego typu zjawisko określane jest mianem miejskiej wyspy ciepła. Z powyższych względów niezwykle istotne jest uwzględnienie w planowaniu różnego rodzaju terenów zielonych oraz zbiorników wodnych, które lokalnie w znacznym stopniu pomogą złagodzić warunki termiczne i wilgotnościowe. W regionie transgranicznym Polska-Saksonia warunki typowe dla miejskiej wyspy ciepła mogą występować na terenie większych miast, tj. Görlitz, Zgorzelec, Budziszyna, Jeleniej Góry itp.

## Extreme Wettererscheinungen

Die extremen Wetterbedingungen sind mit sowohl anomal hohen als auch niedrigen Lufttemperaturen, mangelnden oder sehr intensiven Niederschlägen sowie regelmäßig auftretenden Gewittern und sehr hohen Windgeschwindigkeiten verbunden. Nachfolgend sind die extremen Wettersituationen, die für die grenzüberschreitende Region Polen-Sachsen am charakteristischsten sind, einschl. der Schilderung der meteorologischen Aspekte sowie der Folgen für die Einwohner, Umwelt und Infrastruktur des betreffenden Gebietes dargestellt.

### HITZEWELLEN

Eines der häufigsten extremen Wetterphänomene sowohl in der polnisch-sächsischen Region als auch in ganz Europa sind Hitzewellen. Einigen wissenschaftlichen Studien zufolge waren sie in den letzten Jahrzehnten für etwa ein Viertel aller extremen Wetterereignisse in der Welt verantwortlich.

Heiße Tage (Lufttemperatur von über 30°C) und Hitzewellen (Lufttemperatur übersteigt 30°C an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen) können besonders für ältere Menschen und Personen mit Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen schädlich sein. Die Grenzregion Polen-Sachsen ist aus verschiedenen Gründen besonders anfällig für die Auswirkungen von Hitzewellen. Zum einen ist ein erheblicher Teil der Einwohner, insbesondere auf deutscher Seite, über 65 Jahre alt. Es wird geschätzt, dass sie in der gesamten Region mehr als die Hälfte der Gesamtbevölkerung ausmachen. Ein zweiter wichtiger Aspekt sind die Kurhäuser in den Gemeinden Bad-Muskau, Jonsdorf, Świeradów-Zdrój und Jelenia Góra (Cieplice-Zdrój), wo sich oft ältere Menschen mit verschiedenen Erkrankungen, einschließlich Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, aufhalten. Ein dritter wichtiger Grund ist der touristische Charakter der Region, insbesondere des südlichen Teils, der den Zustrom einer großen Zahl von Menschen im Sommer begünstigt. Die Westsudeten und das Isergebirge sind Gebiete, die von Touristen gerne besucht werden. Bei Bergwanderungen, mit einer erheblichen Steigung des Weges, kann es bei heißem Wetter zu einer erheblichen Belastung des Kreislaufsystems kommen. Im Sommer, bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von etwas mehr als 3 km/h und einer Hangneigung von 5 % kommt es in den unteren Höhenlagen des Gebirges an fast der Hälfte der Tage während dieses Zeitraums zu thermischen Bedingungen, die das Herz-Kreislauf-System belasten.

Perioden mit hohen Lufttemperaturen (Hitzetage, Hitzewellen) sind in städtischen Gebieten besonders belastend. Dies ist auf den hohen Anteil betonierter und asphaltierter Oberflächen zurückzuführen, die die Sonnenenergie stark absorbieren und sie sogar mehrere Stunden lang abgeben. Gebäude, Straßen und Plätze tragen zu einem deutlichen Anstieg der Tagestemperatur im Vergleich zu natürlichen Gebieten bei. Im Sommer kann der Unterschied zwischen dicht bebauten Innenstädten und Freiflächen mit natürlicher Oberfläche bis zu 2-3 Grad betragen. Ein solches Phänomen wird als städtische Wärmeinsel bezeichnet. Aus diesen Gründen ist es besonders wichtig, in der Planung verschiedene Grünanlagen und Gewässer zu berücksichtigen, die lokal, in großem Maße helfen werden, die Wärme- und Feuchtigkeitsbedingungen zu mildern. Im Falle der grenzüberschreitenden Region Polen-Sachsen können die, für eine städtische Wärmeinsel typischen Bedingungen in den größeren Städten wie z.B. in Görlitz, Zgorzelec, Bautzen, Jelenia Góra usw. auftreten.



W czasie fali upałów na terenie miast często montowane są zraszacze zapewniające komfort termiczny przechodniom (fot. B. Miszuc).  
Während der Hitzewellen werden oft im Gebiet der Städte Berieselungsanlagen montiert, die den Passanten einen thermischen Komfort gewährleisten (Fot. B. Miszuc)

Dni upalne są najczęściej obserwowane na obszarach nizinnych, gdzie mogą występować przez 9-12 dni w roku. Ich liczba nieco spada w terenach podgórskich, zaś w niższych piętrach gór osiąga wartość 4-5 dni w roku; w najwyższych partiach gór nie odnotowano takich dni. Wyjątkowo gorące sezony letnie wystąpiły w latach 2015, 2018 i 2019, kiedy łączna roczna liczba dni upalnych wahała się od 23 w niższych piętrach gór do 25-27 na przedgórzu oraz 30-32 w nizinnej części regionu. Podobnie jak w przypadku liczby dni upalnych, najwięcej fal upałów wystąpiło w 2015 r., kiedy na uwzględnionych stacjach zanotowano 4-5 takich przypadków. Sezony letnie 1994 i 2015 cechowały się najdłuższymi falami upałów, które trwały od 6-9 dni w niższych piętrach gór do 11-12 dni na przedgórzu i nizinach. Sytuacje pogodowe z kolejnymi 12-13 dniami upalnymi w obszarach nizinnych i na przedgórzu zostały również zaobserwowane w latach 2015 i 2018.

Hitzetage werden am häufigsten in Tieflandgebieten beobachtet, wo sie an 9-12 Tage im Jahr auftreten können. Ihre Anzahl sinkt ein wenig in der Gebirgsgegend; in den niedrigeren Höhenlagen liegt sie bei 4-5 Tagen im Jahr, und in den höchsten Teilen der Berge wurden solche Tage nicht verzeichnet. Die ungewöhnlich heißen Sommerperioden traten in den Jahren 2015, 2018 und 2019 auf, als die jährliche Gesamtzahl der Hitzetage von 23 in den unteren Höhenstufen der Berge, bis zu 25-27 im Vorgebirge und 30-32 im Tiefland der Region reichte. Ähnlich wie im Falle der Anzahl der heißen Tage, kamen die meisten Hitzewellen im Jahr 2015 vor, als an den berücksichtigten Stationen 4-5 solcher Fälle verzeichnet wurden. Die Sommersaisons 1994 und 2015 wurden durch die längsten Hitzewellen gekennzeichnet, die von 6-9 Tagen in den niedrigeren Höhenstufen bis 11-12 Tagen im Vorgebirge im Flachland dauerten. Die Wettersituationen mit den weiteren 12-13 heißen Tagen im Flachland sowie im Vorgebirge wurden in den Jahren 2015 und 2018 beobachtet.

## FALE ZIMNA

Mimo że globalna temperatura rośnie, zarówno na terenie Niemiec, jak i Polski nadal występują fale zimna, tj. okresy z co najmniej 3 kolejnymi dniami z temperaturą minimalną wynoszącą mniej niż  $-10^{\circ}\text{C}$ . Mają one znaczny wpływ na zdrowie człowieka, gospodarkę i środowisko naturalne.

Występowanie warunków termicznych związanych z przymrozkami, mrozami i falami zimna jest w regionie Polska-Saksonia uwarunkowane przede wszystkim wysokością bezwzględną. Na nizinach i wyżynach (Cottbus, Legnica, Drezno, Görlitz) średnia roczna liczba dni z przymrozkami (ze spadkiem temperatury minimalnej powietrza poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ ) kształtuje się na poziomie od 78 do 90. W najwyższych partiach gór, na Śnieżce, przymrozki występują przez większą część roku

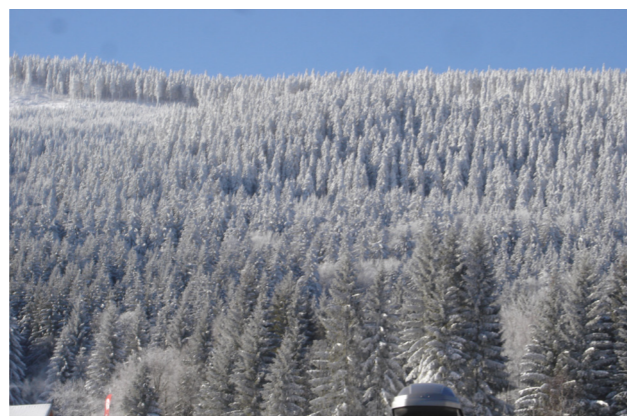


Towarzysząca falam zimna pokrywa śnieżna znacznie podnosi atrakcyjność turystyczną obszarów górskich. Jednocześnie powoduje ona poważne utrudnienia w transporcie oraz wpływa obciążająco m.in. na stan drzewostanu oraz zadaszenia budynków (fot. I. Lejcuś).  
Die Schneedecke, die die Kältewellen begleitet, erhöht wesentlich die touristische Attraktivität der Berggebiete. Gleichzeitig verursacht sie jedoch erhebliche Erschwerungen im Transport und hat einen belastenden Einfluss u.a. auf den Zustand des Baumbestandes und die Gebäude-dächer (Fot. I. Lejcuś).

## KÄLTEWELLEN

Obwohl die globale Temperatur steigt, sind sowohl in Deutschland als auch in Polen Kältewellen typisch (Zeiträume mit zumindest drei aufeinanderfolgenden Tagen mit einer Mindesttemperatur von weniger als  $-10^{\circ}\text{C}$ ). Sie haben einen erheblichen Einfluss auf die Gesundheit der Menschen, verschiedene Wirtschaftszweige, sowie die Umwelt.

Die thermischen Bedingungen im Zusammenhang mit Bodenfrost, Frost und Kälte in der Region Polen-Sachsen sind vor allem durch die absolute Höhenlage bedingt. Bei dem Bodenfrost, dessen charakteristisches Merkmal ein Rückgang der Mindesttemperatur der Luft auf weniger als  $0^{\circ}\text{C}$  ist, schwankt im Flachland und in den Hochebenen (Cottbus, Legnica, Dresden, Görlitz) die mittlere jährliche Anzahl der Tage von 78 bis 90. In den höchsten



– średnio 199 dni (rekord wynosi 227 dni). Z kolei średnia liczba dni mroźnych, kiedy temperatura powietrza jest przez całą dobę niższa od  $0^{\circ}\text{C}$ , na nizinach, wyżynach i w niższych partiach gór kształtuje się na poziomie 20-27, a strefie szczytowej wynosi 124 dni. Fale zimna w omawianym obszarze występują ze średnią roczną częstością osiagającą 3-5 dni na nizinach, 9 dni w niższych partiach gór oraz 22 dni w najwyższych partiach Karkonoszy.

W regionie transgranicznym Polska-Saksonia częstość występowania typów pogody cechujących się niskimi wartościami temperatury powietrza jest dość zróżnicowana ze względu na wysokość nad poziomem morza oraz ukształtowanie i użytkowanie terenu. Spadki temperatury powietrza poniżej  $0^{\circ}\text{C}$  są często spotykane zwłaszcza w obszarach górskich oraz w lokalnych obniżeniach terenu i stanowią poważne utrudnienia w komunikacji – zarówno drogowej, jak i kolejowej. Bardzo niekorzystnym zjawiskiem jest częsta zmiana temperatury w ciągu doby z dodatniej na ujemną, i odwrotnie, co powoduje regularne wnikanie wody w szczeliny dróg, zamarzanie, a w konsekwencji niszczenie nawierzchni.

Nie należy zapominać, że tego typu warunki termiczne sprzyjają utrzymywaniu się pokrywy śnieżnej, co również negatywnie wpływa na wspomniany sektor transportowy. W górach i na przedgórzu, panujące przez dłuższy czas niskie temperatury powietrza obciążają dodatkowo sektor energetyczny, z uwagi na większe zapotrzebowanie na ogrzewanie pomieszczeń.

Wpływ pogody zimnej, zwłaszcza przymrozków, jest szczególnie widoczny w rolnictwie i leśnictwie, sektorach mających duże znaczenie w obszarze wsparcia. Na przymrozki narażone są zwłaszcza tereny rolne zlokalizowane na przedgórzu i dolinach oraz obszary leśne w górach i kotlinach śródgórkich. Badania prowadzone w Górach Izerskich, gdzie częstość i intensywność przymrozków jest bardzo wysoka, potwierdziły, że straty z tego tytułu mogą znacząco wpływać na gospodarkę leśną tego regionu.

Jednym z najważniejszych aspektów występowania fal zimna jest ich wpływ na zdrowie człowieka. Niskie wartości temperatury powietrza mogą prowadzić do odmrożeń, wychłodzenia organizmu oraz zwiększają ryzyko chorób sezonowych. Ekstremalnie niskie temperatury powietrza, poniżej  $-20^{\circ}\text{C}$ , i towarzyszące im wysokie prędkości wiatru i duża wilgotność powietrza, mogą – przy braku bezpośredniego promieniowania słonecznego – powodować odmrożenia twarzy po 3-4 minutach, a palców po zaledwie 30-40 sekundach. Taka mroźna pogoda występuje znacznie częściej w obszarach górskich niż na nizinach.

Teilen der Berge, auf der Schneekuppe kommt Bodenfrost in der meisten Zeit des Jahres, durchschnittlich 199 Tage lang vor, ihre höchste Zahl lag bei 227 Tagen. Frostige Tage, wenn die Lufttemperatur rund um die Uhr niedriger als  $0^{\circ}\text{C}$  ist, kommen im Flachland, in den Hochebenen und in den niedrigeren Höhenstufen durchschnittlich 20-27 Tage lang, und in der Gipfelzone 124 Tage lang vor. Die Kältewellen in dem betreffenden Gebiet treten mit einer mittleren jährlichen Häufigkeit von 3-5 Tagen im Flachland, 9 Tagen in den niedrigeren Höhenstufen und 22 Tagen in den höchsten Teilen des Riesengebirges auf.

In der Grenzregion Polen-Sachsen ist die Häufigkeit von Wettertypen mit niedrigen Lufttemperaturen sehr unterschiedlich, da die verschiedenen Gebiete unterschiedlich hoch sind und sich auch in ihrer Form und Nutzung unterscheiden. Senkung der Lufttemperatur unter  $0^{\circ}\text{C}$ , die insbesondere in Bergregionen und bei lokalen Absenkungen häufig zu beobachten ist, stellt sowohl auf der Straße als auch auf der Schiene eine erhebliche Beeinträchtigung des Verkehrs dar. Sehr ungünstig sind auch Situationen, die mit einem häufigen Wechsel der Temperatur über bzw. unter den Wert von  $0^{\circ}\text{C}$  innerhalb von 24 Stunden verbunden sind, was eine regelmäßige Durchdringung des Wassers in die Straßenfugen, sowie das Einfrieren, und in der Folge Zerstörung der Decke verursacht.

Man darf nicht vergessen, dass derartige Temperaturbedingungen auch ein Faktor sind, der das Liegenbleiben der Schneedecke begünstigt, was wiederum einen negativen Einfluss auf den erwähnten Transportsektor hat. In den Bergen und im Vorgebirge, wo diese Bedingungen über einen längeren Zeitraum auftreten, stellen sie, besonders durch den höheren Heizbedarf, auch eine Belastung für den Energiesektor dar.

Der Einfluss des kalten Wetters, insbesondere mit Bodenfrost, ist im Land- und Forstwirtschaft sichtbar. Beide Sektoren sind von großer Bedeutung im Fördergebiet. Die im Vorgebirge und in den Tälern gelegenen landwirtschaftlichen Gebiete sind dem Bodenfrost ausgesetzt. Im Falle der Forstwirtschaft werden die größten Schäden, die mit der Auswirkung des Bodenfrostes verbunden sind, in den Bergen und den Talkesseln verzeichnet. Man muss an dieser Stelle erwähnen, dass diese Gebiete durch einen sehr großen Anteil an Waldgebieten (z.B. Wälder in dem Nationalpark Riesengebirge) gekennzeichnet sind. Die im Gebiet des Isergebirges durchgeführten Untersuchungen, wo die Häufigkeit und Intensität des Bodenfrostes sehr hoch ist, haben nachgewiesen, dass die Verluste im Baumbestand in der Winterzeit einen erheblichen Einfluss auf die Forstwirtschaft in dieser Region haben können.

Einer der wichtigsten Sektoren, der für die Auswirkung von Kältewellen anfällig ist, ist die Gesundheit des Menschen. Niedrige Lufttemperaturen haben einen Einfluss auf Erfrierungen, Wärmeverlust des Körpers und größere Anfälligkeit für saisonbedingte Krankheiten. In den Berggebieten kommen die mit dem Auftreten des Frostwetters verbundenen Bedingungen unvergleichlich häufiger als im Flachland vor. Bei extrem niedrigen Lufttemperaturen von unter  $-20^{\circ}\text{C}$  und der damit verbundenen hohen Windgeschwindigkeit und Luftfeuchtigkeit sowie mangelnder direkter Sonneneinstrahlung, kann es schon nach 3-4 Minuten zur Erfrierung im Gesicht, und nach 30-40 Sekunden zu Erfrierungen an den Fingern kommen.

### BURZE ATMOSFERYCZNE I SILNY WIATR

Niewątpliwie do najbardziej spektakularnych, a zarazem destrukcyjnych, pogodowych zjawisk ekstremalnych można zaliczyć burze atmosferyczne oraz silny wiatr. Wysoka prędkość wiatru jest często zjawiskiem towarzyszącym burzom, ale może również wynikać ze znacznego gradientu ciśnienia na stosunkowo niewielkim obszarze. Większość strat odnotowywanych w wyniku oddziaływania obu zjawisk stanowią te, powstałe wskutek znacznych porywów wiatru, w mniejszym stopniu są one uwarunkowane wyładowaniami atmosferycznymi czy opadami gradu.

Występowanie silnego wiatru w czasie niektórych typów pogody niżowej jest typowe dla umiarkowanej strefy klimatycznej i jest zjawiskiem powszechnie występującym w Europie. Każdego roku obserwowanych jest kilka sytuacji, kiedy układy baryczne sprzyjają występowaniu silnego wiatru, którego prędkość może osiągać wielkości typowe dla wiatru huraganowego.



### GEWITTER UND STARKER WIND

Zu den spektakulärsten und gleichzeitig zerstörerischen extremen Wettererscheinungen kann man zweifellos Gewitter und starken Wind zählen. Die hohe Windgeschwindigkeit ist oft ein Phänomen, das mit den Gewittern einhergeht, kann aber auch aus einem erheblichen Druckgradient in einem relativ kleinen Gebiet folgen.

Die meisten Verluste, infolge dieser Erscheinungen, entstehen durch heftige Böen, in kleinerem Maße sind sie durch die Entladungen in der Atmosphäre oder den Hagel bedingt. Das Auftreten von starkem Wind bei einigen Typen des Tiefdruckwetters ist für die gemäßigte Klimazone typisch und es ist ein Phänomen, das in Europa allgemein vorkommt.

Jedes Jahr werden einige Situationen beobachtet, wenn die Drucksysteme für das Auftreten starker Winde günstig sind, dass deren Geschwindigkeiten Werte erreichen, die typisch für orkanartige



Drzewa, uszkodzone przez uderzenie pioruna w czasie burzy (fot. I. Lejcuś).  
Die Bäume, die durch einen Blitzschlag während des Gewitters beschädigt wurden (Fot. I. Lejcuś).

W ostatnich latach do najważniejszych epizodów zaliczyć można m.in. huragan Ciara (Sabina) z lutego 2020 r., kiedy prędkość wiatru w porywach w nizinnej części regionu polsko-saksońskiego przekraczała miejscami 30 m/s, a w szczytowych partiach Karkonoszy dochodziła do 55 m/s. Podobne wartości stwierdzono również dla huraganu Emma, który wystąpił na przełomie lutego i marca 2008 r. Zdarzeniem o szczególnie intensywnym natężeniu był huragan Cyryl, który uderzył w styczniu 2007 r. W wielu miejscach obszar polsko-saksońskiego zanotowano wówczas rekordowe prędkości wiatru, na nizinach lokalnie dochodzące do 40 m/s. Na Śnieżce prędkość wiatru przekroczyła skalę anemometru (ponad 70 m/s).

Burze atmosferyczne, silny wiatr oraz opady gradu są zjawiskami, które stanowią poważne zagrożenie zarówno dla człowieka, jak i dla infrastruktury technicznej oraz środowiska naturalnego. Najważniejszy epizod burzowy, z wyjątkowo silnymi porywami wiatru, wystąpił 23 lipca 2009 r., kiedy w Legnicy nawałnica zniszczyła m.in. zabytkowy park w centrum miasta (lokalnie porywy wiatru przekraczały 30 m/s).

Warunki wietrzne i zjawiska burzowe w górach są również znaczące w kontekście oddziaływania na środowisko naturalne, a zwłaszcza obszary leśne, które pokrywają znaczną powierzchnię niższych pięter górskich. Każdego roku notowane są znaczne straty w drzewostanie wskutek wiatrołomów.

Winde sind. In den letzten Jahren kann man zu den wichtigsten Episoden unter anderem den sog. Hurrikan Ciara (Sabina) aus Februar 2020 zählen, als die Windgeschwindigkeit bei den Böen in dem Flachlandteil der polnisch-sächsischen Region stellenweise höher als 30 m/s war, und in den obersten Teilen von Riesengebirge 55 m/s erreichte. Ähnliche Werte wurden auch für den sog. Hurrikan Emma festgestellt, der um die Monatswende Februar/März 2008 aufgetreten ist. Eine Erscheinung mit besonders intensiver Stärke war jedoch der sog. Hurrikan Kyryl (Cyryl), der in Europa im Januar 2007 beobachtet wurde. An vielen Stellen wurde eine Rekordgeschwindigkeit des Windes verzeichnet, die in den Flachlandgebieten lokal 40 m/s erreichte. Auf der Schneekoppe hingegen, die die höchsten Höhenstufen vertritt, hat die Windgeschwindigkeit die Skala des Anemometers (über 70 m/s) überstiegen.

Gewitter, starke Winde und Hagel sind Phänomene, die eine erhebliche Gefährdung sowohl für den Menschen als auch für die technische Infrastruktur und die Umwelt darstellen. Zu den wichtigsten Episoden der Gewitterphänomene mit besonders starken Böen in der Sommerzeit, die in dem grenzüberschreitenden Gebiet Polen-Sachsen verzeichnet wurden, kann man das Phänomen vom 23. Juli 2009 erwähnen, als in der Gegend von Legnica infolge von einem Gewittersturm (lokale Böen haben 30 m/s überstiegen) in großem Maße u.a. ein historischer Park im Stadtzentrum zerstört wurde.

Die Windbedingungen und die Gewittererscheinungen in den Bergen sind auch im Kontext der Auswirkung auf die Umwelt und insbesondere auf die Waldgebiete bedeutend, die eine große Fläche der niedrigeren Höhenstufen bedecken. Jedes Jahr werden erhebliche Verluste im Baumbestand infolge von Windbrüchen verzeichnet.

Średnia roczna liczba dni z prędkością wiatru przekraczającą 10 m/s w regionie waha się od nieco ponad 20 w niższych piętrach hipsometrycznych do 325 na Śnieżce. Najwięcej takich przypadków notuje się zimą (grudzień-luty), od 9 do 85 dni, najmniej latem (czerwiec-sierpień) – od nieco ponad 1 dnia w kotlinach śródgórskich do 77 dni w szczytowych partiach Karkonoszy.

Die durchschnittliche jährliche Anzahl der Tage mit einer Windgeschwindigkeit von mehr als 10 m/s in der Region schwankt von ein bisschen mehr als 20 Tagen in den tieferen Lagen bis 325 Tagen auf der Schneekoppe. Die höchste Zahl ist im Winter (Dezember bis Februar) zu beobachten, wenn sie zwischen 9 und 85 Tagen variiert. In der Sommersaison (Juni-August) hingegen ist sie am kleinsten und beträgt von ein bisschen mehr als 1 Tag in den Talkesseln bis 77 Tagen in den obersten Teilen des Riesengebirges.

Burze atmosferyczne zdecydowanie najczęściej są obserwowane w miesiącach letnich. Ponad 2/3 wszystkich rocznych zdarzeń przypada na okres od czerwca do sierpnia. Średnio, na terenie omawianego regionu burze w ciągu roku występują z częstotliwością 24-27 dni. W okresie letnim ich liczba waha się od 16 do ponad 18 dni, natomiast wiosną (marzec-maj) pojawiają się z częstotliwością 6-7 dni. Zjawiskiem towarzyszącym burzom, zwłaszcza w obszarach górskich, są opady gradu. W szczytowych partiach Karkonoszy notuje się rocznie ponad takich 8 dni, zwykle w okresie od maja do sierpnia, z maksimum przypadającym na maj.

Die Gewitter werden am häufigsten in den Sommermonaten beobachtet. Über 2/3 von allen jährlichen Ereignissen fallen auf den Zeitraum vom Juni bis August. Durchschnittlich, auf dem Gelände der betreffenden Region treten die Gewitter innerhalb eines Jahres mit einer Häufigkeit von 24-27 Tagen auf. In der Sommerzeit schwankt ihre Anzahl von 16 bis über 18 Tagen, und im Frühjahr (März-Mai) kommen sie hingegen mit einer Häufigkeit von 6-7 Tagen vor. Ein Phänomen, das die Gewitter begleitet, ist Hagel. Am häufigsten kommt er in den Berggebieten vor. In dem obersten Teil von Riesengebirge werden über 8 Tage mit Hagel im Jahr, in der Regel in dem Zeitraum vom Mai bis August mit einem Maximum verzeichnet, das auf den Mai fällt.

## SUSZE

Susze nie są zjawiskiem zagrażającym bezpośrednio bezpieczeństwu ludzi, jednakże w znaczącym stopniu oddziałują na gospodarkę i środowisko naturalne. W regionie granicznym Polska-Saksonia stanowią one istotny problem ze względu na znaczne obszary użytkowane rolniczo oraz duży udział powierzchni leśnych. W przypadku lasów susze mogą negatywnie wpływać zarówno na stan upraw leśnych, jak i zwiększać zagrożenie pożarami. Bardzo ważnym sektorem podatnym na niedobór wody opadowej jest także gospodarka wodna, a zwłaszcza hydroenergetyka. Na Nysie Łużyckiej, stanowiącej granicę między Polską a Niemcami, zlokalizowanych jest kilkanaście elektrowni wodnych. Brak lub niewystarczające opady atmosferyczne przyczyniają się do obniżenia poziomu wód w rzekach, co z kolei może powodować znaczne ograniczenia lub nawet uniemożliwić produkcję energii elektrycznej. Ocenia się, że w przypadku dalszego wzrostu okresów bezopadowych w kolejnych dekadach obecnego stulecia średnia produkcja energii elektrycznej na Nysie Łużyckiej może zostać ograniczona nawet o ponad 30%.

## DÜRREN

Dürren sind keine Erscheinung, die die Sicherheit der Menschen direkt gefährden, sie wirken sich jedoch in großem Maße auf den wirtschaftlichen Bereich und die Umwelt aus. In der Grenzregion Polen-Sachsen ist das Problem der Dürren von Bedeutung in Hinsicht auf die bedeutenden Gebiete, die landwirtschaftlich genutzt werden, sowie einen großen Anteil der Waldflächen. In den Wäldern können die Dürreerscheinungen sowohl einen negativen Einfluss auf den Zustand der Waldpflanzen haben als auch die Brandgefahr erhöhen. Ein sehr wichtiger Sektor, der für die Knappheit des Niederschlagswassers anfällig ist, ist auch die Wasserwirtschaft, und insbesondere die Zweige, die mit der Erzeugung elektrischer Energie durch die Wasserkraftwerke verbunden sind. An der Lausitzer Neiße, der Grenze zwischen Polen und Deutschland, befinden sich mehr als ein Dutzend solcher Kraftwerke. Keine oder unzureichende Niederschläge tragen zur Senkung des Wasserstandes in den Flüssen bei, was hingegen erhebliche Einschränkungen verursachen kann oder sogar die Erzeugung elektrischer Energie unmöglich machen kann. Es wird geschätzt, dass im Falle eines weiteren Anstiegs der niederschlagsfreien Zeiträume in den nächsten



Przeschnięta powierzchnia gleby uniemożliwia rozwój roślinności (fot. I. Lejcuś).  
Die ausgetrocknete Bodenfläche macht Pflanzenwelt die Entwicklung der unmöglich (Fot. I. Lejcuś).

Wysoka częstość okresów bezopadowych może również skutkować zmniejszeniem zasobów wód gruntowych, prowadząc do ograniczenia dostępności zasobów wodnych dla mieszkańców. W regionie polsko-saksońskim problem ten jest potęgowany deficytem wód podziemnych, spowodowanym bliską obecnością kopalni odkrywkowych węgla brunatnego.

Na omawianym obszarze zlokalizowane są liczne tereny cenne pod względem przyrodniczym. Znajdują się tu parki narodowe, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, obszary Natura 2000 czy rezerваты. W dolinach cieków występują organizmy wodne i od wody zależne, w przypadku których potencjalne zmniejszenie zasobów w ciekach, w połączeniu ze wzrostem temperatury wody, może mieć znaczące, negatywne skutki. Wysychanie obszarów podmokłych może powodować ograniczenie ilości organizmów związanych ze środowiskiem wodnym i w konsekwencji negatywnie oddziaływać na poziom bioróżnorodności.

Najbardziej spektakularna była susza w 2018 r., która cechowała się zarówno dużą intensywnością, jak i długim czasem trwania. Według danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi straty spowodowane tą suszą wyniosły 3,6 miliardów złotych (840 mln Euro), a zniszczeniu uległo 3,5 mln hektarów upraw. Na terenie województwa lubuskiego i dolnośląskiego susza w uprawach zbóż jarych dotknęła odpowiednio 100% i 89% gmin, potencjalne straty wyniosły nawet 20% względem wartości średnich. W przypadku Niemiec, wielkość zapomóg dla rolników z tytułu strat spowodowanych przez suszę osiągnęła kwotę 340 mln €. Szczególnie dotkniętym regionem była Saksonia, gdzie dla niektórych upraw zanotowano straty sięgające 20-25% w porównaniu ze średnią wieloletnią.

Dekaden dieses Jahrhunderts, die mittlere Erzeugung elektrischer Energie an der Lausitzer Neiße sogar um mehr als 30% reduziert werden kann.

Die große Häufigkeit der niederschlagsfreien Zeiträume kann auch die Minderung der Grundwasserressourcen zur Folge haben, was hingegen zur Begrenzung der Verfügbarkeit der Wasserressourcen für die Einwohner beitragen kann. In der polnisch-sächsischen Region wird dieses Problem durch das Auftreten des Grundwasserdefizites verstärkt, das durch die unmittelbare Nähe der Braunkohle-tagebaue verursacht ist.

Auf dem betreffenden Gelände sind zahlreiche Gebiete mit hohem Naturwert gelegen. Hier befinden sich die Nationalparks, Naturparks, Landschaftsschutzgebiete, Gebiete Natura 2000 oder Naturschutzgebiete. In den Tälern der Fließgewässer kommen Wasserorganismen und wasserabhängige Organismen vor, bei denen eine potentielle Reduzierung der Wasserressourcen in den Fließgewässern samt Anstieg der Wassertemperatur erhebliche, negative Folgen haben können. Das Austrocknen der Feuchtgebiete kann eine Reduzierung der Menge von Organismen verursachen, die mit der aquatischen Umwelt verbunden sind, und in der Folge auf das Niveau der Biodiversität negativ wirken.

Die spektakulärste Dürre war im Jahr 2018, die sowohl durch eine hohe Intensität als auch lange Dauer gekennzeichnet war. Laut den Angaben des Ministeriums für Landwirtschaft und Ländliche Entwicklung in Polen betragen in diesem Jahr die durch die Dürre verursachten Verluste 3,6 Milliarden PLN (840 Mio. EUR) und es wurden 3,5 Mio. Hektar Kulturpflanzen zerstört. Im Gebiet der Woiwodschaften Lebus und Niederschlesien war der Anbau von Sommergetreide entsprechend in 100% und 89% Gemeinden von der Dürre betroffen, die potentiellen Verluste lagen sogar bei 20% im Vergleich zu den Mittelwerten. In Deutschland hat die Höhe der finanziellen Unterstützung für die Landwirte aufgrund der durch die Dürre verursachten Verluste einen Betrag von 340 Mio. € erreicht. Die besonders betroffene Region war Sachsen, wo für einige Kulturpflanzen die Verluste in Höhe von 20-25% im Vergleich zum langjährigen Mittelwert verzeichnet wurden.

W regionie transgranicznym Polska-Saksonia największe zagrożenie suszą występuje w niższej położonych regionach. Średnia roczna liczba dni bez opadów mieści się w przedziale 189-207 przypadków, przy czym maksymalnie może dochodzić do 229-245 dni. Nieco rzadziej tego typu sytuacje są obserwowane w niższych piętrach gór, np. w Jeleniej Górze, gdzie w ciągu roku występują one średnio przez 183 dni. Ich roczna częstość może się w tym przypadku wahać nawet od 143 do 222 dni. Dni bez opadów zdecydowanie najrzadziej pojawiają się w strefie szczytowej. Na tym obszarze ich liczba kształtuje się w granicach 88-161 dni, ze średnią wartością wynoszącą 123 dni. W południowo-zachodniej Polsce i południowo-wschodnich Niemczech najbardziej intensywne okresy suszy w ostatniej dekadzie wystąpiły w latach 2003, 2015 i 2018. W pozostałych latach szczególnie intensywne były susze 1982 i 1992.

In der grenzüberschreitenden Region Polen-Sachsen kommt die größte Dürregefahr in den tiefer gelegenen Regionen vor. Die mittlere jährliche Anzahl der Tage ohne Niederschlag liegt im Bereich von 189-207, wobei es maximal bis zu 229-245 Tagen kommen kann. Etwas seltener werden derartige Situationen in niedrigeren Höhenstufen z.B. in Jelenia Góra beobachtet, wo sie innerhalb eines Jahres durchschnittlich 183 Tage lang vorkommen. Ihre jährliche Häufigkeit kann in diesem Fall von 143 bis 222 Tagen schwanken. Die Tage ohne Niederschlag kommen am seltensten in der Gipfelzone vor. In diesem Gebiet liegt ihre Anzahl im Bereich von 88-161 Tagen, mit einem Mittelwert von 123 Tagen. Im südwestlichen Teil Polens und südöstlichen Teil Deutschlands kamen die intensivsten Dürreperioden in den letzten Dekaden in den Jahren 2003, 2015 und 2018 vor. Davor waren Dürren in den Jahren 1982 und 1992 besonders intensiv.



### INTENSYWNE OPADY ATMOSFERYCZNE

Do najbardziej spektakularnych pogodowych zjawisk ekstremalnych na terenie Polski i Niemiec należą intensywne opady atmosferyczne i związane z nimi powodzie opadowe. Za opad silny uważa się przeważnie taki, którego suma dobową przekracza 10 mm ( $R > 10$  mm), natomiast w sytuacji, gdy wartość ta jest wyższa niż 20 mm, opad jest określany jako bardzo silny ( $R > 20$  mm).

W polsko-saksońskim regionie transgranicznym opady o wysokim natężeniu występują przede wszystkim w okresie wiosny i lata. Mogą one powodować występowanie wód z koryt rzek. Tego rodzaju powodzie (nazywane odrzecznymi) przyjmują szczególnie gwałtowny charakter w obszarach górskich, gdzie wyższe niż na nizinach sumy opadów, a także wąskie doliny i wysokie spadki terenu sprzyjają gwałtownemu przyborowi wody i szybkiemu jej występowaniu z koryta. Powodzie odrzeczne i miejskie, a także same intensywne opady atmosferyczne, mogą znacząco wpływać zarówno na komfort i bezpieczeństwo mieszkańców, jak i na środowisko naturalne i sferę społeczno-ekonomiczną.

W obszarze wsparcia przykładem takich zjawisk był epizod silnych opadów w pierwszym tygodniu sierpnia 2006 r. na terenie

### INTENSIVER NIEDERSCHLAG

Zu den spektakulärsten extremen Wettererscheinungen in Polen und Deutschland gehören intensive Niederschläge und damit verbundenes niederschlagsbezogenes Hochwasser. Intensiver Niederschlag kann aufgrund der Größe seiner Tagessumme definiert werden. Als Starkniederschlag gilt meistens ein solcher, dessen Tagessumme 10 mm ( $R > 10$  mm) übersteigt, wenn dieser Wert höher als 20 mm ist, wird der Niederschlag als sehr stark ( $R > 20$  mm) bezeichnet.

In der grenzüberschreitenden polnisch-sächsischen Region kommt Niederschlag mit einer hohen Intensität meistens in der Frühlings- und Sommerzeit vor. Starke Niederschläge können verursachen, dass das Wasser aus dem Flussbett austritt. Das Hochwasser dieser Art (sog. Flusshochwasser) hat besonders heftigen Charakter in den Berggebieten, wo die Niederschlagssummen, die höher als im Flachland sind, sowie die schmalen Täler und hohe Geländeneigungen für einen heftigen Wasseranstieg und schnelle Ausuferung verantwortlich sind. Das Flusshochwasser und städtisches Hochwasser und der intensive Niederschlag selbst können einen erheblichen Einfluss sowohl auf den Komfort und die Sicherheit der Einwohner als auch auf die Umwelt und den sozial-wirtschaftlichen Bereich haben.



Intensywny deszcz (fot. I. Lejcuś).  
Intensiver Regen (Fot. I. Lejcuś).

Gór Izerskich. 7 sierpnia w Jakuszycach suma dobową opadu wyniosła ponad 204 mm, doszło do licznych podtopień, uszkodzenia brzegów, a także zniszczenia mostów. Kilka lat wcześniej, w sierpniu 2002 r., znaczne obszary Niemiec, w tym również Saksonię, nawiedziła powódź związana m.in. z wylaniem rzeki Łaby. Na pograniczu polsko-saksońskim najbardziej ekstremalne zdarzenia powodziowe związane z intensywnymi opadami wystąpiły 7 sierpnia 2010 r. w rejonie Bogatyni. W tym dniu wielkość dobową opadów przekroczyła aż 160 mm, przy czym większość tej sumy została zanotowana w ciągu zaledwie kilku

Im Fördergebiet dient eine Episode von Starkniederschlag in der ersten August-Woche 2006 im Gebiet des Isergebirges als Beispiel. Am 7. August lag die Tagessumme in Jakiszycze des Niederschlags bei über 204 mm, was zahlreiche Überflutungen, Beschädigungen der Ufer, sowie Zerstörung von Brücken verursacht hat. Einige Jahre früher, im August 2002 waren zahlreiche Gebiete in Deutschland, darunter auch Sachsen von einem Hochwasser betroffen, das u.a. mit der Ausuferung der Elbe verbunden war. In dem polnisch-sächsischen Grenzgebiet kamen die extremsten Hochwasserereignisse, die mit intensivem



Wezbranie powodziowe w 2010 r. w Bogatyni (na górze) i Görlitz (na dole) (fot. M. Suchta).  
Hochwasseranstieg im Jahr 2010 in Bogatynia (oben) und Görlitz (unten) (Fot. M. Suchta).

godzin. W wyniku gwałtownego przyboru wody na Nysie Łużyckiej i jej dopływach oraz zalania okolicznych miejscowości zginęły 4 osoby, a wielkość strat materialnych w gminie Bogatynia wyniosła niemal 225 milionów złotych (58 mln €). Odnotowano również znaczne straty w infrastrukturze hydrotechnicznej. Do najważniejszych zaliczyć można m.in. zniszczenie zapory wodnej na zbiorniku Niedów na rzece Witka.

Intensywne opady atmosferyczne, oprócz powodzi odrzecznych, mogą równie przyczyniać się do pojawiania się na terenach zabudowanych tzw. powodzi miejskich. Są one związane z występowaniem spływów powierzchniowych i lokalnych застоisk wody w obniżeniach terenu (ale także w piwnicach), co spowodowane jest ograniczoną możliwością odpływu lub infiltracji wody wskutek znacznego udziału powierzchni sztucznych (np. beton, asfalt, itp.). Cechują się one zwykle krótszym czasem trwania niż powódzie odrzeczne i z reguły powodują też mniejsze straty materialne. W czasie epizodu bardzo silnych opadów, które nawiedziły region w dniach 29-30 lipca 2013 r., tylko w rejonie Bogatyni odnotowano blisko 40 interwencji straży pożarnej, związanych z następstwami tego zjawiska.

Intensywne opady przyczyniają się również do znacznych strat materialnych w rolnictwie i leśnictwie. Ich konsekwencje stanowią poważne utrudnienie także dla transportu, czy sektora energetycznego (np. poprzez niszczenie infrastruktury związanej z produkcją energii elektrycznej przez elektrownie wodne). Wpływ silnych opadów na sferę turystyczną może przejawiać się zarówno poprzez zagrożenie powodzią ośrodków turystycznych, jak i wpływem na bezpieczeństwo i komfort turystów przebywających w terenie otwartym.

Niederschlag verbunden waren, am 7. August 2010 in der Umgebung von Bogatynia vor. An diesem Tag überstieg die Tagesmenge an Niederschlag in diesem Gebiet sogar 160 mm, wobei der Großteil innerhalb einiger Stunden zu verzeichnen war. Infolge des heftigen Wasseranstiegs an der Lausitzer Neiße und ihren Nebenflüssen sowie der Überschwemmung der umliegenden Ortschaften, sind 4 Personen verstorben, und die Höhe der materiellen Verluste in der Gemeinde Bogatynia lag bei fast 225 Millionen PLN (58 Mio. €). Es wurden auch erhebliche Verluste in der wassertechnischen Infrastruktur verzeichnet. Zu den wichtigsten kann man u.a. die Zerstörung des Staudamms auf dem Niedów-Stausee am Fluss Witka zählen.

Intensiver Niederschlag kann außer zu Flußhochwasser auch zum Auftreten des sog. städtischen Hochwassers in den bebauten Gebieten beitragen. Sie hängen mit dem Auftreten von Oberflächenabflüssen und lokalen Wasserstauungen in Bodenabsenkungen (aber auch in Kellern) zusammen, was auf die begrenzte Möglichkeit des Abflusses oder der Versickerung von Wasser aufgrund des hohen Anteils an künstlichen Oberflächen (z. B. Beton, Asphalt usw.) zurückzuführen sind. Es ist meistens durch eine kürzere Dauer als Flußhochwasser gekennzeichnet und in der Regel verursacht es auch weniger materielle Verluste. Während der Episode eines sehr starken Niederschlags, von dem die Region am 29.-30. Juli 2013 betroffen war, wurden nur in der Umgebung von Bogatynia fast 40 Einsätze der Feuerwehr verzeichnet, die mit dieser Erscheinung verbunden waren.

Der intensive Niederschlag trägt auch zu erheblichen materiellen Verlusten in der Land- und Forstwirtschaft bei. Seine Folgen bilden eine erhebliche Behinderung auch für den Transport oder den Energiesektor (z.B. durch Zerstörung der Infrastruktur, die mit der Erzeugung elektrischer Energie durch die Wasserkraftwerke verbunden ist). Der Einfluss des starken Niederschlags auf den Tourismus kann sich sowohl in der Hochwassergefahr für die Touristenzentren als auch in dem Einfluss auf die Sicherheit und den Komfort der Touristen äußern, die sich im Freiland aufhalten.

W ciągu roku obserwowanych jest przynajmniej kilka, a w najwyższych partiach gór kilkanaście dni z opadem silnym, o sumie dobowej przekraczającej 10 mm. Zwykle ich roczna częstość wynosi od 12-16 dni w niższej położonych regionach do 17 dni w niższych piętrach gór i ponad 30 dni w strefie szczytowej. W rekordowych pod tym względem latach na przeważającym obszarze liczna dni z opadem silnym przekraczała 20, a w najwyższych piętrach Karkonoszy dochodziła do 50. Z kolei dni z opadem bardzo silnym, cechujące się występowaniem opadów o sumie powyżej 20 mm, występują średnio 3 do 9 razy w roku, a ich najwyższa częstość może osiągać 7-26 dni.

Binnen einem Jahr werden zumindest einige, und in den höchsten Teilen der Berge ein gutes Dutzend der Tage mit Starkniederschlag, mit einer Tagessumme von mehr als 10 mm beobachtet. In der Regel beträgt ihre jährliche Häufigkeit von 12-16 Tagen in den tiefer gelegenen Regionen bis 17 Tagen in den niedrigeren Höhenstufen und mehr als 30 Tagen in der Gipfelzone. In den Rekordjahren in dem überwiegenden Gebiet überstieg die Anzahl der Tage mit Starkniederschlag 20 Tage, und in den höchsten Stufen von Riesengebirge erreichte sie 50 Tage. Die Tage mit sehr starkem Niederschlag hingegen, die sich durch das Auftreten des Niederschlags mit einer Summe von mehr als 20 mm kennzeichnen, kommen durchschnittlich innerhalb von 3-9 Tagen im Jahr vor, und ihre höchste Häufigkeit kann 7-26 Tage erreichen.

## Zmiana klimatu

Jak już uprzednio wspomniano, zmiany warunków klimatycznych są obserwowane zarówno w czasach obecnych, co potwierdzają wyniki pomiarów meteorologicznych z ostatnich kilkudziesięciu lat, jak i prognozowane w kolejnych dekadach, na co wskazują wyniki modeli numerycznych. Jeśli chodzi o temperaturę powietrza (a w konsekwencji również częstość występowania dni upalnych i fal upałów), to w omawianym regionie od 1971 r. obserwowany jest wyraźny wzrost liczby sytuacji ze stresem gorąca. Ocenia się, że częstość dni upalnych wzrastała w tempie od ponad 1 dnia na dekadę w obszarach wyżynnych i niższych piętrach gór do ponad 2 dni na dekadę w terenach najniższej położonych. Oprócz dni upalnych, tendencją wzrostową można również zauważyć w przypadku tzw. fal upałów, czyli sytuacji pogodowych charakteryzujących się występowaniem co najmniej 3 dni upalnych z rzędu. Scenariusze dla omawianego regionu wskazują, że średnia temperatura powietrza do 2100 r. może wzrosnąć od 1°C do niemal 4°C. Znacząco przyczyni się to do zwiększenia częstości występowania dni upalnych. W najbardziej skrajnym przypadku średnia roczna liczba takich dni pod koniec stulecia może wzrosnąć ponad dwukrotnie.

W przypadku opadów atmosferycznych w regionie polsko-saksońskim trudno zauważyć wyraźną tendencję. Od 1971 r. sumy

## Klimawandel

Wie bereits erwähnt, werden Veränderungen der klimatischen Bedingungen sowohl unter den gegenwärtigen Bedingungen beobachtet, basierend auf meteorologischen Messungen der letzten Jahrzehnte, als auch anhand der Modelle, mit denen der Klimawandel in den nächsten Jahrzehnten vorhergesagt wird. Unter Berücksichtigung der Lufttemperatur (und in der Folge auch der Häufigkeit des Auftretens der heißen Tage und der Hitzewellen) in der betreffenden Region seit dem Jahr 1971 wird ein deutlicher Anstieg der jährlichen Anzahl der Situationen mit Hitzestress beobachtet. Es wird geschätzt, dass in der betreffenden Region die Häufigkeit der heißen Tage im Tempo von mehr als 1 Tag pro Dekade in den Hochebenen und tieferen Höhenlagen und bis zu mehr als 2 Tagen pro Dekade in den am tiefsten gelegenen Gebieten gestiegen ist. Außer den heißen Tagen kann man den zunehmenden Trend auch bei den sog. Hitzewellen d.h. den Wettersituationen feststellen, die sich durch das Auftreten von zumindest drei heißen aufeinander folgenden Tagen kennzeichnen. Die Ergebnisse auf der Grundlage von Szenarien für die betreffende Region haben gezeigt, dass die mittlere Lufttemperatur bis zum Jahr 2100 in Abhängigkeit von dem angenommenen Szenario von 1°C bis fast 4°C steigen kann. Es wird zum Anstieg der Häufigkeit des Auftretens der heißen Tage erheblich beitragen. Im äußersten Fall kann



Gradizny (fot. I. Lejcuś).  
Hagelkörner (Fot. I. Lejcuś).

rocznych opadów na niektórych stacjach maleją, podczas gdy na innych rosną. Tego typu sytuacja przyczyniła się również do braku wyraźnych zmian w częstości występowania opadów silnych i bardzo silnych. Natomiast w niższych piętrach wysokościowych obserwowany jest trend rosnący.

Według niektórych modeli w regionie zmniejszy się suma opadów, zwłaszcza w okresie letnim, co może przyczynić się do intensyfikacji zjawiska susz. Największe spadki mogą dotknąć obszary górskie, nawet o 17% w stosunku do stanu obecnego. Jeśli chodzi o projekcje intensywnych opadów atmosferycznych, modele nie wskazują jednolitego trendu.

Zróznicowaną tendencją zmian odznaczają się również burze atmosferyczne. W obszarach górskich brak jest wyraźnego trendu, natomiast w nizinnych częściach regionu obserwuje się wyraźną tendencję rosnącą. W ostatnich kilkudziesięciu latach roczna liczba dni burzowych na tych terenach wzrosła o około 6-8 dni. Gdyby taki trend utrzymał się przez kolejne dekady, znacząco wzrosłaby ilość strat generowanych przez to zjawisko, co z kolei spowodować może znaczne obciążenie finansowe, związane zwłaszcza z likwidacją skutków burz w sektorze transportu i leśnictwa.

die mittlere jährliche Anzahl solcher Tage am Ende des Jahrhunderts auf mehr als das Doppelte ansteigen.

Beim Niederschlag in der polnisch-sächsischen Region kann man keinen deutlichen Trend feststellen. Seit dem Jahr 1971 weisen die Änderungen der jährlichen Niederschlagssummen an einigen Stationen eine zurückgehende Tendenz auf, während an anderen Stationen ein abnehmender Trend verzeichnet wurde. Diese Situation hat auch dazu beigetragen, dass keine deutlichen Änderungen in der Häufigkeit des Auftretens vom starken und sehr starken Niederschlag vorhanden sind. In den niedrigeren Höhenstufen wird hingegen ein zunehmender Trend beobachtet.

Einige Modelle gehen davon aus, dass auch die Niederschlagsmenge, insbesondere im Sommer, zurückgehen wird, was zu einer verstärkten Dürre führen kann. Nach dem Klimamodell für die Region wird der Rückgang der Niederschlagsmenge in Bergregionen am stärksten sein, wo er im Vergleich zum heutigen Stand bis zu 17% betragen kann. Im Zusammenhang mit der Projektion von starken Niederschlägen wird kein einheitlicher Trend prognostiziert.

Durch einen differenzierten Trend der Veränderungen zeichnen sich auch die Gewitter aus. In den Bergregionen gibt es keinen deutlichen Trend der Veränderungen, und in den Gebieten, die das Tiefland der Region vertreten, wird ein deutlicher zunehmender Trend verzeichnet. Innerhalb der letzten Jahrzehnte ist die jährliche Anzahl der Gewittertage in diesen Gebieten um ca. 6-8 Tage gestiegen.

Sollte sich dieser Trend in den nächsten Jahrzehnten fortsetzen, würden die Verluste, die durch dieses Phänomen verursacht werden, erheblich zunehmen, was wiederum zu einer erheblichen finanziellen Belastung der Region führen könnte, insbesondere durch die Bewältigung der Folgen von Unwettern im Transport- und Forstwirtschaftssektor.



Wyschnięte, zamierające drzewa deszcz (fot. I. Lejcuś).  
Die trockene, sterbende Bäume (Fot. I. Lejcuś).

## Podsumowanie

Społeczeństwa na całym świecie stoją obecnie przed ogromnym wyzwaniem, jakim jest przystosowanie się do już obserwowanych i prognozowanych skutków zmiany klimatu. Przedstawione cechy charakterystyczne pogodowych zjawisk ekstremalnych w regionie transgranicznym Polska-Saksonia pokazują, że tego typu zdarzenia są typowe dla tej części Europy, i że dotyczą one właściwie wszystkich sfer działalności człowieka oraz samego środowiska. Na ich strukturę i częstość występowania wpływa niewątpliwie zróżnicowanie wysokościowe i morfologiczne terenu, zaś w kontekście skutków bardzo istotne są takie aspekty, jak użytkowanie terenu, struktura demograficzna, działalność przemysłowa i usługowa oraz środowisko naturalne.

Podjęte obecnie decyzje, m.in. dotyczące działań adaptacyjnych czy mitygujących, mogą mieć wpływ na wielopoziomowe następstwa obserwowanej zmiany klimatu. Dlatego głównym celem niniejszej broszury jest omówienie najważniejszych zagadnień związanych z pogodowymi zdarzeniami ekstremalnymi w obszarze transgranicznym Polska-Saksonia i przedstawienie rozwoju tych zjawisk w przyszłości, co pozwoli lepiej przygotować się na te zmiany decydującym, edukatorom i każdemu z mieszkańców obszaru wsparcia.

Jak pokazują wyniki prowadzonych badań, postępująca zmiana klimatu może w mniejszym lub większym stopniu wpłynąć na intensyfikację zjawisk ekstremalnych i w przyszłości skutkować zwiększeniem strat oraz wzrostem kosztów likwidacji szkód. Dodatkowym czynnikiem potęgującym straty ekonomiczne jest coraz większy stopień zabudowania terenu, w tym również dolin rzecznych w obszarach górskich, co sprzyja pojawianiu się nagłych i intensywnych zdarzeń powodziowych. Z kolei rozwój turystyki oraz starzenie się społeczeństwa zwiększa wrażliwość regionu na fale upałów. Jednocześnie coraz mniejsza powierzchnia obszarów naturalnych może, w połączeniu z niekorzystnym oddziaływaniem czynnika klimatologicznego, wpływać na stan środowiska naturalnego.

Podstawową cechą pogodowych zjawisk ekstremalnych jest ograniczona możliwość ich redukcji, jednak odpowiednie działania mogą pomóc zmniejszyć potencjalne natywne skutki. Zrównoważona gospodarka wodna, wzrost udziału powierzchni naturalnych w obszarach zurbanizowanych (choćby wprowadzanie rozwiązań z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury), odpowiednie zagospodarowanie terenów zalewowych czy też uwzględnienie nowych rodzajów upraw w rolnictwie powinno w znacznym stopniu ograniczyć następstwa takich zdarzeń jak powódzie czy susze. Z kolei zwiększenie udziału terenów zielonych i odpowiednie planowanie na terenach miejskich mogą w pewnym zakresie zredukować wpływ fal upałów na zdrowie i komfort życia mieszkańców. Bardzo ważną rolę odgrywają również działania edukacyjne, podnoszące świadomość mieszkańców, a także systemy wczesnego ostrzegania informujący osoby przebywające w regionie o potencjalnych zagrożeniach. Jeżeli takie kroki zostaną podjęte, to skutki występowania ekstremalnych zdarzeń pogodowych w regionie transgranicznym Polska-Saksonia, pomimo możliwej ich in-

## Zusammenfassung

Die Weltbevölkerung steht vor der Herausforderung, sich an die bereits beobachteten und prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels anzupassen. Die dargestellten Merkmale extremer Wetterereignisse in der Grenzregion Polen-Sachsen zeigen, dass solche Ereignisse typisch für diesen Teil Europas sind. Es gibt kein Gebiet, in dem man die Änderungen in der Umwelt nicht beobachten kann. Solche Fälle sind auch im Fördergebiet vorgekommen. Zweifelsohne haben Höhendifferenzierung und morphologische Differenzierung einen Einfluss auf Struktur und Häufigkeit ihres Auftretens; im Kontext der Folgen sind Aspekte, wie Flächennutzung, demografische Struktur, Industrie und Dienstleistungsaktivitäten sowie die Umwelt von großer Bedeutung.

Unsere heutigen Entscheidungen, die u.a. Anpassungs- oder Mitigationsmaßnahmen betreffen, können einen Einfluss auf die vielschichtigen Folgen des beobachteten Klimawandels haben. Das Hauptziel dieser Broschüre – die wichtigsten Themen im Zusammenhang mit extremen Wetterereignissen im grenzüberschreitenden Raum Polen-Sachsen darzustellen und zu erläutern, wie sich diese Phänomene in der Zukunft entwickeln können – bietet daher Entscheidungsträgern, Pädagogen und jedem Bewohner des Fördergebiets die Möglichkeit, sich auf die Zukunft vorzubereiten.

In der heutigen Zeit sind extreme Wettertypen vor allem aufgrund des fortschreitenden Klimawandels von Bedeutung. Gemäß den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen können sie in kleinerem oder größerem Umfang die Intensivierung derartiger Erscheinungen beeinflussen, was in Zukunft zu höheren Verlusten und höheren Kosten für die Schadensregulierung führen kann. Ein weiterer Faktor, der die durch extreme Wetterbedingungen verursachten Verluste erhöht, ist die zunehmende Bebauung des Geländes, einschließlich der Flusstäler in Bergregionen.

Es bewirkt eine potentielle Erhöhung der Verluste, die z.B. durch die Hochwasserereignisse verursacht sind, und stellt eine Gefahr für die Menschen dar, die sich dort aufhalten. Eine intensive Entwicklung des Tourismus hingegen, sowie die Alterung der Bevölkerung spielen eine wesentliche Rolle im Kontext der Auswirkung von Hitzewellen. Gleichzeitig kann die immer kleinere Fläche der natürlichen Gebiete, in Verbindung mit der ungünstigen Auswirkung der Klima-Faktoren, einen Einfluss auf den Zustand der Umwelt haben.

Die grundlegende Eigenschaft der extremen Wettererscheinungen besteht in der begrenzten Möglichkeit ihrer Reduzierung. Man kann jedoch, mithilfe entsprechender Maßnahmen, die potentiellen Folgen erheblich vermindern. Nachhaltige Wasserwirtschaft, Erhöhung des Anteils der natürlichen Flächen in den städtebaulich erschlossenen Gebieten (beispielsweise Umsetzung der Lösungen im Bereich der blau-grünen Infrastruktur), entsprechende Bewirtschaftung von Überschwemmungsgebieten oder Berücksichtigung neuer Arten von Kulturpflanzen in der Landwirtschaft sollten in großem Maße die Folgen solcher Ereignisse wie Hochwasser oder Dürre einschränken. Eine Er-

tensyfikacji z uwagi na zmiany klimatu, mogą zostać w dużym stopniu ograniczone.

W broszurze starano się przybliżyć informacje o możliwych ekstremalnych zdarzeniach pogodowych w obszarze wsparcia Programu Współpracy INTERREG Polska-Saksonia 2014-2020 w celu podniesienia świadomości mieszkańców tego obszaru. Istotną kwestią jest podjęcie przez mieszkańców regionu odpowiednich działań, ukierunkowanych na adaptację do zmiany klimatu i ograniczenia skutków, by w jak największym stopniu ochronić zarówno infrastrukturę, jak i zdrowie oraz życie ludzkie na omawianym obszarze.

[www.wikt.info](http://www.wikt.info)

höhung des Anteils von Grünflächen und eine entsprechende Planung in den städtischen Gebieten können hingegen in gewissem Maße den Einfluss der Hitzewellen auf die Gesundheit und den Lebenskomfort der Einwohner reduzieren. Eine sehr wichtige Rolle spielen auch die Bildungsmaßnahmen, die das Bewusstsein der Einwohner erhöhen, sowie die Entwicklung von Frühwarnsystemen, die die Personen, die sich in der Region aufhalten, über die potentiellen Gefährdungen informieren. Werden die erwähnten Maßnahmen ergriffen, können die Folgen des Auftretens extremer Ereignisse in der grenzüberschreitenden Region Polen-Sachsen, trotz ihrer möglichen Intensivierung aufgrund des Klimawandels, in großem Maße eingeschränkt werden.

In der Broschüre wurde versucht, Informationen über mögliche extreme Wetterereignisse im Fördergebiet des Kooperationsprogramms INTERREG Polen-Sachsen 2014-2020 zu schildern, um das Bewusstsein der Einwohner dieses Gebietes zu erhöhen. Es ist wichtig, dass die Bewohner der Region geeignete Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und zur Begrenzung seiner Auswirkungen ergreifen, um sowohl die Infrastruktur als auch die Gesundheit und das Leben der Menschen in diesem Gebiet soweit wie möglich zu schützen.

[www.wikt.info](http://www.wikt.info)

