



UNIwersytet Gdański



*Katedra Meteorologii i Klimatologii IG UG
zaprasza na cykl wykładów pt.:*

Zagrożenie obszaru województwa pomorskiego występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych w konsekwencji spodziewanej zmiany klimatu

dr Mirosława Malinowska
Katedra Meteorologii i Klimatologii

*Podatność obszaru
woj. pomorskiego
na ekstremalne zjawiska
hydrologiczne*

Instytut Geografii UG, Gdańsk, 21.11.2014

Ekstremalne zjawiska o charakterze hydrologicznym

- Intensywne opady deszczu
- Susze
- Powodzie
- Wezbrania sztormowe



Intensywne opady deszczu

- Dla obszaru Polski, spośród wszystkich zagrożeń naturalnych wywołanych przez czynniki przyrodnicze, największe zagrożenie stanowią wysokie opady atmosferyczne oraz maksymalne prędkości wiatru.
- Intensywne kilkudniowe opady deszczu, o charakterze rozlewnym, obejmują duże obszary i są często przyczyną powodzi.
- Krótkotrwałe deszcze ulewne i nawałne powodują wezbrania i powodzie lokalne typu flash flood.

Intensywne opady deszczu

Wg IMGW kryteria wyznaczania dobowych wysokości opadów, stwarzających odpowiednią kategorię zagrożenia powodziowego w Polsce, są następujące:

- ≥ 30 mm/dobę – opad zagrażający
- ≥ 50 mm/dobę - opad groźny powodziowo
- ≥ 70 mm/dobę - opad powodziowy
- ≥ 100 mm/dobę - opad katastrofalny

Charakterystyki rodzajów zniszczeń spowodowanych opadem deszczu o określonych wysokościach w ciągu doby według przyjętej skali zagrożenia:

I. Opad ≥ 30 mm/dobę - opad zagrażający

- tworzą się lokalne podtopienia oraz zalania terenów i pomieszczeń niżej położonych;
- na ulicach i powierzchniach zwartych tworzy się stojąca warstwa wody,
- w terenach o zróżnicowanej rzeźbie następuje szybki jej spływ;
- pojawia się erozja i spływ gleb;
- utrudnienia w ruchu pieszym i drogowym.

Charakterystyki rodzajów zniszczeń spowodowanych opadem deszczu o określonych wysokościach w ciągu doby według przyjętej skali zagrożenia:

II. Opad ≥ 50 mm/dobę - opad groźny powodziowo

- Woda opadowa zaczyna tworzyć „rzeki/strumienie” w dogodnych dla siebie miejscach, zarówno w terenach niezabudowanych, jak i zabudowanych, szczególnie przy spadkach terenu;
- powierzchniowe zalania terenu i niżej położonych pomieszczeń;
- pierwsze większe zniszczenia infrastruktury miast i wsi;
- zastoiska wody
- na obszarach pól uprawnych podmywanie korzeni drzew,
- możliwe lawiny błotne.

Charakterystyki rodzajów zniszczeń spowodowanych opadem deszczu o określonych wysokościach w ciągu doby według przyjętej skali zagrożenia:

III. Opad ≥ 70 mm/dobę - opad powodziowy

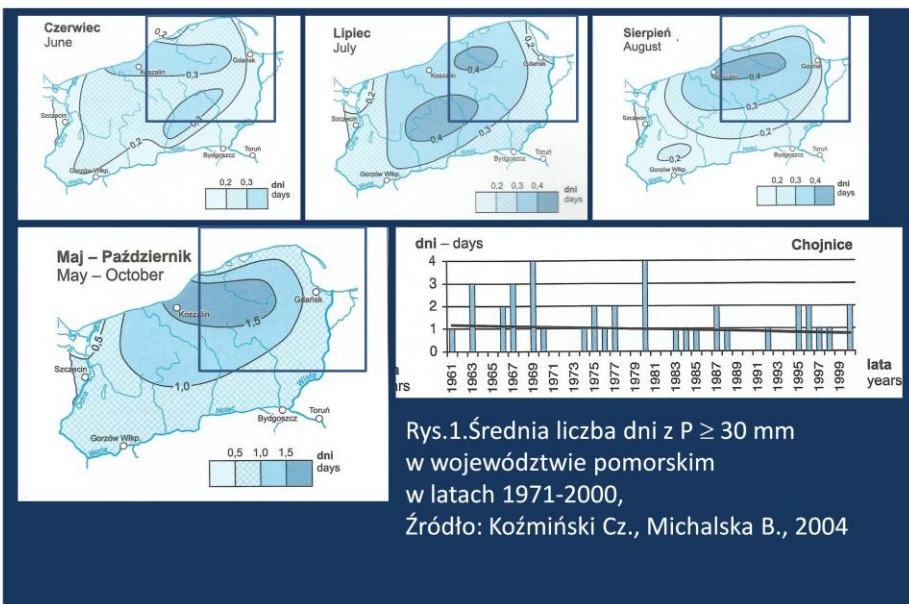
- następuje ograniczenie wchłaniania wody przez powierzchnię gruntu, w miastach studzienki burzowe i rury kanalizacyjne nie zdążają odbierać tak dużej masy wody, ulice stają się korytami prowadzącymi jej nadmiar.
- przy większych spadkach terenu tworzą się rwące potoki niszczące wszystko co napotkają po drodze,
- podmywane są tory kolejowe i tramwajowe;
- następuje nagły przybór rzek odprowadzających wody z danego terenu, które stają się szalejącą kipiela;
- tworzą się osuwiska i lawiny błotne;
- potrzebna pomoc zorganizowanych jednostek ratowniczych.

Charakterystyki rodzajów zniszczeń spowodowanych opadem deszczu o określonych wysokościach w ciągu doby według przyjętej skali zagrożenia:

IV. Opad ≥ 100 mm/dobę katastrofalny

- Oprócz zdarzeń wymienionych w punkcie III następuje intensywny, niekontrolowany spływ wody do rzeki na skutek wysokiego opadu, który w krótszych odcinkach czasu może osiągać natężenie deszczu nawalnego
- Następuje nagły (w ciągu 3 godzin) przybór wody w najbliższym cieku, przekraczający poziom wody brzegowej. Skutkiem jest zalanie terenów wokół cieku oraz katastrofalne zniszczenia całej infrastruktury, w tym mostów.
- Jest to klęska żywiołowa, podczas której ludzie tracą życie.
- Wymagana jest pomoc zorganizowanych jednostek ratowniczych z danego terenu oraz krajowych, a nawet międzynarodowych.
- Potrzebna pomoc fizyczna, medyczna, psychologiczna, finansowa i opieka organów administracji rządowej dla poszkodowanej ludności.

Intensywne opady deszczu

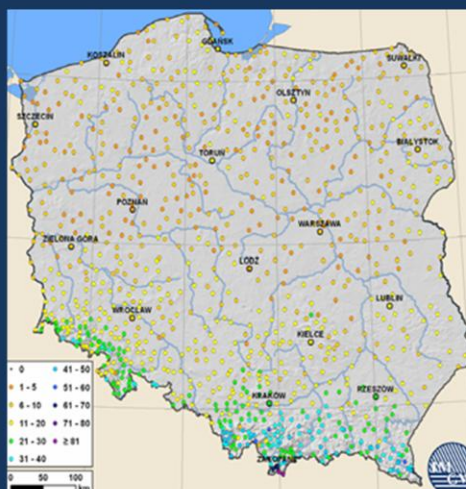


Średnia liczba dni z opadem ≥ 30 mm w województwie pomorskim wynosi w półroczu ciepłym od 0,5 w części południowej i wschodniej województwa do 1,5 w części zachodniej. Najwięcej takich dni notowanych jest w miesiącach letnich od czerwca do sierpnia włącznie. W sezonie letnim opad o sumie dobowej nie mniejszej niż 30 mm notowany jest na obszarze województwa pomorskiego średnio raz na trzy lata. W Chojnicach trend zmian średniej rocznej liczby dni z opadem ≥ 30 mm w latach 1961-2000 jest ujemny, co oznacza, że liczba dni z taką dobową sumą opadów maleje.

Intensywne opady deszczu

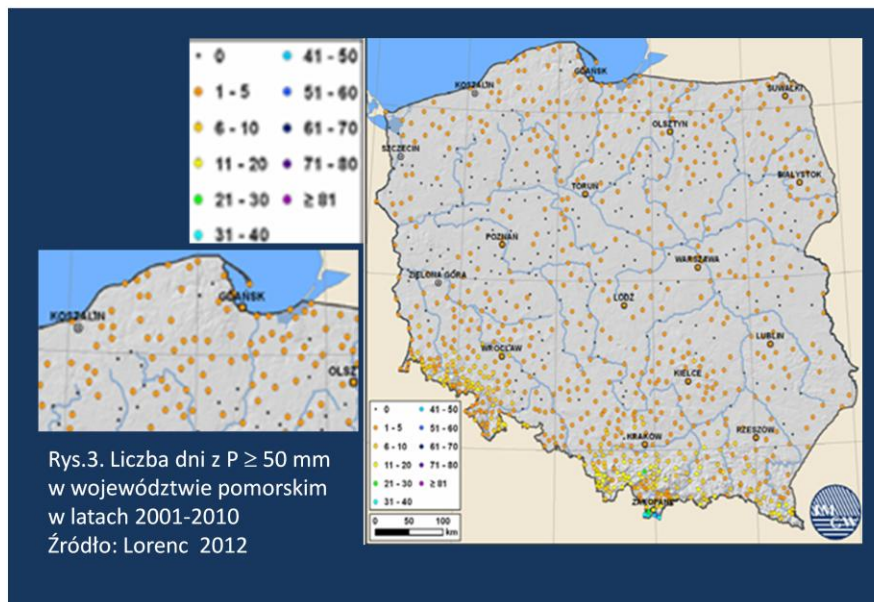
Stacja	Liczba dni z $P \geq 30$ mm/dobę
Ustka	5
Łeba	7
Lębork	6
Hel	6
Gdańsk - Port Północny	10
Chojnice	9

Rys. 2. Liczba dni z $P \geq 30$ mm w województwie pomorskim w latach 2001-2010,
Źródło: Lorenc 2012



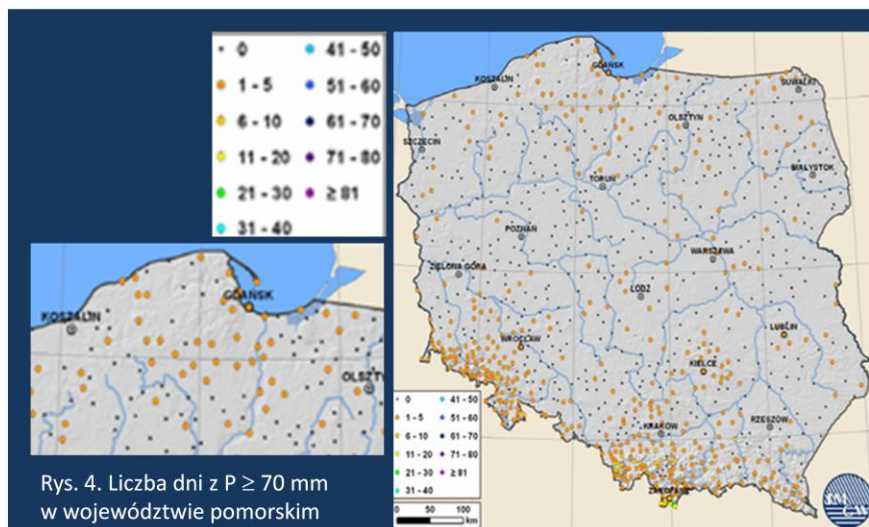
W województwie pomorskim w latach 2001-2010 notowano na wybranych stacjach do 20 dni z opadem nie mniejszym niż 30 mm/ dobę.

Intensywne opady deszczu



W latach 2001-2010 liczba dni z opadem nie mniejszym niż 50 mm/dobę nie przekraczała w województwie pomorskim 5.

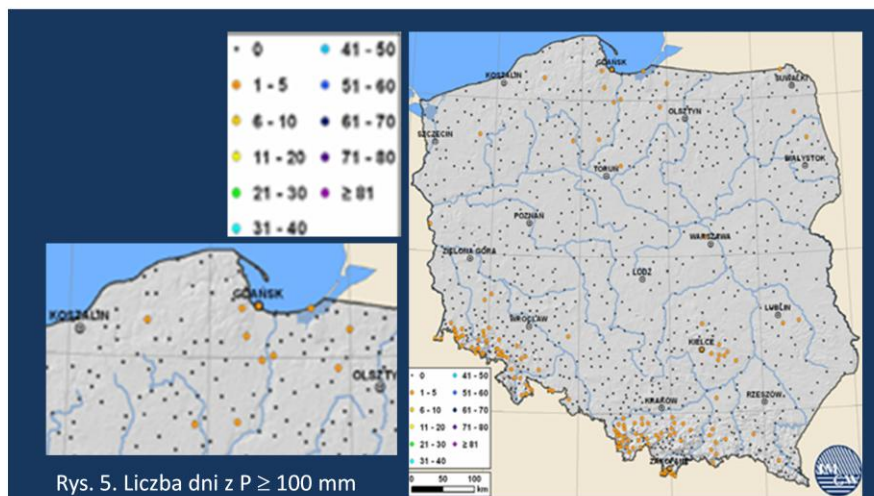
Intensywne opady deszczu



Rys. 4. Liczba dni z $P \geq 70$ mm w województwie pomorskim w latach 2001-2010, Źródło: Lorenc 2012

Liczba dni z opadem ≥ 70 mm/ dobę nie przekraczała w latach 2001-2010 w województwie pomorskim 5, a na wielu stacjach opad taki nie wystąpił.

Intensywne opady deszczu



W latach 2001-2010 w województwie pomorskim dobową sumą opadu ≥ 100 mm notowana była tylko na kilku stacjach, w tym na stacjach Trójmiasta.

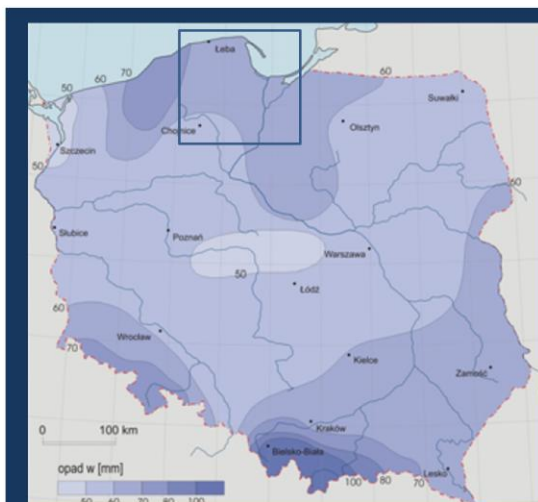
Intensywne opady deszczu

Stacja	P _{max} (mm)	Prawdopodobieństwo (%) przewyższenia maksymalnego opadu dobowego o wysokości			
		30 mm	50 mm	70 mm	100 mm
Ustka	94,2	64,4	22,2	5,9	0,7
Łeba	141,0	56,7	22,7	7,6	1,3
Chojnice	84,6	57,4	17,8	4,9	0,5

Tab. 1. Opad maksymalny w latach 2001-2010 oraz prawdopodobieństwo przewyższenia maksymalnego opadu dobowego o zadanej wysokości na wybranych stacjach województwa pomorskiego, Źródło: Lorenc 2012

Maksymalny opad dobowy zanotowano w województwie pomorskim w latach 2001-2010 w Łebie, osiągnął on wartość 141,0 mm. Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu zagrażającego w województwie pomorskim (suma dobową ≥ 30 mm) przekracza 50 % ale prawdopodobieństwo wystąpienia opadu katastrofalnego (suma dobową ≥ 100 mm) wynosi już tylko około 1%.

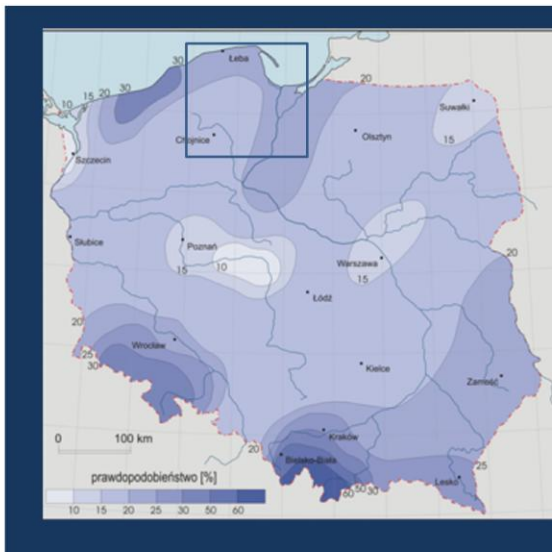
Intensywne opady deszczu



Rys. 6. Wysokość opadu
 maksymalnego
 dobowego
 o prawdopodobieństwie
 wystąpienia 10%
 (raz na 10 lat)
 Źródło: Lorenc 2012

Raz na 10 lat można się spodziewać w województwie pomorskim opadu o sumie
 dobowej o wartości od 60 do 70 mm.

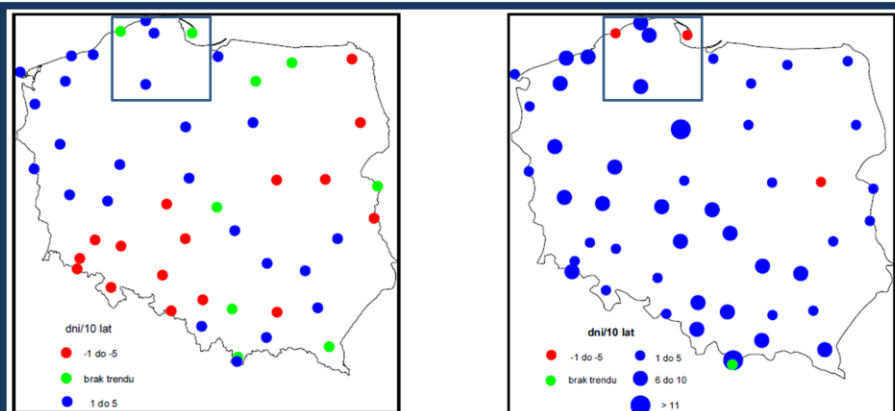
Intensywne opady deszczu



Rys. 7. Prawdopodobieństwo przewyższenia opadu powyżej 50 mm/dobę (powodziowego),
Źródło: Lorenc 2012

W północnej i wschodniej części województwa pomorskiego prawdopodobieństwo wystąpienia opadu powodziowego (dobowej sumy opadu przewyższającej 50 mm) wynosi ponad 20%, w części centralnej i południowo-zachodniej jest nieco mniejsze, ale przekracza 15 %.

Intensywne opady deszczu



a) Tendencje liczby dni z opadem ≥ 10 mm (1971-2002)

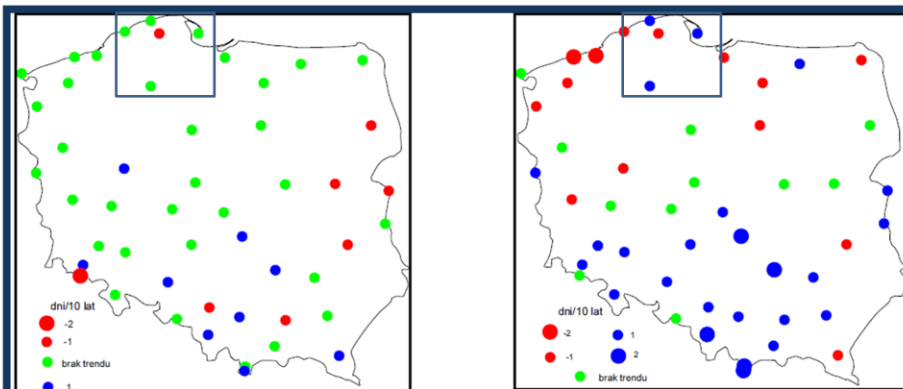
b) Tendencje liczby dni z opadem ≥ 10 mm (1991-2002)

Rys. 8. Tendencje występowania intensywnych opadów dobowych, w województwie pomorskim w okresie 1971-2002

Źródło: Lorenc 2012

W latach 1971-2002 na stacjach w Łebie, Lęborku i Chojnicach liczba dni z opadem ≥ 10 mm wzrastała w tempie od 1 do 5 dni na 10 lat. W tym samym czasie liczba dni z opadem ≥ 10 mm na stacjach w Ustce i w Helu nie wykazywała istotnych statystycznie zmian. W latach 1991-2002 nastąpiła intensyfikacja dodatnich trendów zmian liczby dni z opadem ≥ 10 mm na stacjach w Łebie, Lęborku i Chojnicach. Średni wzrost liczby dni z takim opadem plasował się na poziomie od 6 do 10 dni na 10 lat. W tym samym okresie na stacjach w Ustce i w Helu zaobserwowano spadek liczby dni z opadem ≥ 10 mm, średnio o 1 do 5 dni na 10 lat.

Intensywne opady deszczu



a) Tendencje liczby dni z opadem ≥ 50 mm (1971-2002)

b) Tendencje liczby dni z opadem ≥ 50 mm (1991-2002)

Rys. 9. Tendencje występowania intensywnych opadów dobowych w województwie pomorskim w okresie 1971-2002, Źródło: Lorenc 2012

W latach 1971-2002 tylko stacja w Lęborku wykazywała trend zmian liczby dni z opadem ≥ 50 mm i był to trend ujemny, spadek liczby dni z opadem powodziowym następował w tempie jednego dnia na 10 lat. W latach 1991-2002 spadek liczby dni z opadem ≥ 50 mm o 1 dzień na 10 lat obserwowany był nie tylko na stacji w Lęborku ale i w Ustce. W tym samym czasie średnia roczna liczba dni z opadem ≥ 50 mm wykazywała tendencje dodatnie (średni wzrost o 1 dzień na 10 lat) na stacjach w Chojnicach, Łebie i Helu.

Ocena zagrożenia **suszą** w województwie pomorskim

Ogólne pojęcie suszy rozumiane jest jako **zauważalny brak wody, który powoduje szkody w środowisku i gospodarce, a także wyraźną uciążliwość lub nawet zagrożenie dla ludności**



Ocena zagrożenia **suszą** w województwie pomorskim



Źródło: <http://wiadomosci.wp.pl/gid,14903192,kat,1342,title,Polsce-grozi-susza-hydrologiczna,galeria.html?ticaid=113c7d>

Susza to zjawisko ciągłe o zasięgu regionalnym, które charakteryzuje odchylenie od warunków normalnych opadów, wilgotności, stanów wody gruntowej i przepływów w rzekach

Ocena zagrożenia **suszą** w województwie pomorskim

Rozwój suszy następuje w następujących fazach:

- deficyt lub brak opadów, wysoka temperatura powietrza powodują wystąpienie pierwszej fazy suszy, która jest **suszą meteorologiczną**
- zwiększający się niedobór opadów oraz wzrost parowania i transpiracji zwiastuje **suszę glebową**
- w kolejnej fazie następuje zczyrpywanie retencji wód podziemnych i zmniejszanie się przepływów w rzekach - następuje faza **suszy hydrologicznej**.

Ocena zagrożenia suszą w województwie pomorskim

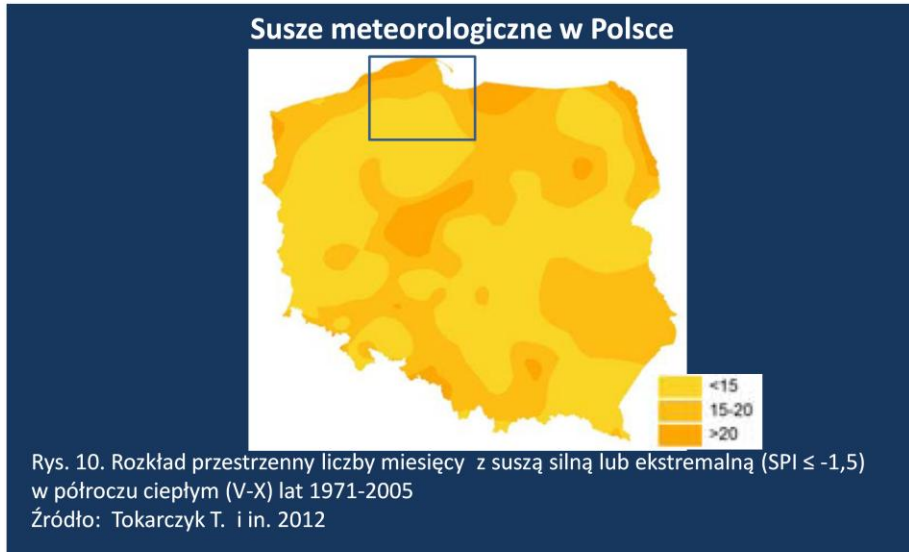
- Suszę meteorologiczną wyznacza się na podstawie **wskaźnika standaryzowanego opadu** (SPI – Standardised Precipitation Index).
- Za suszę meteorologiczną uznaje się okres gdy wskaźnik SPI jest nie większy niż -0,5. Opady są wówczas niższe od przeciętnych.

Tab. 2. Klasyfikacja suszy wg wskaźnika standaryzowanego opadu SPI,
Źródło: Łabędzki, Bąk, 2004

Klasa suszy	SPI
umiarkowana	-0,5 ÷ -1,49
silna	-1,50 ÷ -1,99
ekstremalna	≤ -2,0

Wskaźnik standaryzowanego opadu (SPI Standardized Precipitation Index) dla dowolnego obszaru określa się na podstawie długich szeregów opadów dla żądanych okresów, dla których dobiera się rozkład prawdopodobieństwa Gamma, który jest następnie transformowany w rozkład normalny. Parametry rozkładu szacowane są metodą największej wiarygodności. Dodatnie wartości wskaźnika SPI wskazują na większy opad niż mediana, zaś ujemne na mniejszy. Każdej pojawiającej się suszy odpowiada stała ujemna wartość wskaźnika SPI, która wynosi -0,5 lub mniej. Koniec suszy określa się w momencie, gdy wskaźnik przyjmuje wartość dodatnią (Tokarczyk T., Szalińska W., Otop I., 2012, Ocena zagrożenia suszą w Polsce i prognoza jej rozwoju, [w:] Lorenc H., (red.) Kłeski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, IMGW-PIB, Warszawa, s. 150-175;)

Ocena zagrożenia **suszą** w województwie pomorskim



W latach 1971-2005 liczba miesięcy z suszą silną lub ekstremalną w województwie pomorskim wahała się od poniżej 15 w części południowej województwa do ponad 20 w części północnej. Obszary najbardziej narażone na susze meteorologiczne to Pobrzeże Słowińskie, Pobrzeże Gdańskie oraz północny skłon Pojezierza Kaszubskiego.

Ocena zagrożenia **suszą** w województwie pomorskim

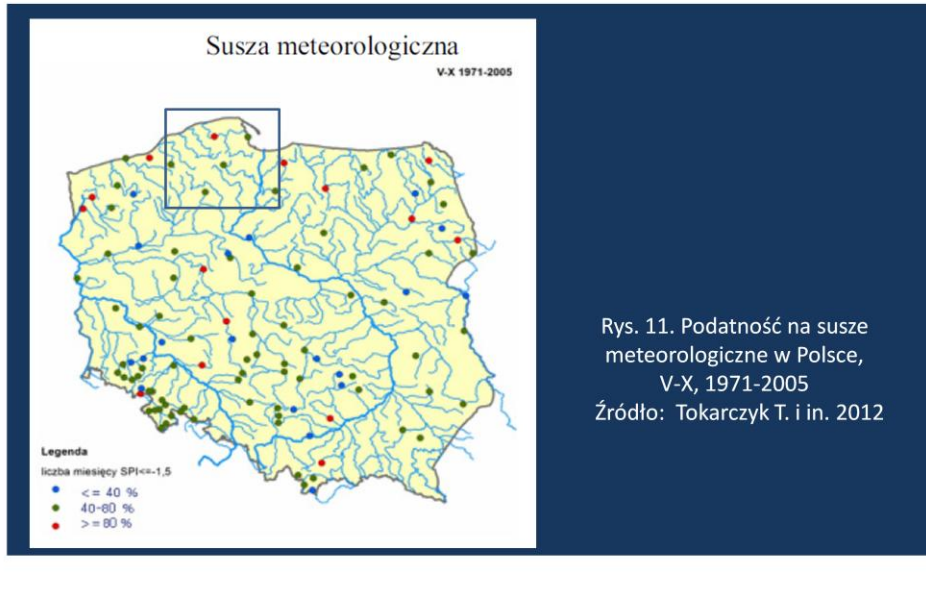
Podatność na susze w województwie pomorskim

Podatność na susze wyrażona została jako ilość wystąpień suszy zaobserwowanej na danej stacji do maksymalnej liczby zdarzeń zaobserwowanych w wieloleciu referencyjnym na obszarze Polski.

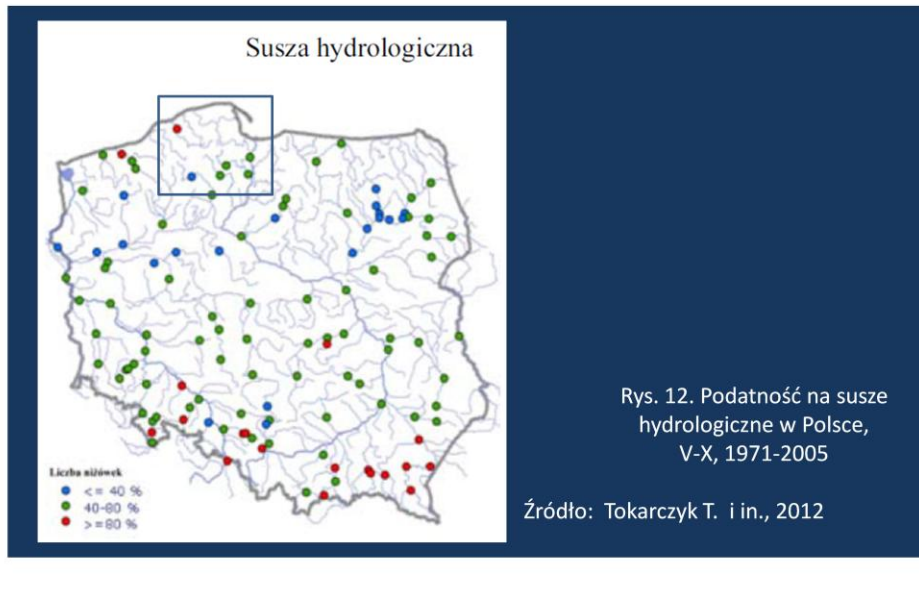
Za kryterium suszy meteorologicznej przyjęto wartości wskaźnika $SPI \leq -1,5$, natomiast jako wskaźnik suszy hydrologicznej przyjęto liczbę zaobserwowanych okresów niżówkowych .

Otrzymane wartości podzielono na 3 klasy oznaczające małą (do 40%), średnią (40% -80 %) i dużą podatność (od 80%)

Ocena zagrożenia **suszą** w województwie pomorskim



Podatność na zagrożenie suszą meteorologiczną w województwie pomorskim wynosi 40-80% w części południowej i centralnej i ponad 80% w części północnej.



Podatność na zagrożenie suszą hydrologiczną w województwie pomorskim wynosi 40-80% w części południowej i centralnej i ponad 80% w części północnej.

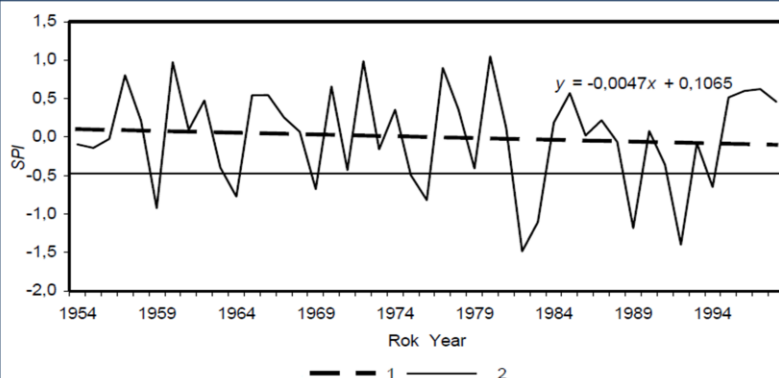
Ocena zagrożenia **suszą** w województwie pomorskim

Susze w Polsce - trendy

Wg Łabędzkiego (2004) „W ostatnich 25 latach susze w Polsce pojawiają się coraz częściej, są coraz intensywniejsze i obejmują znaczne obszary kraju. Ta tendencja wpisuje się w ogólny trend występowania na kuli ziemskiej, z coraz większą częstotliwością, ekstremalnych zjawisk meteorologicznych, wywołanych zarówno przez czynniki naturalne jak i antropogeniczne (efekt cieplarniany)

Łabędzki L., 2004, Problematyka susz w Polsce, Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie, t.4 z.1. s. 51.

Ocena zagrożenia suszą w województwie pomorskim



Rys. 3. Średnie wartości SPI na obszarze Polski dla okresów wegetacyjnych w latach 1954–1998.
 1 – trend, 2 – wartość progowa wystąpienia suszy

Rys. 13. Susze w Polsce – trendy w latach 1954-2000

Źródło: Łabędzki L., 2004, Problematyka susz w Polsce, Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie, t.4 z.1. s. 53.

Wykres przedstawia przebieg SPI w latach 1954-1998 uśredniony dla 31 stacji w Polsce. Malejące wartości Wskaźnika Opadu Standaryzowanego świadczą o zwiększającym się prawdopodobieństwie wystąpienia susz w Polsce.
 Źródło: Łabędzki L., 2004, Problematyka susz w Polsce, Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie, t.4 z.1. s. 53.

Wezbrania sztormowe

Wezbrania sztormowe są generowane wiatrami dolądowymi (w warunkach polskich z sektora północnego),

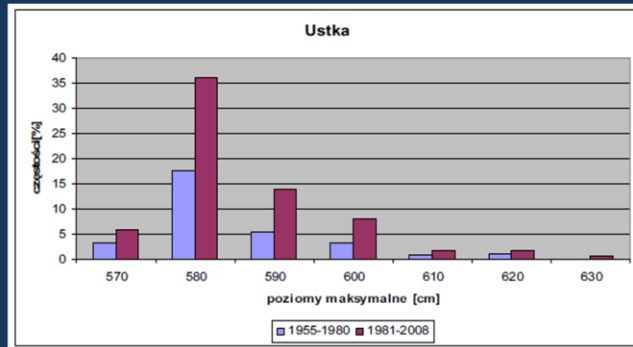


Rys. 14. Kierunki wiatru sprzyjające wezbraniom sztormowym na południowym wybrzeżu Bałtyku

Jednakże ich intensywność zależy również od stopnia napełnienia Bałtyku i batymetrii poszczególnych odcinków.

Wezbrania sztormowe

Za wezbranie sztormowe przyjęto wszystkie sytuacje hydrologiczne, podczas których poziom morza osiągnęły lub przekroczyły na stacjach polskich 570 cm.

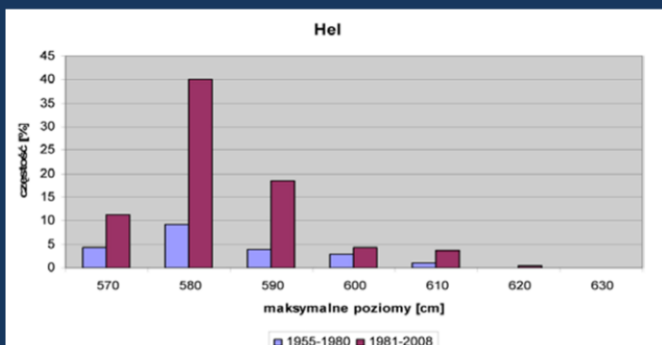


Rys. 15. Częstość występowania maksymalnych obserwowanych poziomów morza podczas wezbrań sztormowych w Ustce w latach 1955-1980 i 1981-2008,
Źródło: Sztobryn M. i in., 2012,

W Polsce średni poziom morza określany jest na podstawie wskazań mareografu w Kronsztadzie niedaleko Sankt Petersburga.

W latach 1981-2008 na stacji w Ustce maksymalne obserwowane poziomy morza podczas wezbrań sztormowych były wyższe niż w latach 1955-1980.

Wezbrania sztormowe



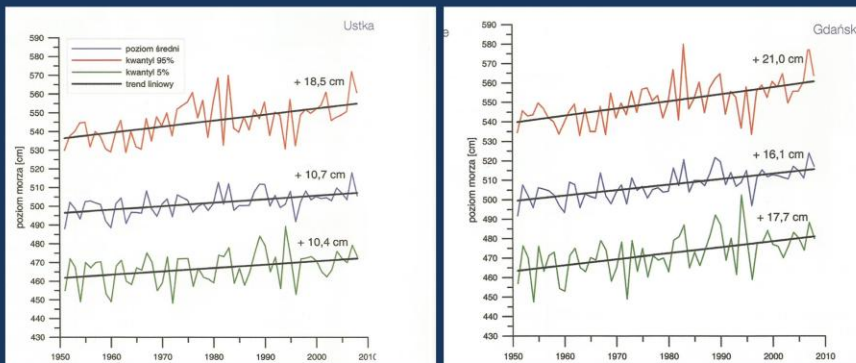
Rys. 16. Częstość występowania maksymalnych obserwowanych poziomów morza podczas wezbrań sztormowych w Helu w latach 1955-1980 i 1981-2008, Źródło: Sztobryn M. i in., 2012,

Podobnie jak w Ustce, również na Helu w latach 1981-2008 maksymalne obserwowane poziomy morza podczas wezbrań sztormowych były wyższe niż w latach 1955-1980.

Wezbrania sztormowe

O możliwości wystąpienia wezbrania sztormowego decyduje nie tylko silny wiatr, wiejący z kierunków dolądowych ale występujący równocześnie wysoki poziom morza, wynikający z jego „napełnienia”. Silny wiatr może wywołać wezbranie w przypadku wysokiej wartości tego wskaźnika, zaś przy niskiej mogą nie być osiągnięte nawet stany ostrzegawcze.

Zmiana stanów morza

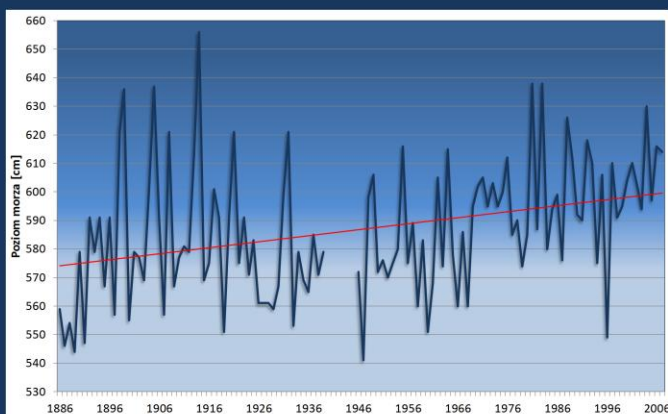


Rys. 17. Zmiany rocznego stanu morza w latach 1951-2008 (stan średni, kwantyl 95% poziomu maksymalnego i kwantyl 5% poziomu minimalnego) w Ustce i w Gdańsku.

Źródło: Sztobryn M. i in., 2012

W latach 1950-2010 zarówno średni poziom morza jak i stany najwyższe i najniższe morza wykazują tendencję rosnącą, co powoduje wzrost zagrożenia powodziowego od strony morza.

Zmiana stanów morza



Rys. 18. Przebieg maksymalnych poziomów morza w Gdańsku, 1881-2001

W latach 1950-2010 zarówno średni poziom morza jak i stany najwyższe i najniższe morza wykazują tendencję rosnącą, co powoduje wzrost zagrożenia powodziowego od strony morza.

Zmiana stanów morza

Tab. 3. Wartości referencyjne kwantyla 95% maksymalnego poziomu morza [cm]
w skali roku i sezonów, 1971-1990

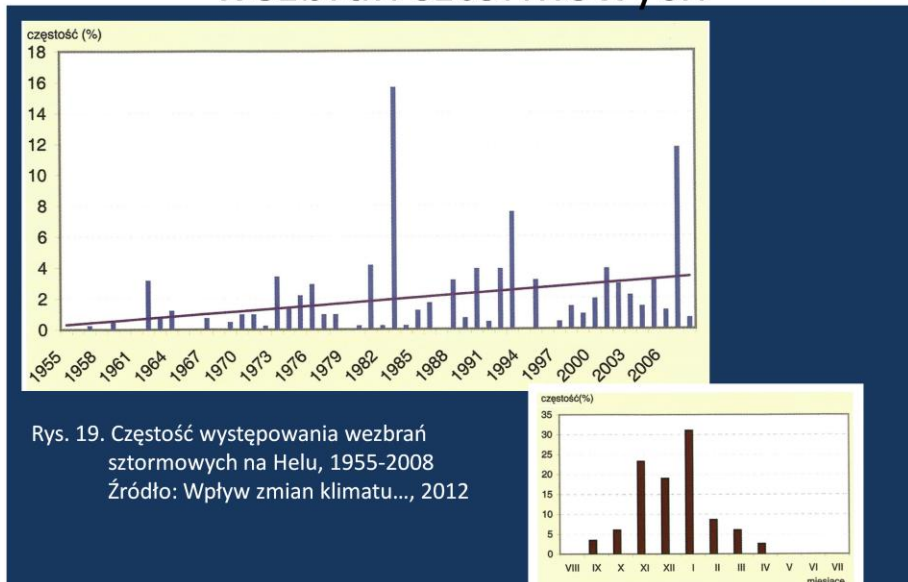
Stacje	Rok	Zima	Wiosna	Lato	Jesień
Świnoujście	533,9	548,1	519,4	523,5	544,9
Kołobrzeg	533,8	547,2	516,5	524,0	547,6
Ustka	532,7	544,4	515,3	524,9	545,9
Łeba	529,2	541,0	510,6	522,9	542,1
Władysławowo	531,2	542,3	512,6	525,0	544,9
Hel	530,9	541,5	512,7	524,5	544,8
Gdynia	533,9	544,4	516,1	527,4	547,6
Gdańsk Port	537,3	548,1	518,9	530,3	551,7
Gdańsk ujście Wisły	548,9	560,7	538,3	538,2	558,5

Tab. 4. Zmiany kwantyla 95% maksymalnego poziomu morza w okresie 1951-2008
współczynnik trendu [cm/10 lat], wyróżniono zmiany istotne statystycznie

Stacje	Rok	Zima	Wiosna	Lato	Jesień
Świnoujście	2,9	3,3	3,3	2,1	2,9
Kołobrzeg	2,5	3,4	3,0	1,7	1,9
Ustka	2,8	3,8	3,2	2,1	2,0
Łeba	2,7	4,1	2,9	1,8	1,9
Władysławowo	2,6	3,8	3,2	1,4	1,8
Hel	2,5	4,0	2,8	1,5	1,5
Gdynia	3,0	4,4	3,2	2,1	1,9
Gdańsk Port	2,8	4,3	3,6	1,8	1,5

W latach 1950-2010 zarówno średni poziom morza jak i stany najwyższe i najniższe morza wykazują tendencję rosnącą, co powoduje wzrost zagrożenia powodziowego od strony morza.

Częstość występowania wezbrań sztormowych



Rys. 19. Częstość występowania wezbrań
sztormowych na Helu, 1955-2008
Źródło: Wpływ zmian klimatu..., 2012

W sezonie sztormowym (od września do kwietnia włącznie) występują w ostatnich latach średnio 2-3 wezbrania sztormowe a ich częstość u południowych wybrzeży Bałtyku wzrasta. W latach 1955-2008 około 30% wszystkich wezbrań sztormowych miało miejsce w styczniu, około 23% w listopadzie i około 20% w grudniu.

Wskaźnik wezbraniowości

$$W = \frac{1}{i} \sum \left(\frac{V^2}{0.1H} \right)_i$$

gdzie:

W – wskaźnik wezbraniowości,

i – liczba wezbrań w miesiącu lub sezonie, na podstawie której określa się wskaźnik wezbraniowości,

V – maksymalna prędkość wiatru zaobserwowana podczas pojedynczego wezbrania,

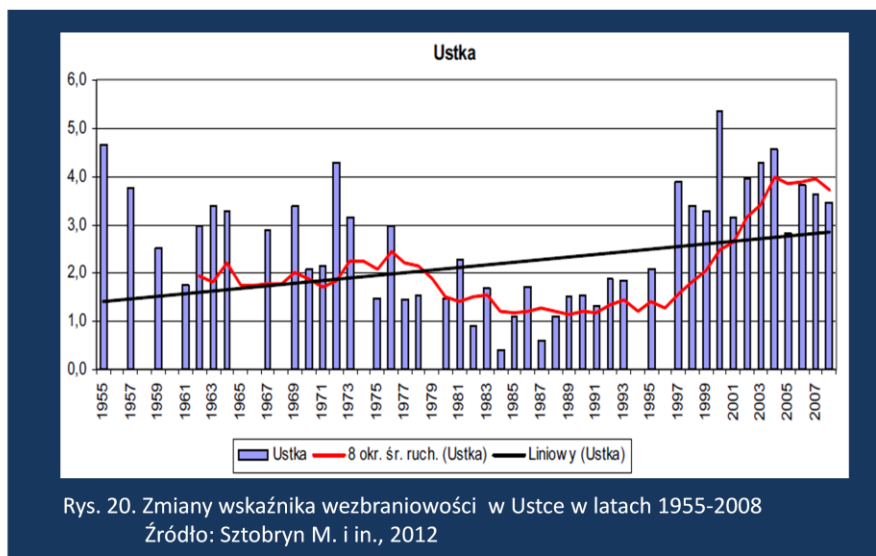
H – maksymalna wysokość poziomu morza zaobserwowana podczas pojedynczego wezbrania,

0,1 – współczynnik numeryczny.

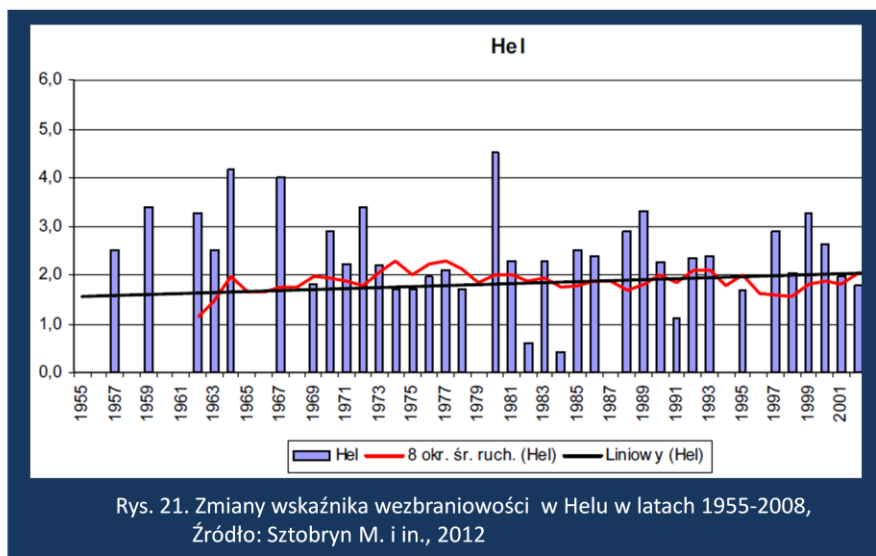
Wartość powyżej 4 świadczy o występowaniu dużych wezbrań podczas sztormów o znacznej sile. Wartość ok. 1 wskazuje na sztorm, podczas którego wystąpiło nieznaczne przekroczenie stanu alarmowego

Źródło: Sztobryn M. i in., 2012,

Wskaźnik wezbraniowości



Wskaźnik wezbraniowości w Ustce w okresie 1955-2008 wykazuje tendencję rosnącą. Szczególnie w latach 1997-2008 obserwowane są wysokie wskaźniki wezbraniowości, przekraczające wartość 3.



Wartości średniego wieloletniego współczynnika wezbraniowości w okresie 1955-2008 wyniosły 2,6 w Ustce i 2,2 w Helu. Średnia wartość wskaźnika wezbraniowości w obu stacjach wykazuje tendencję rosnącą.

Nagłe powodzie lokalne

„Nagła powódź lokalna (ang. Flash Flood) to powódź o dużej objętości wody i krótkim czasie trwania, występująca po gwałtownym, intensywnym (zwykle burzowym) opadzie deszczu, trwającym od kilkunastu minut do kilku, a nawet kilkunastu godzin.

Powódź taka może zdarzyć się praktycznie w każdym rejonie Polski i wcale nie musi być związana z rzeką i wystąpieniem wody z jej koryta. Może to być również powódź miejska, wywołująca podtopienia i zalania pewnych obszarów miasta.”

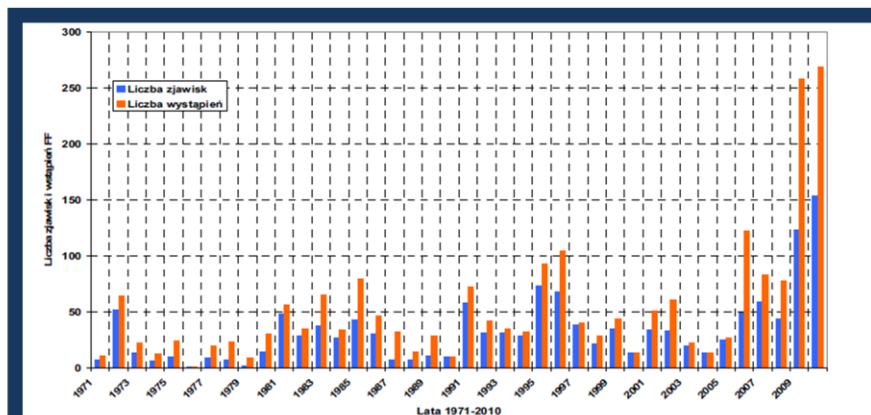
Źródło: Ostrowski i in., 2012, s. 123.

Nagłe powodzie lokalne

„Czynnikami sprzyjającymi wystąpieniu nagłej powodzi są duże nachylenie stoków oraz liczne i wąskie doliny przyspieszające spływ wody. Powódź typu FF może wystąpić nawet w kilka minut po opadzie, który ją wywołał. Następuje wówczas gwałtowny spływ wody po zboczach dolin, powodujący wrywanie drzew, głązów, niszczenie mostów i zabudowań. Na obszarach zurbanizowanych, zabudowanych materiałami nieprzepuszczalnymi (jezdnie, chodniki), znacznie zwiększa się odpływ (od 2 do 6 razy) w stosunku do terenów o pokryciu naturalnym i straty materialne są znacznie większe. W miastach bardzo niebezpiecznymi pułapkami mogą stać się tunele, przejścia podziemne, stacje metra itp.”.

Źródło: Ostrowski i in., 2012, s. 123.

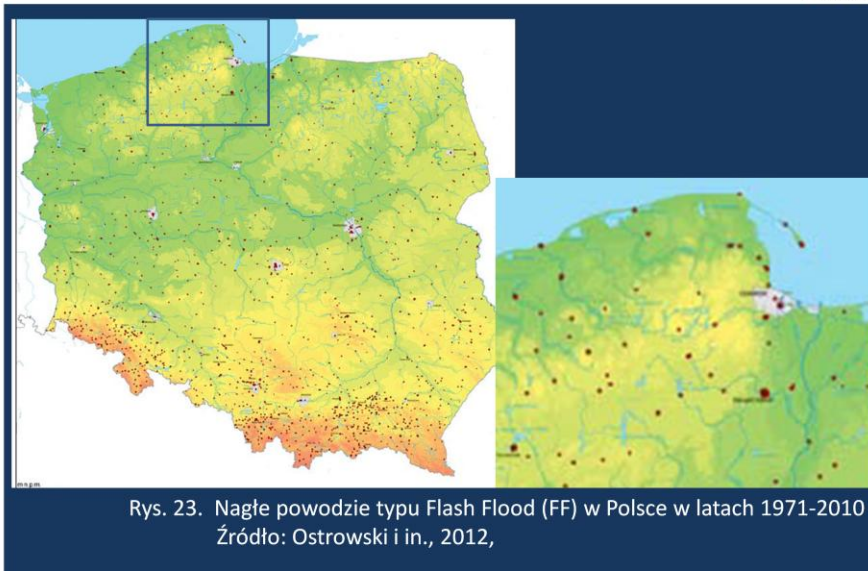
Nagłe powodzie lokalne Trendy w Polsce



Rys. 22. Ilość zjawisk nagłych powodzi lokalnych typu Flash Flood w porównaniu z ilością wszystkich miejsc wystąpień w poszczególnych miejscowościach w Polsce w latach 1971-2010, Źródło: Ostrowski i in., 2012.

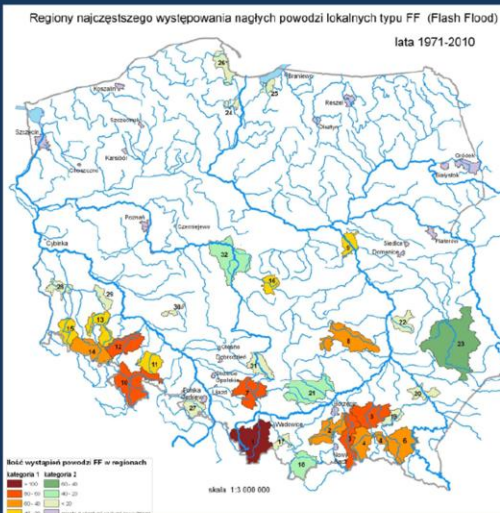
W latach 1971-2010 wzrasta zarówno liczba nagłych powodzi lokalnych w Polsce jak i miejsc ich występowania. Szczególny wzrost tych zjawisk obserwowany jest po roku 2005.

Nagłe powodzie lokalne



W latach 1971-2010 nagłe powodzie typu Flash Flood notowane były na obszarze całego województwa pomorskiego.

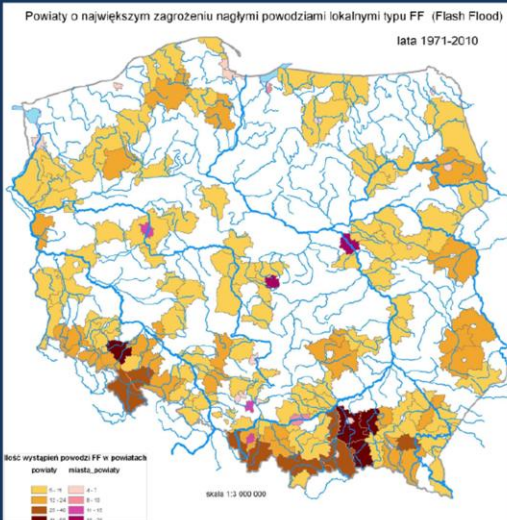
Nagłe powodzie lokalne



W województwie pomorskim wyróżniono dwa obszary szczególnie narażone na występowanie nagłych powodzi lokalnych typu FF. Są to zlewnie wybrzeża od Gdańska do Redy, drugi obszar to zlewnia środkowej Wierzycy w rejonie Starogardu Gdańskiego. Liczba zanotowanych w tych regionach w latach 1971-2010 nagłych powodzi lokalnych nie przekroczyła 20.

Rys. 24. Regiony najczęstszego występowania nagłych powodzi lokalnych typu FF w latach 1971-2010, Źródło: Ostrowski i in., 2012

Nagłe powodzie lokalne



W województwie pomorskim powiatami najbardziej zagrożonymi nagłymi powodziami lokalnymi są powiaty bytowski i starogardzki, następnie powiaty pucki, słupski i kościerski oraz miasta-powiaty Gdańsk, Sopot i Gdynia.

Rys. 25. Powiaty o największym zagrożeniu nagłymi powodziami lokalnymi typu FF w latach 1971-2010, Źródło: Ostrowski i in., 2012

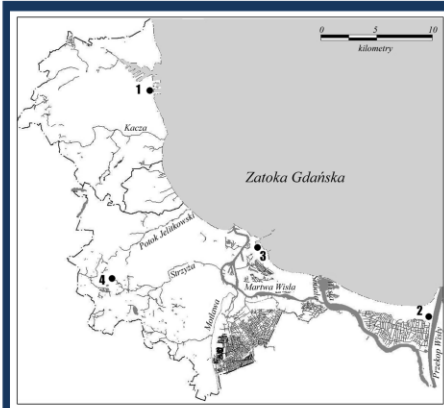
Podatność Gdańska na podtopienia i powodzie



Rys. 26. Lokalizacja Gdańska
na tle jednostek
fizycznogeograficznych

Gdańsk leży na pograniczu czterech regionów geograficznych: Pobrzeża Kaszubskiego, Pojezierza Kaszubskiego, Mierzei Wiślanej i Żuław Wiślanej. Zajmuje powierzchnię 260 km², długość linii brzegowej w granicach miasta wynosi 19 km, na wschodzie granicę miasta stanowi Przekop Wisły.

Podatność Gdańska na podtopienia i powodzie



Rys. 27. Stacje synoptyczne i klimatyczne na tle sieci hydrograficznej Trójmiasta:
1 – Gdynia; 2 – Gdańsk Świbno;
3 – Gdańsk Port Północny; 4 – Gdańsk Rębiechowo

W samym mieście do morza uchodzą Martwa Wisła, Motława i Radunia z licznymi dopływami i kanałami oraz potoki spływające z Wysoczyzny Gdańskiej.

Różnica wysokości w mieście przekracza 80 m, co sprawia, że cieki te mają charakter rzek górskich. Oznacza to szybką reakcję na opad i gwałtowny wzrost przepływów, czemu dodatkowo sprzyja intensywna zabudowa obszarów położonych na Wysoczyźnie Gdańskiej.

Podatność Gdańska na podtopienia i powodzie

Zagrożenia powodziowe miasta Gdańska

Zewnętrzne	Wewnętrzne
Wezbrania sztormowe	Opady na górnych, zurbanizowanych tarasach miasta, powodujące wezbrania na dopływach Raduni, Motławy i martwej Wisły oraz w kanalizacji deszczowej
Fala powodziowa na Wiśle	
Powódzie zatorowe	
Fale wezbraniowe powstałe w wyniku intensywnych opadów/roztopów w górnych biegach rzek przepływających przez Gdańsk	Gospodarka urządzeniami hydrotechnicznymi (np. zbyt późne włączone pompy, awarie urządzeń hydrotechnicznych)

Podatność Gdańska na podtopienia i powodzie

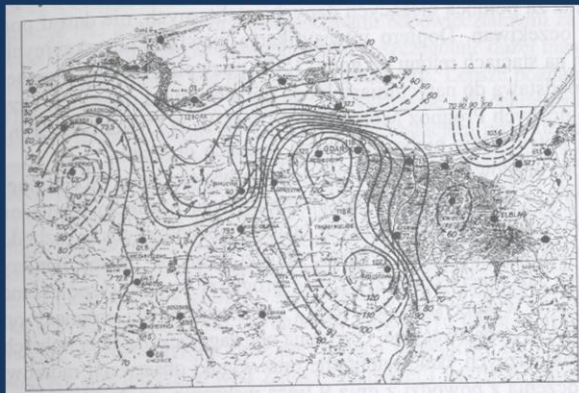
Wiek	Razem	Naprawdopodobniej wezbranie	Wezbrania na Wiśle	Wezbrania sztormowe	Zatory			
					Lodowe	Opadowe	Antropogeniczne	Roztopowe
XIV	5,9	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XV	20,3	8,6	4,3	2,7	1,1	2,1	1,6	0,0
XVI	20,3	2,7	12,3	2,1	1,1	2,1	0,0	0,0
XVII	17,6	7,5	4,8	1,6	1,6	1,1	1,1	0,0
XVIII	9,6	3,2	4,3	0,5	1,1	0,0	0,5	0,0
XIX	15,5	1,6	5,3	1,6	3,7	1,1	1,1	1,1
XX	10,7	0,0	1,1	3,2	3,2	2,7	0,5	0,0
Razem	100	29,4	32,1	11,8	11,8	9,1	4,8	1,1

Tab. 3. Rodzaje powodzi [%] występujących w Gdańsku i na Żuławach od XIV do XX w.
Źródło: Sztobryn M., Krzysztofik K., 2003, Powódź 2001w Gdańsku na tle powodzi historycznych, [w]: Cybulski J., (red.), Powódź w Gdańsku 2001, GTN, Gdańsk, s. 73;

W XX w. największe zagrożenie powodziowe dla Gdańska i Żuław stanowiły wezbrana sztormowe i lodowe a następnie wezbrania opadowe i wezbrania na Wiśle.

Podatność Gdańska na podtopienia i powódzie

Powódź w Gdańsku 2001



Rys. 28. Sumaryczna wielkość opadu pomiędzy godz. 08.00 9 lipca i 08.00 10 lipca 2001.r.
 Źródło: Ziemiański M., Wójcik L., 2003, Uwarunkowania meteorologiczne powodzi
 w rejonie Gdańska w dniu 9 lipca 2001.r., [w:] Cybulski J., (red.), Powódź w Gdańsku
 2001, GTN, Gdańsk, s. 65

W dniu 9 lipca 2001 roku miała miejsce powódź spowodowana intensywnymi opadami deszczu na Wysoczyźnie Gdańskiej. Stacja w Gdańsku-Rębiechowie zanotowała wówczas opad o sumie dobowej 127,7 mm. Średnia miesięczna suma opadu w Gdańsku w lipcu plasuje się na poziomie 80-90mm. Na skutek intensywnych opadów gwałtownie wezbrała Radunia, której wały zostały przerwane, z brzegów wystąpiły również wody Strzyży. Do przerwania wałów doszło ponadto na Kłodawie, co doprowadziło do podtopienia fragmentów Żuław Gdańskich.



Straty spowodowane ekstremalnymi (lokalnymi) zjawiskami pogodowymi



UNIWERSYTET GDAŃSKI

- Z dużym prawdopodobieństwem można założyć, że spodziewane zmiany klimatu zwielokrotnią pojawienie się ekstremalnych zjawisk pogodowych, które w efekcie generować mogą powstawanie strat w gospodarce, a także narażać ludzi na utratę zdrowia i życia. Straty stanowią często poważny uszczerbek w budżecie państwa, a przedsiębiorców mogą narażać na utratę części lub całości trwałego majątku.



Gdańsk 2001
– straty w infrastrukturze
sięgające 200 mln zł.

Straty powodziowe w Polsce:

•rok 1960 – 1205 mln zł
•rok 1970 – 1515 mln zł
•rok 1977 – 2503 mln zł
•rok 1979 – 1995 mln zł

•rok 1997 – 12000 mln
•rok 2001 – 1300 mln
•rok 2010 – 13000 mln

Poziom strat powodziowych rośnie w miarę wzrostu zainwestowania terenów.

*Treść wykładów uzupełnioną o
dodatkowe informacje można
pobrać na stronach
Katedry Meteorologii i Klimatologii
IG UG*

www.klimat.ug.edu.pl

Literatura wykorzystana w prezentacji :

- Koźmiński Cz., Michalska B., 2004, Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza, Akademia Rolnicza w Szczecinie, Szczecin, s. 69
- Lorenc H., Cebulak E., Głowicki B., Kowalewski M., 2012, Struktura występowania intensywnych opadów deszczu powodujących zagrożenie dla społeczeństwa, środowiska i gospodarki Polski, [w:] Lorenc H., (red.), Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju , IMGW-PIB, Warszawa, s. 7-32;
- Łabędzki L., Bąk B., 2002, Minitoring suszy za pomocą standaryzowanego opadu, Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie, 2(5), 9-19
- Ostrowski J., Czarnecka H., Głowacka B., Jolanta Krupa-Marchlewska J., Zaniewska M., Sasim M., Moskwiński T., Dobrowolski A., 2012, Nagłe powodzie lokalne (flash flood) w Polsce i skala ich zagrożeń, [w:] Lorenc H., (red.) Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, IMGW-PIB, Warszawa, s. 123-149

Literatura wykorzystana w prezentacji :

- Sztobryn M., Kowalska B., Stanisławczyk I., Krzysztofik K., 2012, Wezbrania sztormowe – geneza, tendencje i skutki działania w strefie brzegowej Bałtyku , [w:] Lorenc H., (red.) Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, IMGW-PIB, Warszawa, s . 150-175;
- Sztobryn M., Krzysztofik K., 2003, Powódź 2001w Gdańsku na tle powodzi historycznych, [w:] Cybulski J., (red.), Powódź w Gdańsku 2001, GTN, Gdańsk, s.69-80;
- Tokarczyk T., Szalińska W., Otop I., 2012, Ocena zagrożenia suszą w Polsce i prognoza jej rozwoju, [w:] Lorenc H., (red.) Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, IMGW-PIB, Warszawa, s. 150-175;
- Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo, IMGW-PIB, Warszawa, 2012, s. 240.
- Ziemiański M., Wójcik L., 2003, Uwarunkowania meteorologiczne powodzi w rejonie Gdańska w dniu 9 lipca 2001.r., [w:] Cybulski J., (red.), Powódź w Gdańsku 2001, GTN, Gdańsk, s. 57-68;

Dziękujemy za uwagę