



Uniwersytet
Gdański

dr inż. Marzenna Sztobryn

katedra Hydrologii

Marzenna.Sztobryn@ug.edu.pl

ZMIANY POZIOMÓW MORZA WZDŁUŻ POLSKIEGO WYBRZEŻA WCZORAJ, DZIŚ I JUTRO

www.ug.edu.pl

17.05.2023



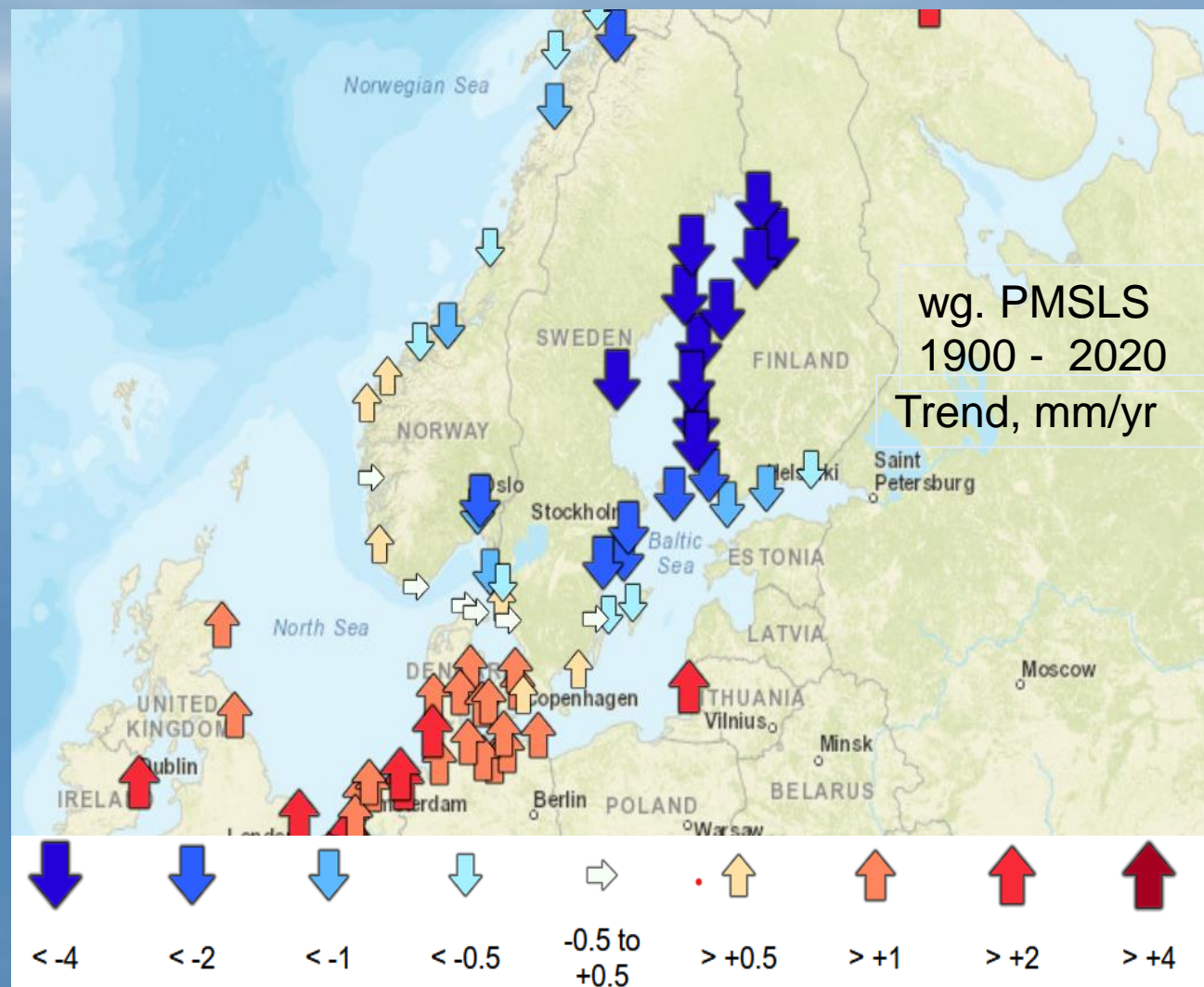
ZMIANY POZIOMÓW MORZA WZDŁUŻ POLSKIEGO WYBRZEŻA W CZORAJ, DZIŚ I JUTRO

- *Bałtyk*
- *Hydrologia morska a hydrologia śródlądowa*
- *Geneza krótkoterminowych zmian poziomów morza wzdłuż polskiego wybrzeża*
- *Zmiany długoterminowe*
- *Wzrost poziomów morza do końca XXI*



BAŁTYK

- *Morze półzamknięte*
- *Praktycznie bezpływowe*
- *Objętość : 21 721 km³*
- *Zasolenie: 2–20‰, średnio: 7‰*
- *Średnia głębokość Bałtyku wynosi 52,3 m*
- *maksymalna – 459 m*
- *Głębia Gdańska – liczy 118 m*
- *Powierzchnia : około 400 tys. km²*
- *To około 1‰ pow. mórz i oceanów*
- *15% udział Bałtyku w globalnym transporcie morskim*

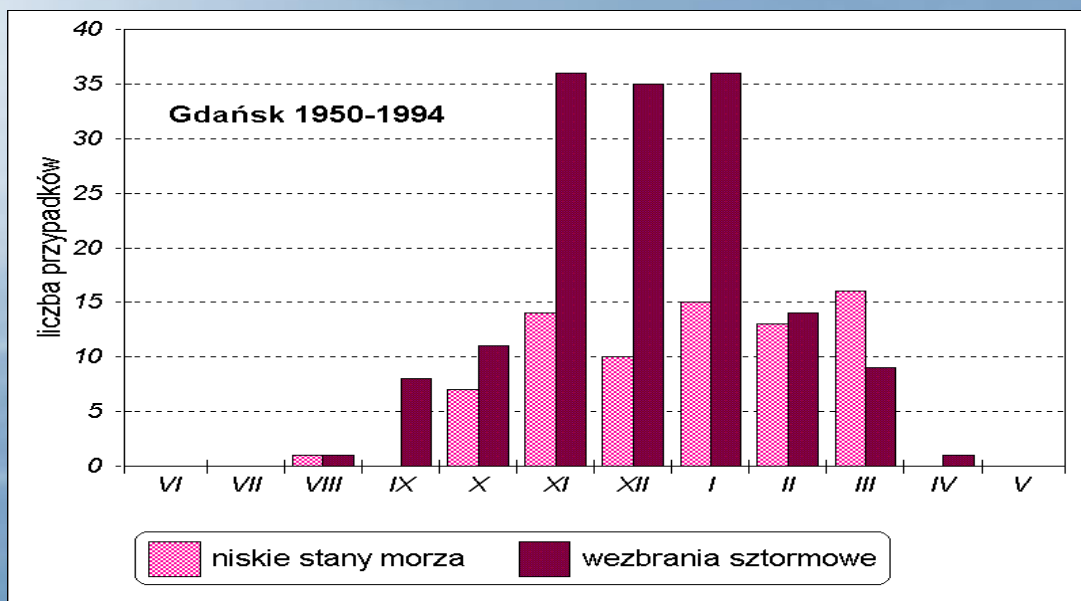


PARAMETR	HYDROLOGIA ŚRÓDLĄDOWA	HYDROLOGIA MORSKA
TERMINOLOGIA	<i>Stan wody = poziom wody wodowskaz</i>	<i>Stan morza ≠ poziom morza mareograf</i>
PRZEPŁYW	<i>Najważniejszy</i>	<i>Nie istnieje</i>
GENEZA /NAJWAŻNIEJSZE CZYNNIKI GENERUJĄCE	<i>Opady (deszcz, śnieg - roztopowe)</i>	<i>Układ baryczny - Pole ciśnień / wiatr</i>
WARUNKI POCZĄTKOWE	<i>Wysokość zwierciadła wód gruntowych – opad efektywny</i>	<i>Napełnienie/objętość wody w morzu</i>
DEFINICJE		
Wezbranie	<i>Wzrost H - brak strat materialnych</i>	<i>> 570 cm (prof..A.Majewski)</i>
Susza hydrologiczna	<i>$Q < \text{średniego wieloletniego } Q$</i>	<i>< 440 cm (IMGW BPH Gdynia)</i>
Rok hydrologiczny	<i>1 listopad – 31 październik</i>	<i>? (do celów prezentacji przyjęto 1 sierpień – 31 lipiec)</i>

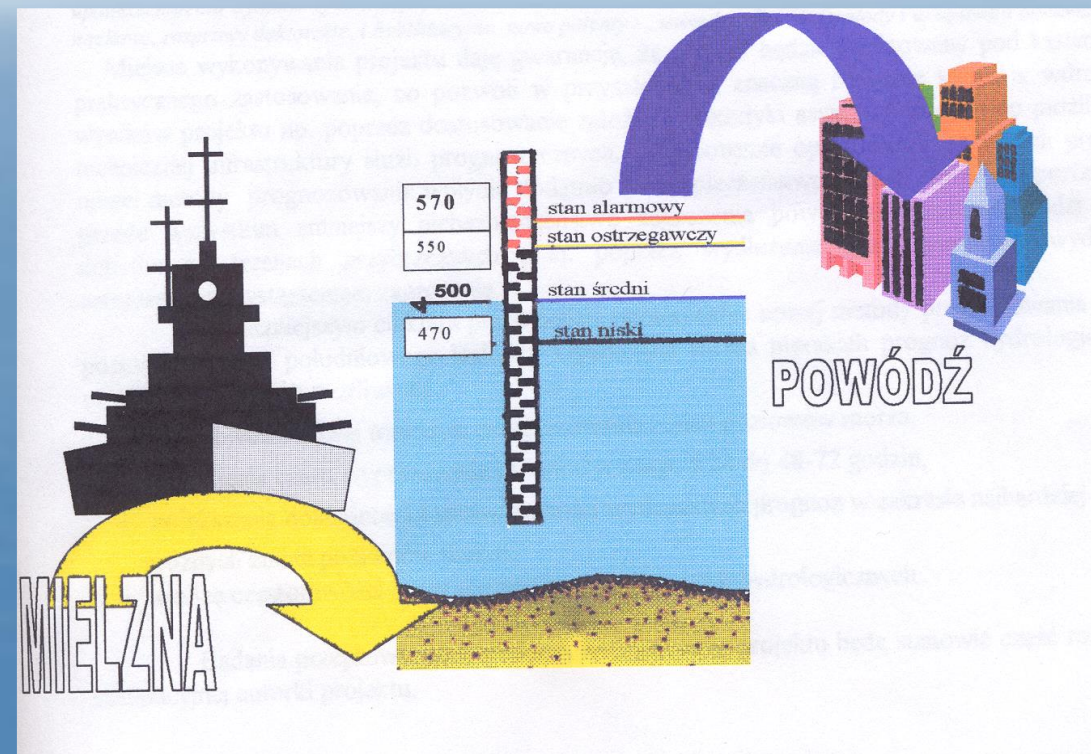
HYDROLOGIA MORSKA – ZAGROŻENIA I POCZĄTEK ROKU HYDROLOGICZNEGO

Rok hydrologiczny

- występowanie wezbrań
- występowanie niżówek
- występowanie lodów



Występowanie wezbrań sztormowych i niskich stanów wody w poszczególnych miesiącach roku (wg. Stanisławczyk)



Szerokie plaże

zrywanie cum

EKSTREMALNE POZIOMY MORZA NA STACJACH MAREOGRAFICZNYCH W WIELOLECIU 1946 - 2012



Dane	Stacja					
	Świnoujście	Kołobrzeg	Ustka	Hel	Gdynia	Gdańsk
Data wystąpienia poziomu maksymalnego	04.11.1995	29.11.1988	23.11.2004	14.01.2012	14.01.2012	23.11.2004
Poziom maksymalny [cm]	669	647	640	634	646	644
Data wystąpienia poziomu minimalnego	18.10.1967	04.11.1979	04.11.1979	04.11.1979	04.11.1979	04.11.1979
Poziom minimalny [cm]	366	370	409	412	415	414

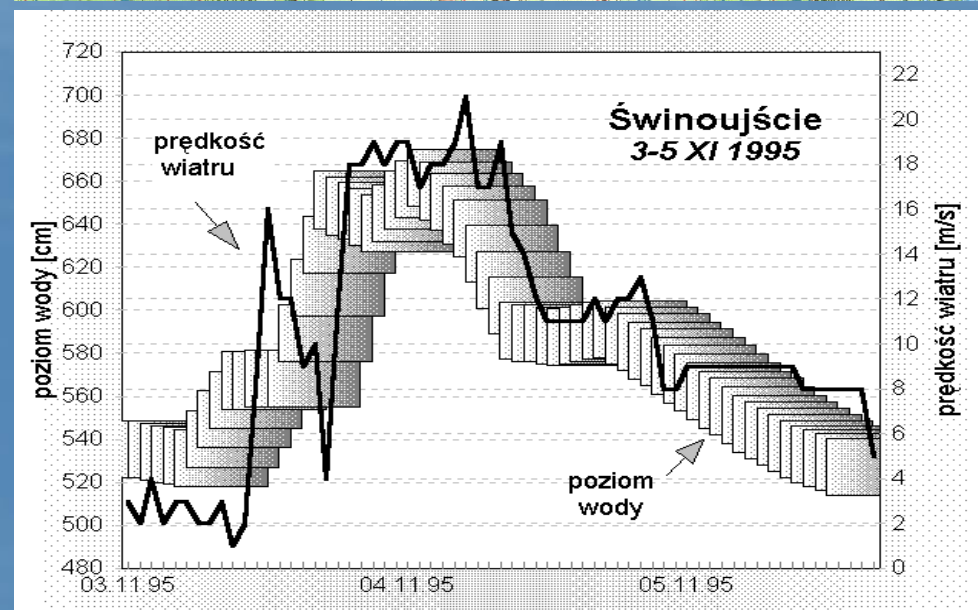
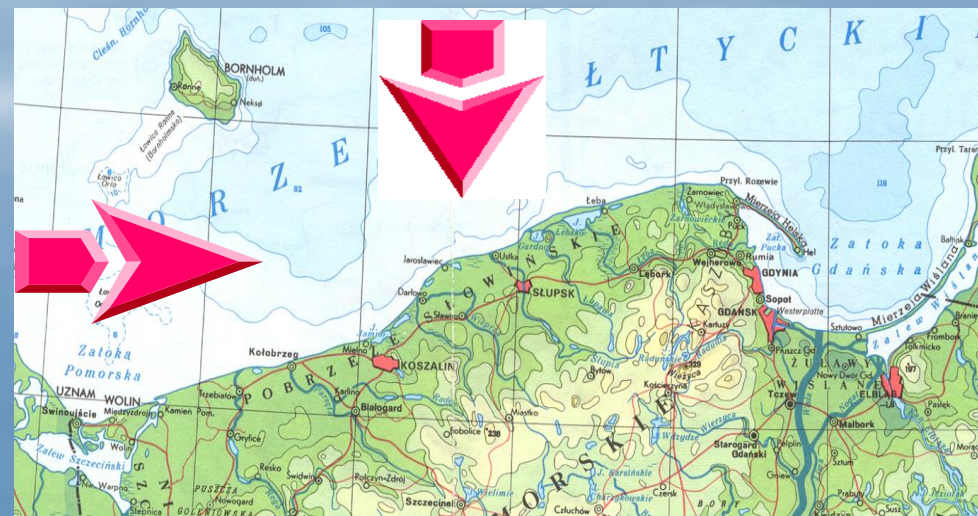
wg. B. Kowalskiej

Mareograf na Poczcie Głównej w Amsterdamie tzw. „zero” wg. Amsterdamu (zdj.M.Sztobryn)

GENEZA ZMIAN POZIOMÓW MORZA WZDŁUŻ POLSKIEGO WYBRZEŻA ORAZ ZMIANY KRÓTKOTERMINOWE

ZMIANY POZIOMU MORZA SĄ GENEROWANE:

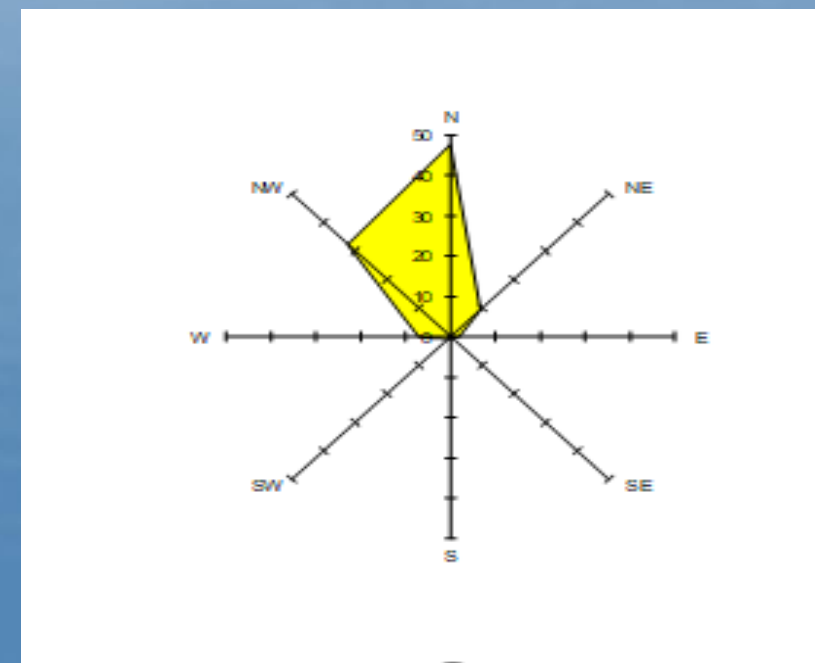
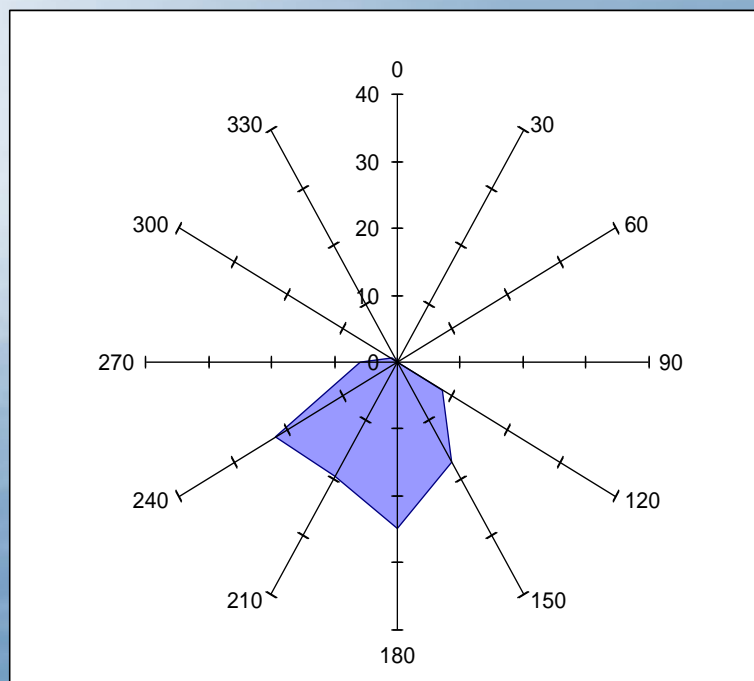
- *działaniem wiatru,*
- *wypełnieniem wodą Morza Bałtyckiego -
długotrwałe działanie wiatrów (nawet
kilka tygodni) - zachodnie*
- *batymetrią akwenu*
- *ukształtowaniem linii brzegowej*
- *podczas sztormów (obniżenia
krótkotrwałe, ale gwałtowne) –
najczęściej przejście frontu atm.*



CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA KIERUNKÓW WIATRÓW PODCZAS EKSTREMALNYCH POZIOMÓW MORZA - ŚWINOUJŚCIE

Rozkład częstości kierunku wiatru przy poziomach niższych od 441 cm, (1955-2005)

Rozkład częstości wiatrów (kierunku i średniej prędkości dla poziomów ≥ 570 cm ,) (1951-2000)



NIŻÓWKI

wg. I.Stanisławczyk

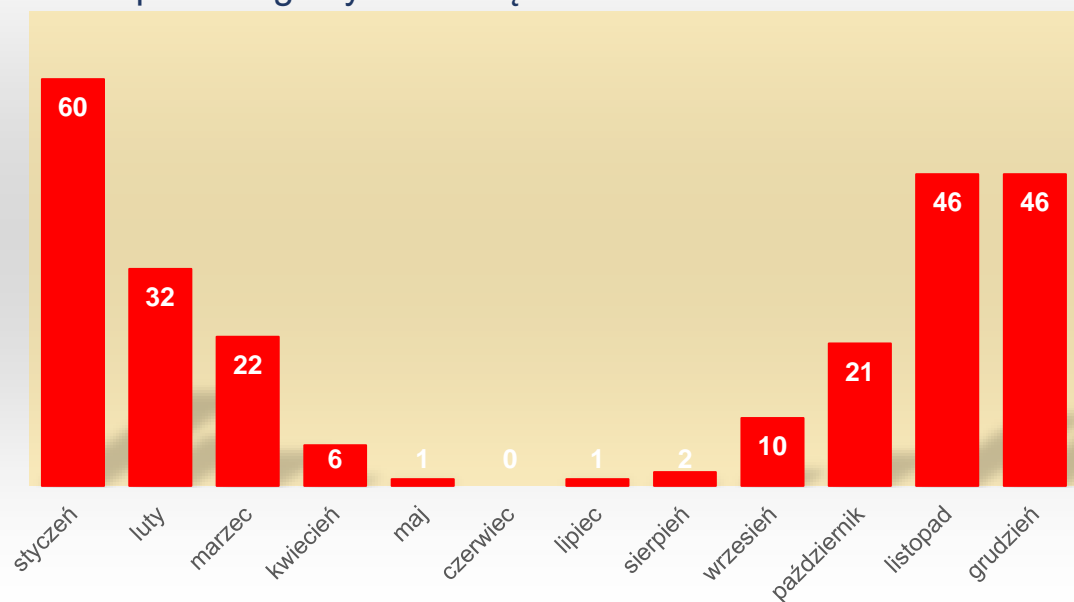
WEZBRANIA

wiatry z sektora północnego (NW-N-NE) generują prawie 90% niebezpiecznych sytuacji. (wezbrań)

CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA WEZBRAŃ SZTORMOWYCH W POSZCZEGÓLNYCH MIESIACACH W LATACH 1950 -2020

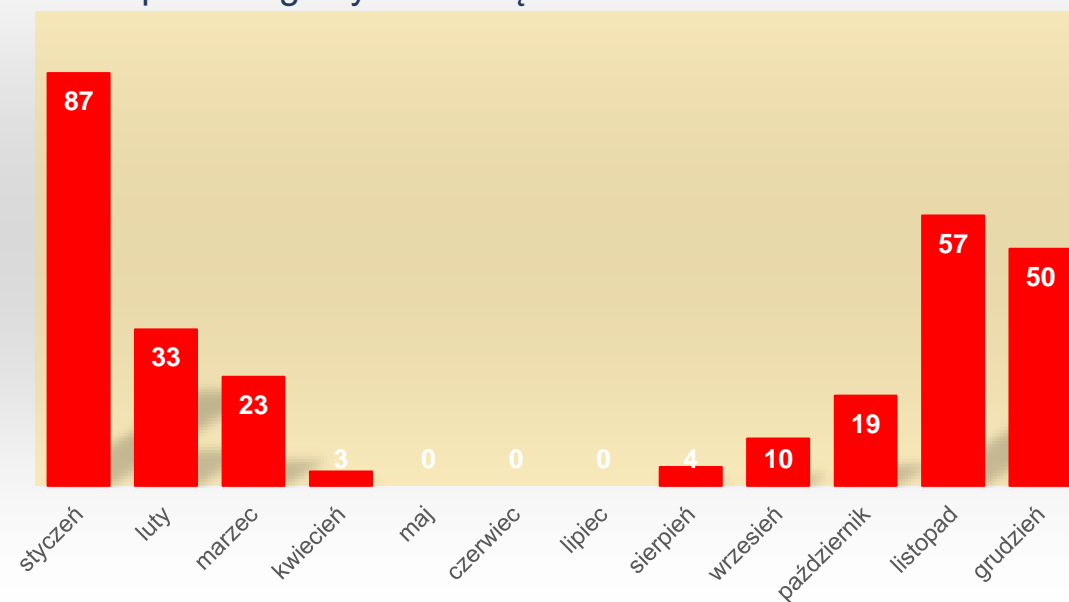
ŚWINOUJŚCIE

Częstość występowania wezbrań sztormowych w poszczególnych miesiącach w latach 1950-2020

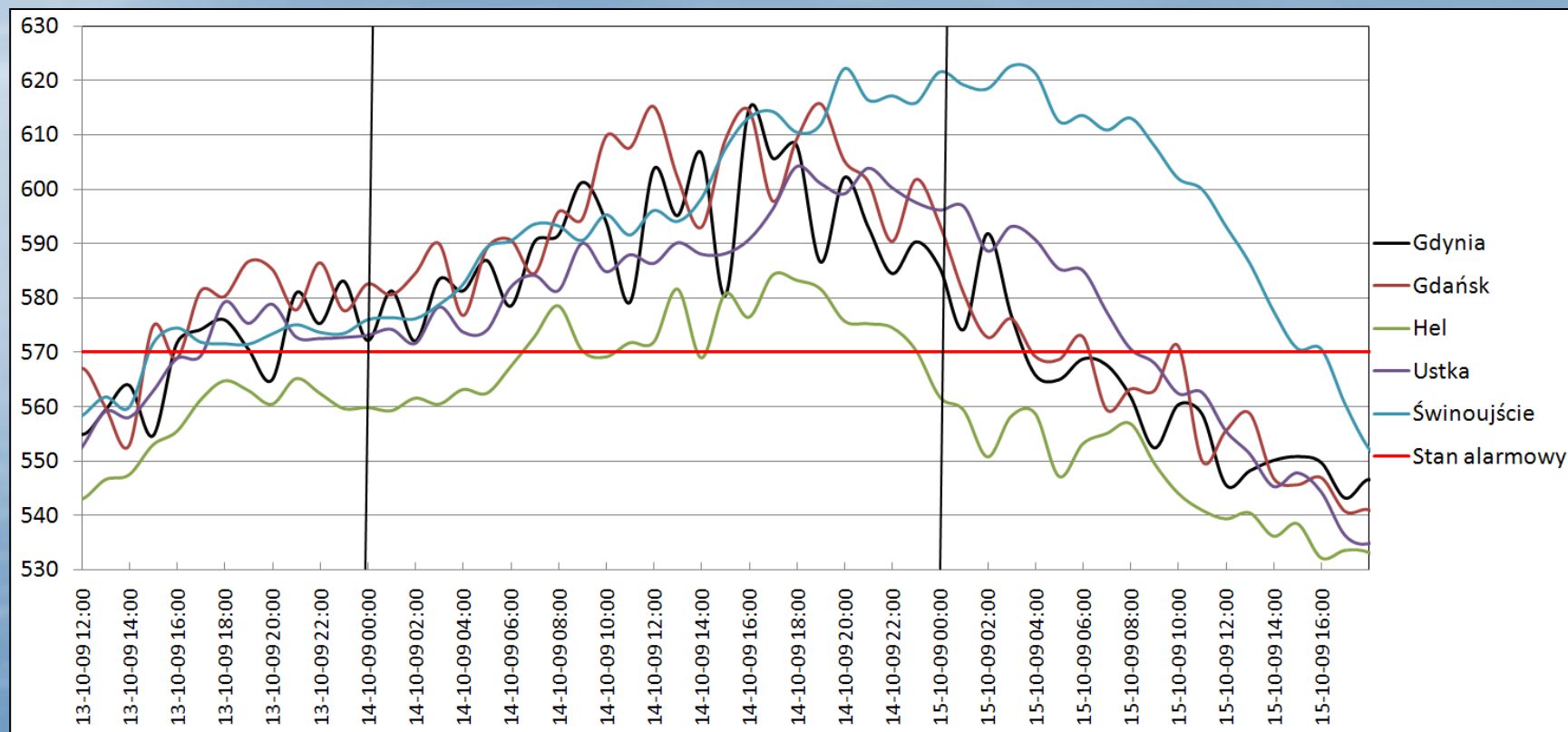


GDAŃSK

Częstość występowania wezbrań sztormowych w poszczególnych miesiącach w latach 1950-2020



ZMIANY KRÓTKOTERMINOWE



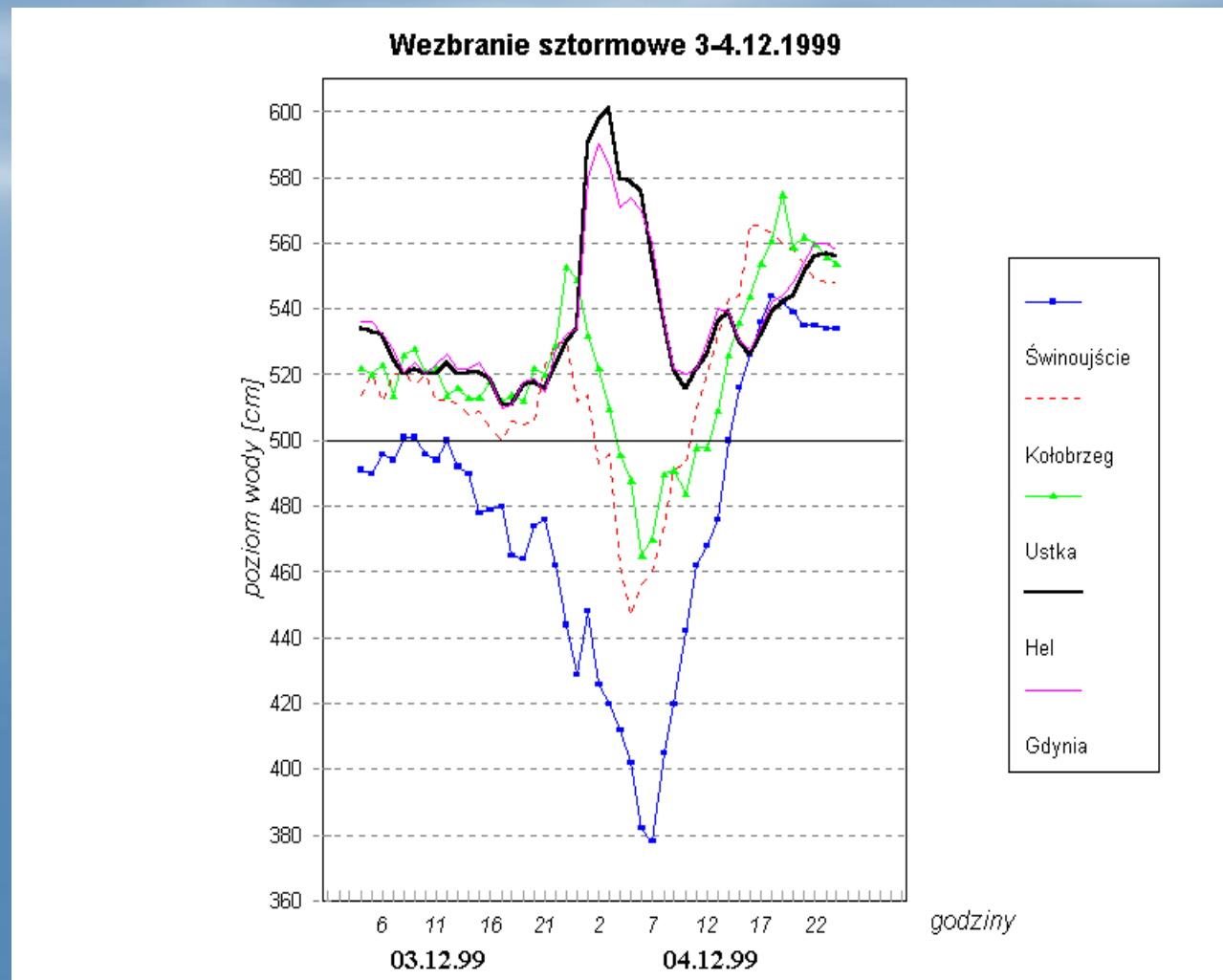
*Przebieg spiętrzenia sztormowego na wybrzeżu pomorskim (13 – 15. 10.2009)
wywołanego wiatrami dolądowymi*

GENEZA ZMIAN POZIOMÓW MORZA WZDŁUŻ POLSKIEGO WYBRZEŻA ORAZ ZMIANY KRÓTKOTERMINOWE

Pole ciśnień (wiatr) – generowane przez układ baryczny.

Ten sam układ baryczny może spowodować w tym samym czasie, na jednych akwenach ekstremalnie niskie poziomy na innych zaś ekstremalnie wysokie.

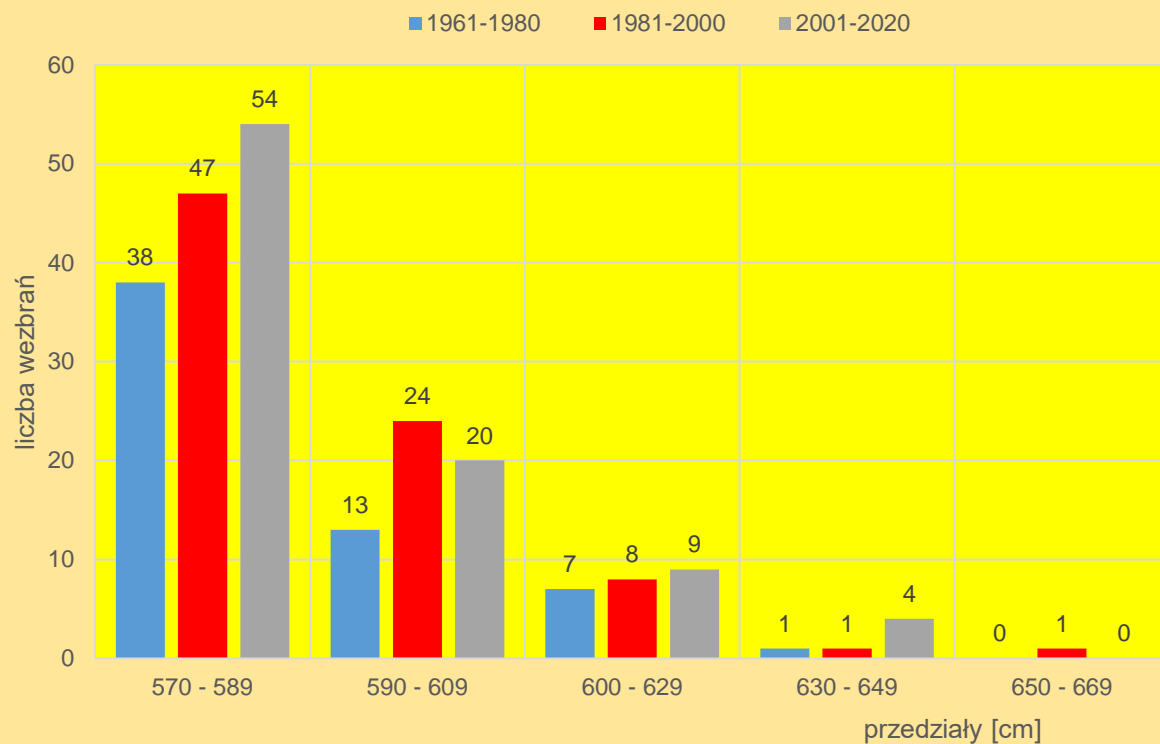
Typowym przykładem takiej sytuacji było wezbranie sztormowe na wschodnim wybrzeżu Polski w dniach 3-4 grudnia 1999, podczas gdy na zachodnim wybrzeżu poziomy morza układały się jedynie kilkanaście centymetrów powyżej absolutnego minimum.



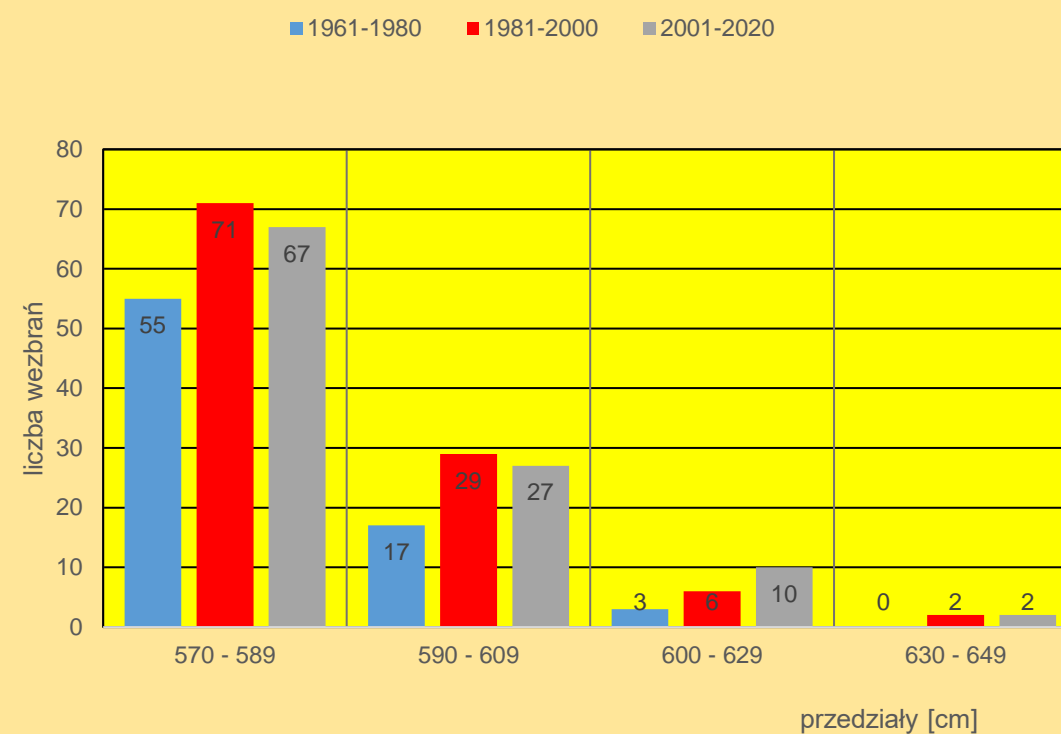
Przebieg zmian poziomu morza wzdłuż polskiego wybrzeża 3 i 4 grudnia 1999 r. (wg I.Stanisławczyk)

CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA MKSYMALNYCH POZIOMÓW PODCZAS WEZBRAŃ W POSZCZEGÓLNYCH 20-LECIACH 1961-2020, 1961-1980, 1981-2000, 2001 - 2020

ŚWINOUJŚCIE



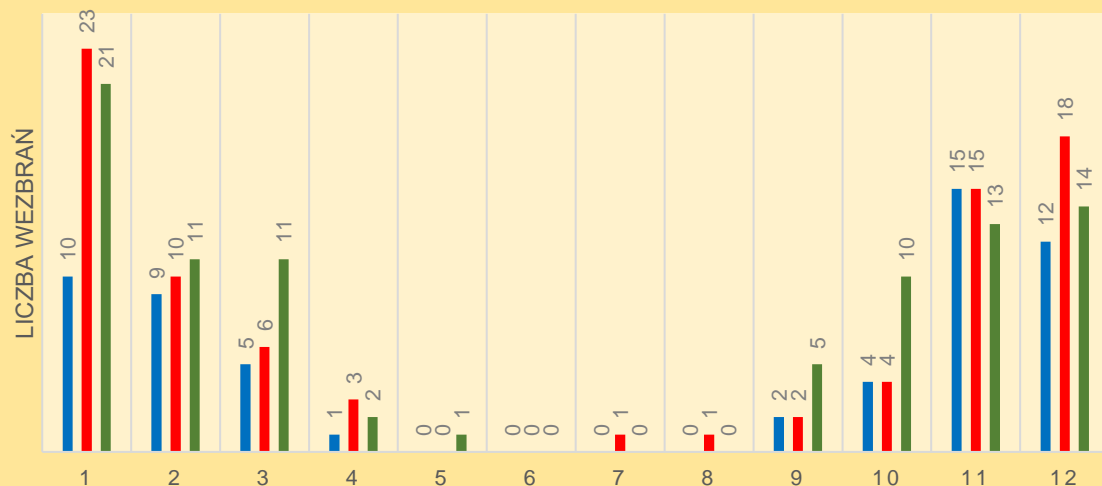
GDAŃSK



CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA WEZBRAŃ W POSZCZEGÓLNYCH MIESIĄCACH W TRZECH 20-LECIACH 1961-1980, 1981-2000, 2001 - 2020

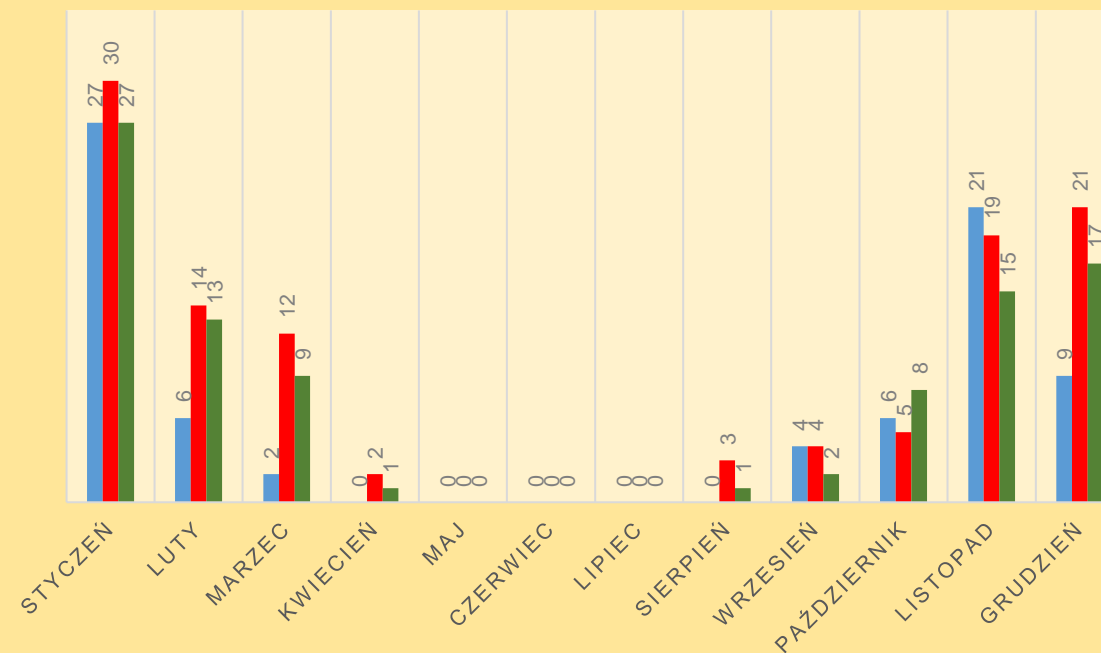
ŚWINOUJŚCIE

■ 1961-1980 ■ 1981-2000 ■ 2001-2020



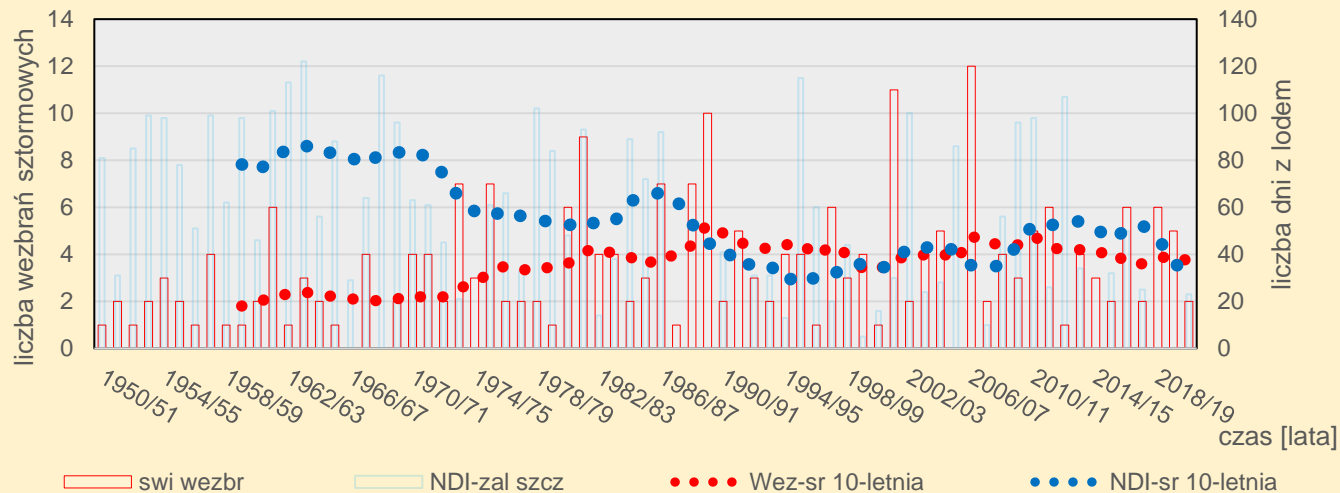
GDAŃSK

■ 1961-1980 ■ 1981-2000 ■ 2001-2020

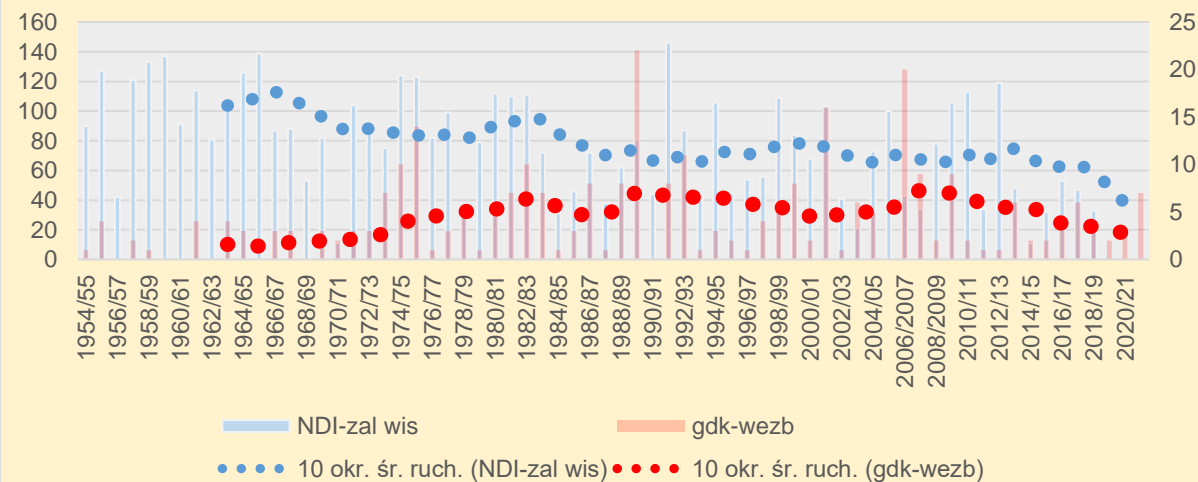


PORÓWNANIE SEZONOWEJ LICZBY DNI Z LODEM Z LICZBĄ WEZBRAŃ SZTORMOWYCH

ŚWINUJŚCIE

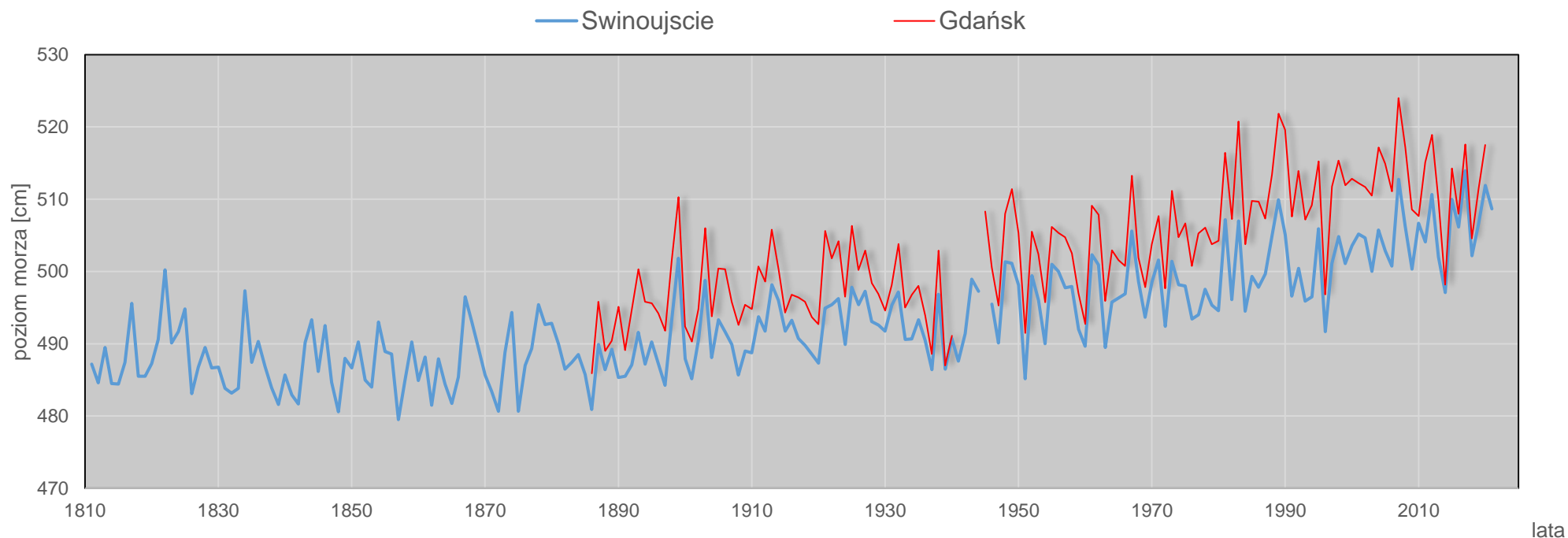


GDAŃSK



DŁUGOTERMINOWE ZMIANY POZIOMU MORZA

ZMIANY ŚREDNIEGO ROCZNEGO POZIOMU MORZA 1811-2021



śr roczny poziom	Swinoujście	Gdańsk
średni	493	503
Najwyższy	514 (2017)	524 (1886)
Najniższy	480 (1857)	486 (2007)

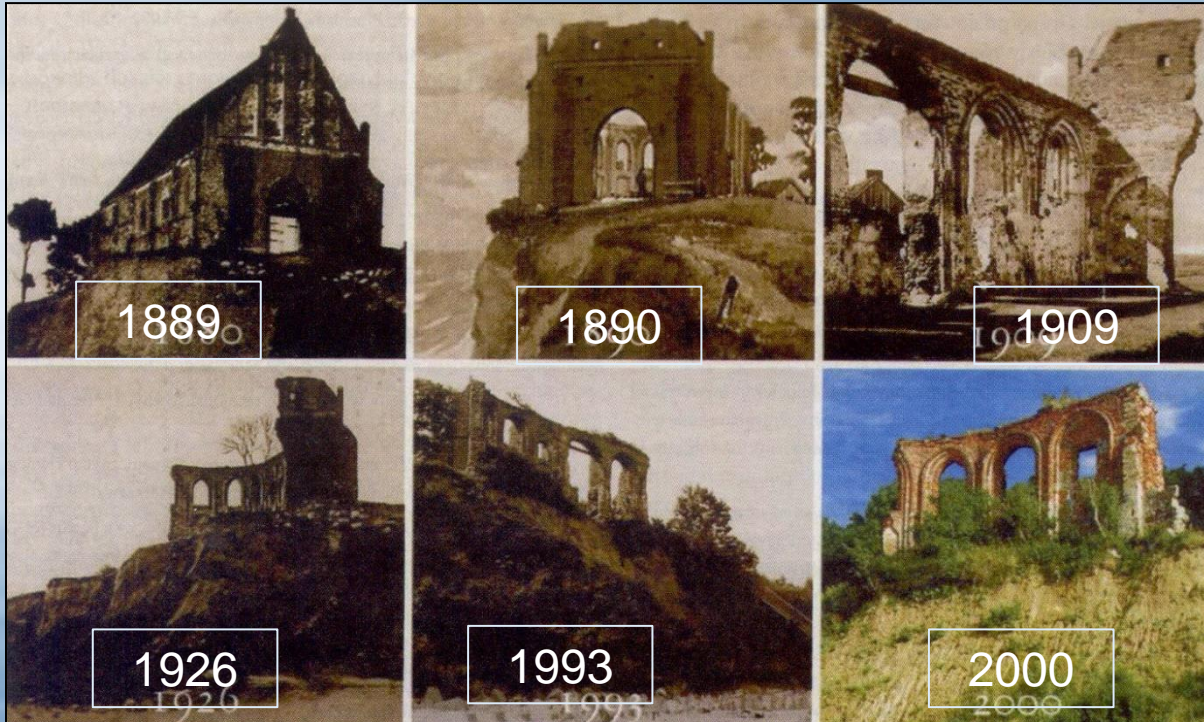
30-lecie	Swinoujście	Gdańsk
1811-1840	488	
1841-1870	487	
1871-1900	488	495
1901-1930	492	498

30-lecie	Swinoujście	Gdańsk
1931-1960	494	500
1961-1990	499	507
1991-2020	504	512

SKUTKI WZROSTU POZIOMU MORZA



TRZĘSACZ



Budowla w początkach swego istnienia znajdowała się w odległości około 2 km od brzegu morskiego. Przez wieki brzeg morski był poddawany niszczeniu poprzez abrazyjną działalność wód morskich. Największe zniszczenia woda dokonywała podczas gwałtownych wezbrań sztormowych. W ich konsekwencji brzeg morski stale zmniejszał odległość pomiędzy nim a budowlą. W roku 1750 odległość ta wynosiła 58 m, w roku 1868 roku już zaledwie 1 m. Kościół zamknięto dla wiernych w roku 1874. W 1890 roku północna ściana runęła do morza. Do dnia dzisiejszego morze sukcesywnie zabiera kolejne części brzegu. Obecnie pozostała jedynie część południowej ściany kościoła o długości 12 m i wysokości 6 m (Branicki in., 2009)



WZROST POZIOMÓW MORZA DO KOŃCA XXI

Na podstawie :

Wyników projektu **KLIMAT: WPŁYW ZMIAN KLIMATU NA ŚRODOWISKO, GOSPODARKĘ I SPOŁECZEŃSTWO** zad. 6 realizowanego w OM IMGW- PIB, kierowanego przez prof.M.Miętusa oraz publikacji **WARUNKI KLIMATYCZNE I OCEANOGRAFICZNE W POLSCE I NA BAŁTYKU POŁUDNIOWYM** (redakcja prof.J. Wibig i dr E.Jakusik)

3 scenariusze emisyjne SRES :

- **A1B:** zakładający, szybki wzrost gospodarczy, wzrost liczby ludności, wdrażanie nowych technologii, równoważne wykorzystanie obu rodzajów (odnawialne i nieodnawialne) źródeł energii
- **B1:** zakładający wzrost liczby ludności, szybkie wdrażanie nowych technologii (szybsze niż w scenariuszu A1), w tym związanych z ochroną środowiska
- **A2:** różnorodność w rozwoju świata, wzrost liczby ludności, powolny rozwój gospodarczy i postęp technologiczny

WZROST POZIOMÓW MORZA DO KOŃCA XXI

Przewidywane zmiany

(w cm w stosunku do okresu referencyjnego)

Średniego, minimalnego i maksymalnego

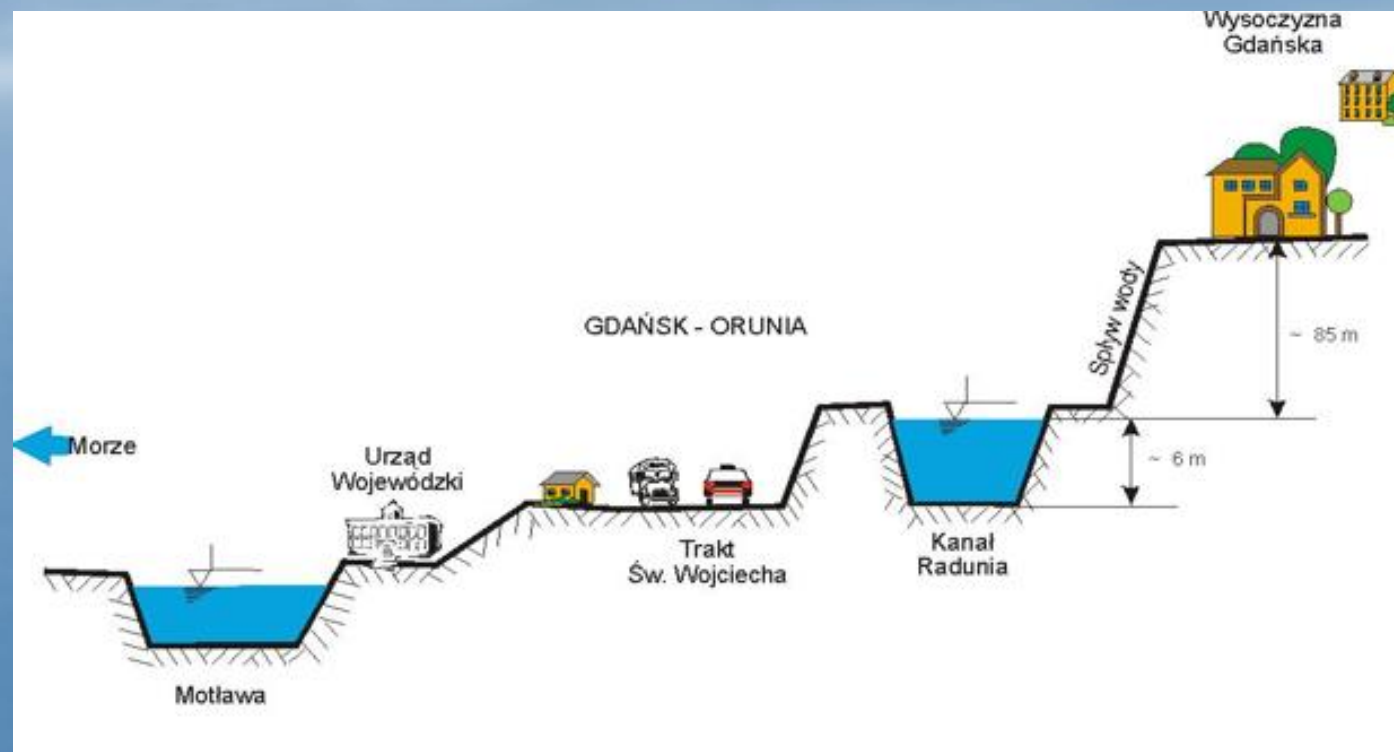
poziomu morza

dla 3 scenariuszy emisyjnych

poziom morza	scenariusz emisyjny	Świnoujście	Gdańsk	Świnoujście	Gdańsk
		2011 - 2030		2060 - 2099	
H _{sr}	B1	4,5	4,6	20	20,5
	A1B	5,2	5,5	24,8	25,3
	A2	4,3	4,3	27,5	28,3
H _{95%}	B1	2,7	3,7	12	16,5
	A1B	3	4,4	14,8	20,3
	A2	2,5	3,4	16,4	22,7
H _{5%}	B1	6,3	5,7	27,7	25,4
	A1B	7,7	6,7	34,1	31,4
	A2	5,7	5,3	37,7	36

TERENY PRZYBRZEŻNE - POWODZIE

Stopień zagrożenia powodziowego łatwo sobie wyobrazić analizując np. hydrografię Zalewu Szczecińskiego czy Żuław, a w tym również i nizinnej części miasta Gdańsk. Na tych obszarach warunki życia oraz gospodarki zabezpieczają nie tylko wały przeciwpowodziowe, ale również praca kilkudziesięciu pompowni odwadniających, pompowni sztormowych, wrót przeciwsztormowych i wrót przeciwpowodziowych na rzekach i kanałach (część z nich jest zlokalizowana na terenie samego Gdańsk lub w jego bezpośredniej bliskości). Wszystkie te urządzenia działają w sytuacji, gdy kanałami, położonymi na wysokości 6 do 8 m powyżej terenów depresyjnych płyną masy wody o przepływie nawet około 10 tys. m³/s.



Gdańsk – schematyczny przekrój (za T.Jednorąg)

TERENY PRZYBRZEŻNE - POWODZIE



Wiek	Typ powodzi	Suma	Fala powodziowa ze stratami dla Gdańska	Ekstremalne fale bez strat dla Gdańska	Sztormowa	Zatorowe	Opadowe i roztopowe	Antropogeniczne
XIV		11	11		0	0	0	0
XV		38	24		5	2	4	3
XVI		38	28		4	2	4	0
XVII		33	24		3	3	2	2
XVIII		18	14		1	2	0	1
XIX		29	13		3	7	4	2
XX		22	0	4	6	6	5	1
XXI do maja 2012		12	0	3	6	0	2+1	0
suma		201	114	7	28	22	22	9

Częstość występowania różnych typów powodzi w Gdańsku i delcie Wisły [Sztobryn, Krzysztofik 2012; Sztobryn, Krzysztofik 2001].

TERENY PRZYBRZEŻNE - POWODZIE

- Przykład zabezpieczenia przeciwpowodziowego – Kamienna Grodza (wrota przeciwsztormowa) w Gdańsku (zdj. J.Czarkowski)



Fot. Jerzy Czarkowski

Ujściowy odcinek Wisły [maps.geoportal.gov.pl]



Największe zagrożenia powodziowe powstają wówczas, gdy w tym samym czasie wystąpi kilka typów powodzi np. powódź sztormowa, zator lodowy i fala powodziowa na rzekach. Taka była geneza najtragiczniejszej powodzi w Gdańsku w 1829 roku, kiedy to została zniszczona duża część Gdańska oraz zginęło ponad 6000 tysięcy zwierząt a większość wałów została przerwana.

POZIOMY MORZA

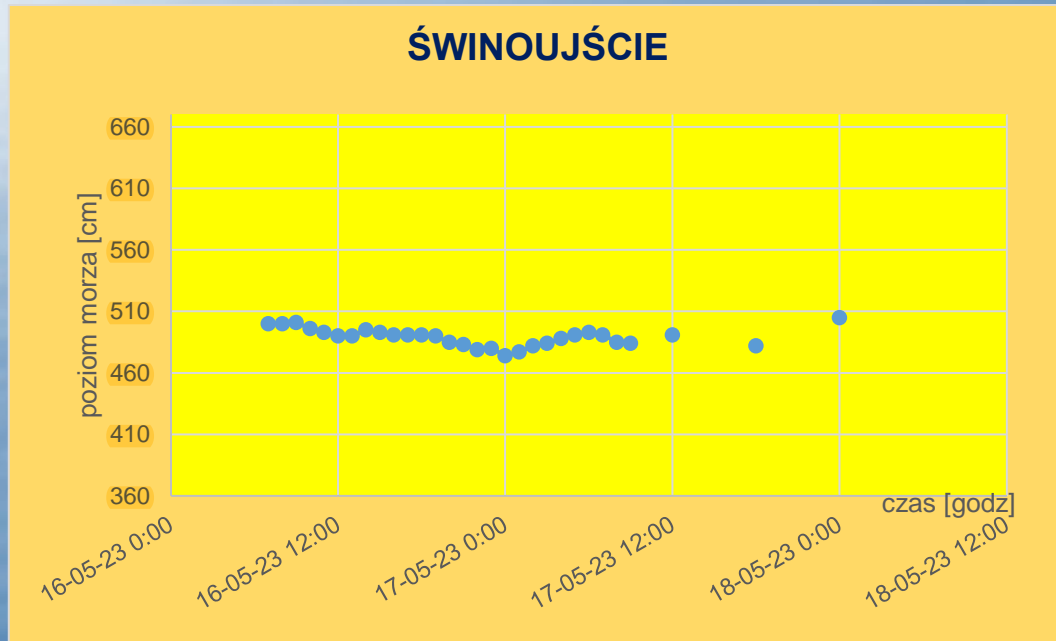
WCZORAJ, DZIŚ I JUTRO

(16 -18 MAJ 2023)

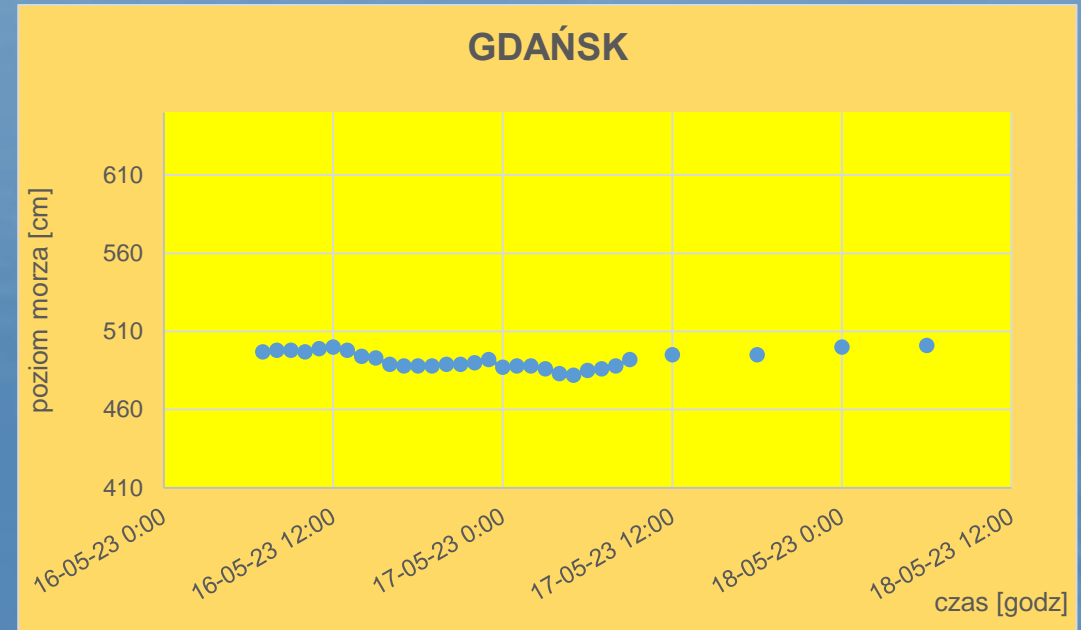


- Dane obserwacyjne : <https://hydro.imgw.pl>
- Prognoza w oparciu o wyniki za stron baltyk.imgw.pl oraz <http://model.ocean.univ.gda.pl> **maj 2023**

ŚWINOUJŚCIE



GDAŃSK



➤ **DANE WYKORZYSTANE W PREZENTACJI :**

Źródłem pochodzenia danych jest Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

Dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego zostały przetworzone



Kowalska B., Sztobryn M. 2009. Mean sea changes along Polish coast. Quaestiones Geographicae, Series A, Physical Geography, 28A/2, 69-74. Wyd. Uniw. A.Mickiewicza, Poznań 2009, rys.6, bibl.7

Majewski A., Dziaduszko Z., Wiśniewska A., 1983, Monografia powodzi sztormowych 1951 – 1975, Ogólna charakterystyka powodzi sztormowych u polskiego wybrzeża Bałtyku, WKiŁ, Warszawa

Owczarek M. Zagrożenie obszaru województwa pomorskiego występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych w konsekwencji spodziewanej zmiany klimatu. 2014 www.klimat.ug.edu.pl

Ostrowski J. i in.: 1999. Monografia katastrofalnych powodzi w Polsce w latach 1946-1996

Stanisławczyk I., Sztobryn M., Kowalska B., Mykita M., 2009, Climate of Low Sea Levels on the Southern Baltic Sea Coast, Polish Journal of Environmental Studies, vol.18, no. 2A, pp. 205-212, Olsztyn 2009

Sztobryn M.(red.), Stigge H-J. i in. 2005, "Storm Surges in the Southern Baltic Sea (Western and Central parts) Bundesamets fur Seeschiffahrt und Hydrgraphie nr 39/2005

Sztobryn Marzena, Krzysztofik Katarzyna: „Zabezpieczenie przeciwpowodziowe miasta Gdańska”, III Szkoła Nadzwyczajnych Zagrożeń Środowiska. Jachranka 2001,5 ilustracji, 2 tabele

Sztobryn M. (red.), Weidig B., Stanisławczyk I., Holfort J., Kowalska B., Mykita M., Kańska A., Krzysztofik K., Perlet I., 2009, Negative Surges in the Southern Baltic Sea (western and central parts), Berichte des Bundesamtes für Seeschiffahrt und Hydrographie, nr 45, 2009

Wibig j. Jakusik E. Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku Południowym

Dziękuję

**Uczestnikom za uwagę!
Organizatorom za umożliwienie naszego spotkania,
koleżankom i kolegom z IMGW-PIB oraz UG za
lata dobrej i życzliwej współpracy**

Rektorat Uniwersytetu Gdańskiego

ul. Jana Bażyńskiego 8
80-309 Gdańsk

+48 58 523 30 00

www.ug.edu.pl

|