

Wpływ znaczących sztormów na erozję wydmy w rejonie Dziwnowa

Kazimierz Furmańczyk¹, Joanna Dudzińska-Nowak¹, Konrad Furmańczyk²,
Barbara Paplińska-Swerpel³, Natalia Brzezowska¹

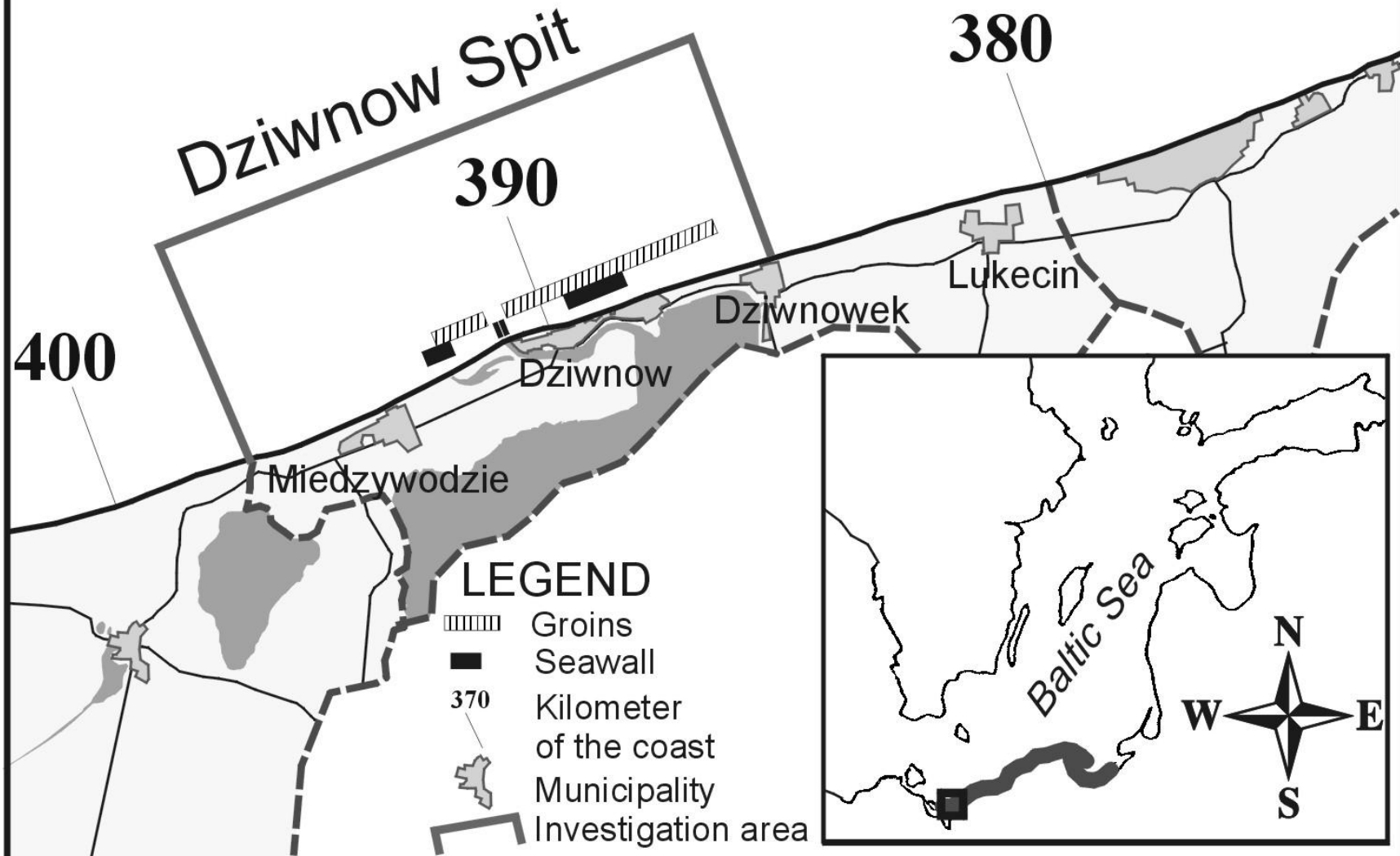
¹ Uniwersytet Szczeciński

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

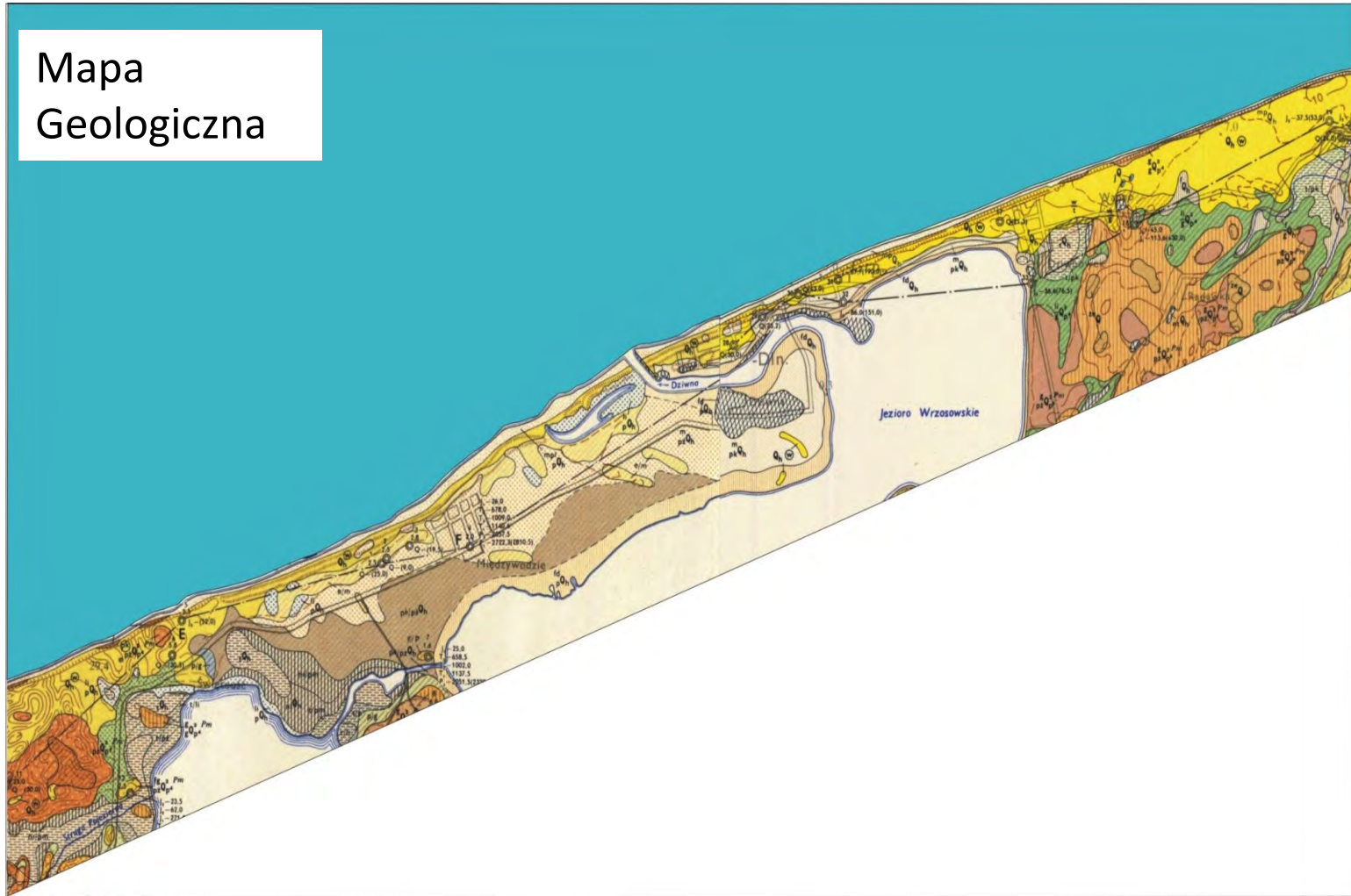
³ Instytut Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk



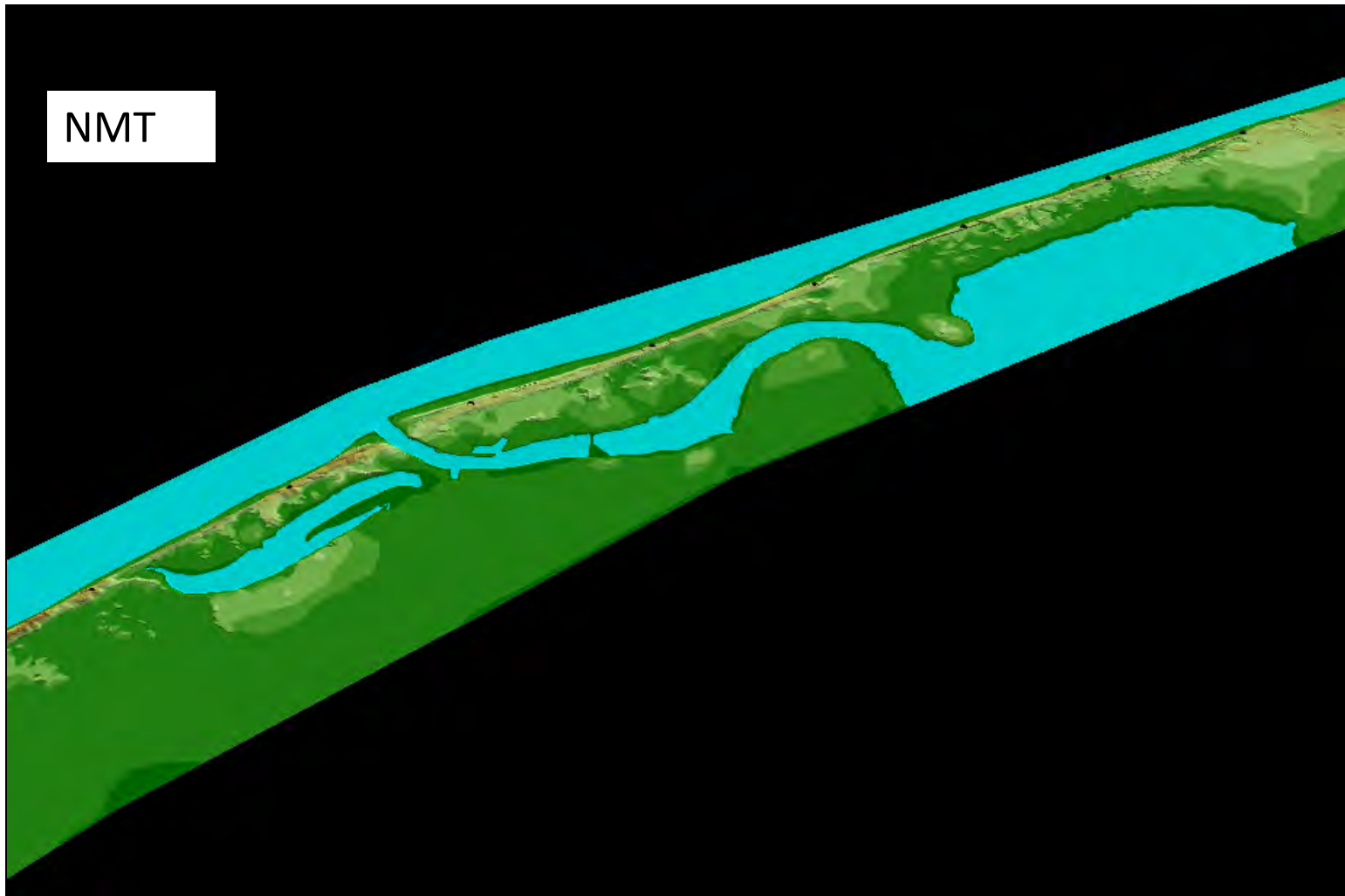
Baltic Sea



Mapa Geologiczna

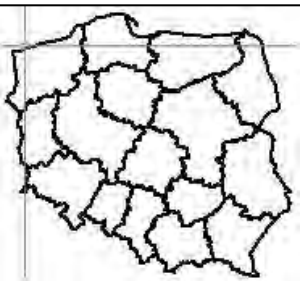


NMT



Obszar badań

Mierzeja Dziwnowska o długości 14 km (385-398 KUM).





Fot. P.Domaradzki





Fot. P.Domaradzki

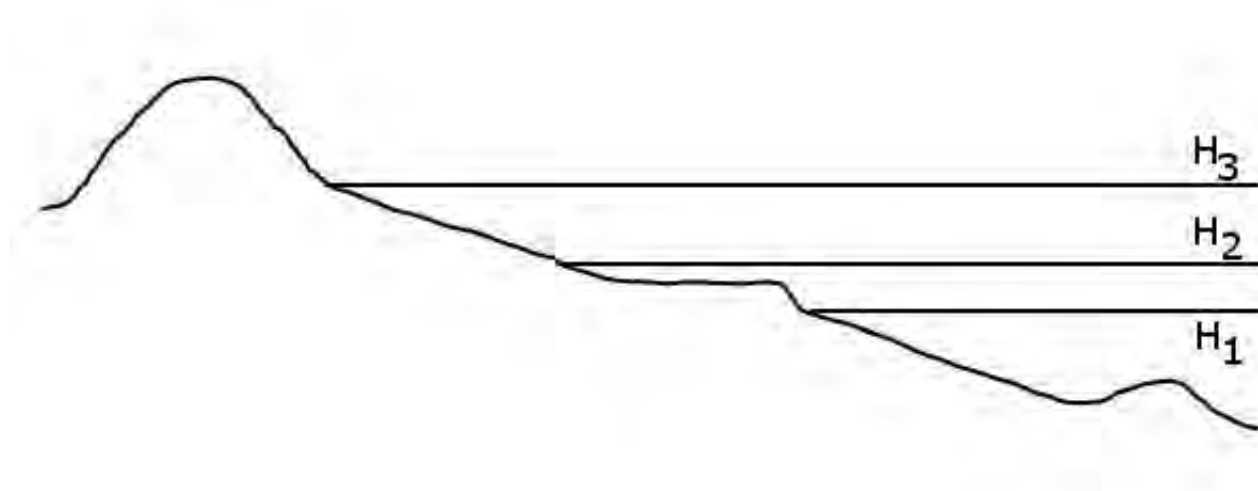




Fot. P.Domaradzki

Głównym celem badań było określenie istotności poszczególnych parametrów sztormu na wielkość erozji wydmy.

Na potrzeby tej analizy przyjęto, że jako **znaczący sztorm** będziemy uważać taki, który spowodował erozję wydmy.



MATERIAŁY:

- **wielkości wyerodowanej wydmy (D)** szacowane na 1 km brzegu na podstawie raportów posztormowych sporządzanych przez Urząd Morski w Szczecinie w okresie 1978-2009;
- **poziom morza (F)** określono na podstawie zapisów mareografów nadzorowanych przez Kapitanaty Portów w Świnoujściu i Kołobrzegu (Wiśniewski, Wolski 2009); Przyjęto średnią wartość pomiędzy Świnoujściem i Kołobrzegiem.
- **parametry falowania** : maksymalna w czasie sztormu **wysokość fali znacznej (Hs)** i **azymut** maksymalnej w czasie sztormu **fali znacznej (A)** - określone jako 44-letni hindcast na bazie modelu WAM dla Morza Bałtyckiego opracowanego w ramach projektu HIPOCAS EU realizowanego przez Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego (Cieślikiewicz, Paplińska-Swerpel, 2008).
 - energia sztormu **(L)** $\Sigma(T \cdot H_s^2)$
 - czas trwania sztormu **(T)** $H_s > 1 \text{ m}$

| ID | Data sztormu | Całkowita objętość wyerodowanej wydmy (m ³) 398-385 km (14km) | Energia sztormu $\Sigma(t \cdot H_s^2)$ | Poziom morza (cm) | Długość sztormu (h) | Max Hs (m) | Kierunek max Hs (°) |
|----|--------------|---|---|-------------------|---------------------|------------|---------------------|
| | | D | L | F | T | H | A |
| 1 | 30-11-1978 | 72 800 | 205 | 580 | 56 | 2,42 | 204 |
| 2 | 8-11-1981 | 200 | 376 | 597 | 111 | 2,85 | 145 |
| 3 | 26-10-1986 | 615 | 125 | 595 | 24 | 3,6 | 137 |
| 4 | 20-12-1986 | 14 270 | 57 | 613 | 35 | 1,45 | 170 |
| 5 | 6-01-1987 | 700 | 92 | 610 | 29 | 2,18 | 218 |
| 6 | 2-11-1988 | 150 | 96 | 586 | 43 | 1,9 | 147 |
| 7 | 29-11-1988 | 76 925 | 195 | 632 | 45 | 3,21 | 155 |
| 8 | 27-11-1989 | 7 475 | 126 | 607 | 50 | 2,71 | 181 |
| 9 | 9-12-1989 | 650 | 186 | 614 | 54 | 2,89 | 170 |
| 10 | 2-03-1990 | 1 000 | 76 | 586 | 30 | 2,08 | 145 |
| 11 | 24-12-1991 | 1 142 | 202 | 587 | 58 | 2,48 | 166 |
| 12 | 17-01-1992 | 11 085 | 207 | 628 | 86 | 2,49 | 171 |
| 13 | 22-01-1993 | 10 049 | 190 | 582 | 62 | 2,34 | 124 |
| 14 | 21-02-1993 | 73 285 | 571 | 632 | 139 | 3,55 | 194 |
| 15 | 3-01-1995 | 6 061 | 141 | 618 | 86 | 1,77 | 206 |
| 16 | 28-03-1995 | 1 400 | 275 | 585 | 136 | 2,98 | 165 |
| 17 | 7-04-1995 | 22 185 | 153 | 614 | 79 | 2,05 | 167 |
| 18 | 31-08-1995 | 19 195 | 466 | 593 | 88 | 4,72 | 207 |
| 19 | 3-11-1995 | 497 600 | 313 | 650 | 72 | 3,97 | 208 |
| 20 | 11-04-1997 | 113 | 267 | 606 | 61 | 3,72 | 157 |
| 21 | 31-01-1998 | 2 300 | 150 | 585 | 54 | 2,27 | 208 |
| 22 | 21-01-2000 | 3 700 | 497 | 600 | 129 | 2,76 | 176 |
| 23 | 22-11-2001 | 8 920 | 198 | 598 | 61 | 2,67 | 176 |
| 24 | 2-01-2002 | 16 227 | 189 | 613 | 38 | 3,49 | 129 |
| 25 | 21-02-2002 | 21 748 | 60 | 622 | 11 | 3,34 | 207 |
| 26 | 8-10-2002 | 2 100 | 154 | 582 | 72 | 2,24 | 185 |
| 27 | 6-04-2003 | 1 050 | 173 | 590 | 64 | 2,09 | 206 |
| 28 | 6-12-2003 | 7 732 | 128 | 607 | 38 | 2,46 | 163 |
| 29 | 23-11-2004 | 50 045 | 153 | 602 | 43 | 2,44 | 183 |
| 30 | 1-11-2006 | 60 228 | 111 | 633 | 47 | 2,57 | 184 |
| 31 | 31-12-2006 | 6 400 | 54 | 553 | 13 | 3,03 | 116 |
| 32 | 14-10-2009 | 39 297 | 380 | 596 | 92 | 3,2 | 199 |

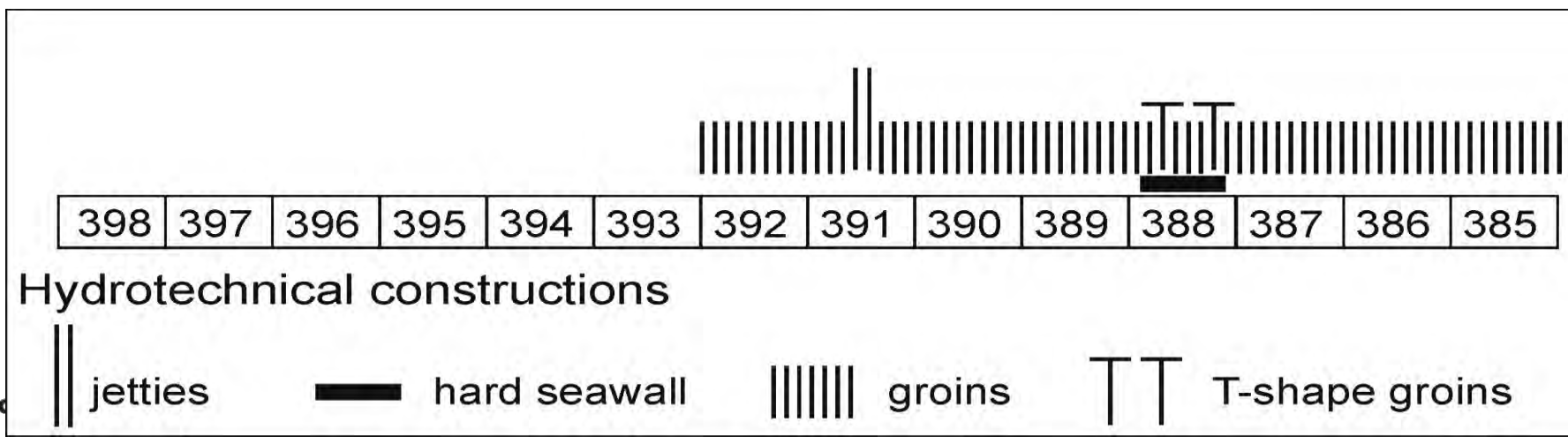
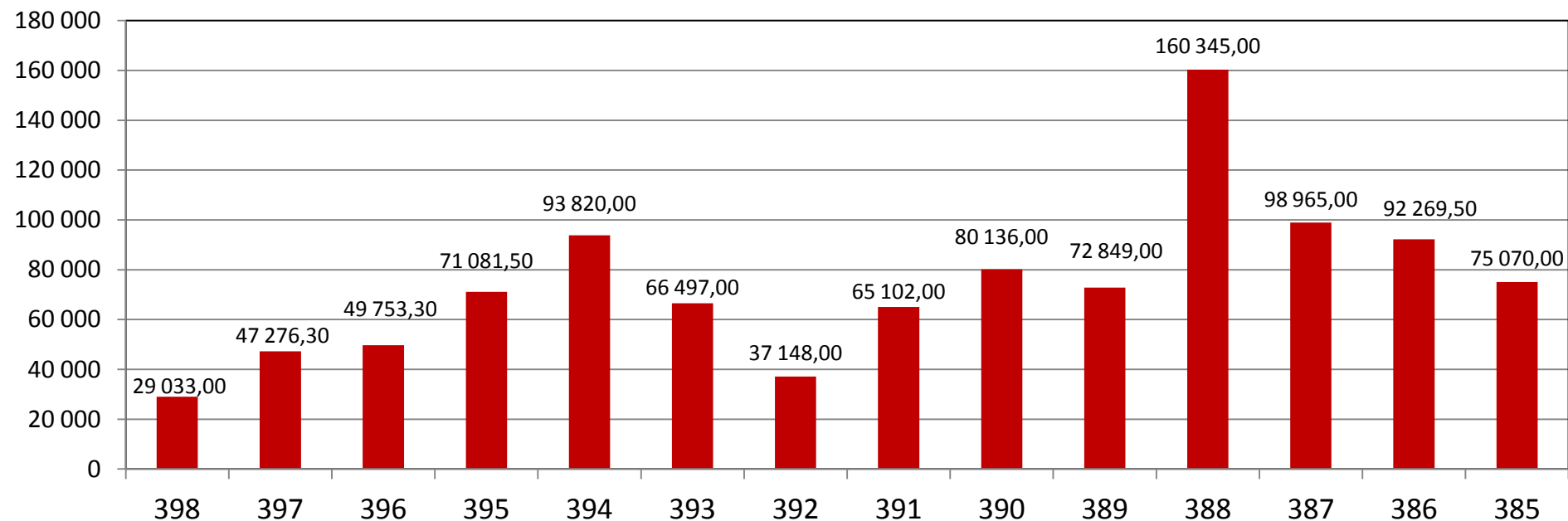


Wielkość
wyerodowanej
wydmy (m^3) na 1
km brzegu.

| Wzbranie sztormowe | Kilometraż brzegu UM (km) | | | | | | | | | | | | | | Wielkość erozji (m ³) |
|---|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---|
| | 398 | 397 | 396 | 395 | 394 | 393 | 392 | 391 | 390 | 389 | 388 | 387 | 386 | 385 | |
| 30-11-1978 | | | | | | | | | | | | | | | 72 800 |
| 8-11-1981 | | | | | | | | | | | | | | | 200 |
| 26-10-1986 | | | | | | | | | | | | | | | 615 |
| 20-12-1986 | | | | | | | | | | | | | | | 14 270 |
| 6-01-1987 | | | | | | | | | | | | | | | 700 |
| 2-11-1988 | | | | | | | | | | | | | | | 150 |
| 29-11-1988 | | | | | | | | | | | | | | | 76 925 |
| 27-11-1989 | | | | | | | | | | | | | | | 7 475 |
| 9-12-1989 | | | | | | | | | | | | | | | 650 |
| 2-03-1990 | | | | | | | | | | | | | | | 1 000 |
| 24-12-1991 | | | | | | | | | | | | | | | 1 142 |
| 17-01-1992 | | | | | | | | | | | | | | | 11 085 |
| 22-01-1993 | | | | | | | | | | | | | | | 10 049 |
| 21-02-1993 | | | | | | | | | | | | | | | 73 285 |
| 3-01-1995 | | | | | | | | | | | | | | | 6 061 |
| 28-03-1995 | | | | | | | | | | | | | | | 1 400 |
| 7-04-1995 | | | | | | | | | | | | | | | 22 185 |
| 31-08-1995 | | | | | | | | | | | | | | | 19 195 |
| 3-11-1995 | | | | | | | | | | | | | | | 497 600 |
| 11-04-1997 | | | | | | | | | | | | | | | 113 |
| 31-01-1998 | | | | | | | | | | | | | | | 2 300 |
| 21-01-2000 | | | | | | | | | | | | | | | 3 700 |
| 22-11-2001 | | | | | | | | | | | | | | | 8 920 |
| 2-01-2002 | | | | | | | | | | | | | | | 16 227 |
| 21-02-2002 | | | | | | | | | | | | | | | 21 748 |
| 8-10-2002 | | | | | | | | | | | | | | | 2 100 |
| 6-04-2003 | | | | | | | | | | | | | | | 1 050 |
| 6-12-2003 | | | | | | | | | | | | | | | 7 732 |
| 23-11-2004 | | | | | | | | | | | | | | | 50 045 |
| 1-11-2006 | | | | | | | | | | | | | | | 60 228 |
| 31-12-2006 | | | | | | | | | | | | | | | 6 400 |
| 14-10-2009 | | | | | | | | | | | | | | | 39 297 |
| | 398 | 397 | 396 | 395 | 394 | 393 | 392 | 391 | 390 | 389 | 388 | 387 | 386 | 385 | |
| sum total of dune volume eroded (m ³) | 29 033 | 47 276 | 49 753 | 71 082 | 93 820 | 66 497 | 37 148 | 65 102 | 80 136 | 72 849 | 160 345 | 98 965 | 92 270 | 75 070 | 1 039 346 |

<1000
 1000-5000
 5000-20000
 20000-50000
 >50000

Wielkość erozji wydmy na 1 km (tyś. m³) dla wszystkich sztormów(1978-2009).

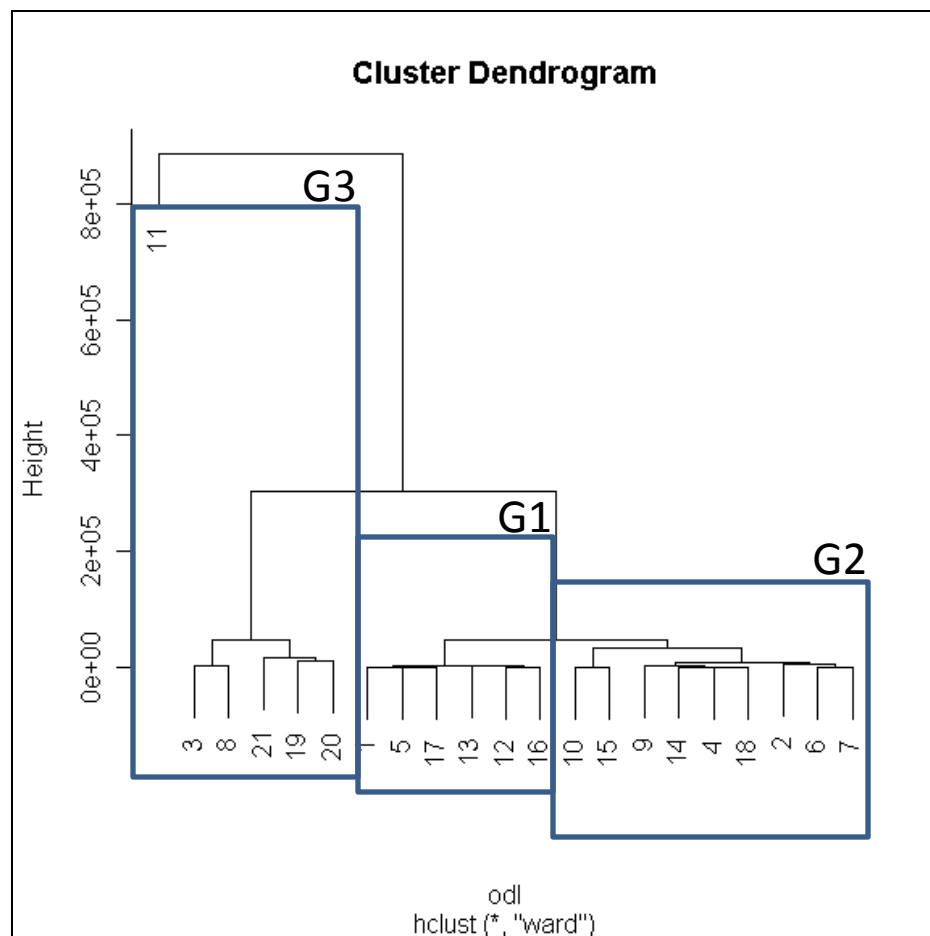


METODY:

- Szstormy zostały podzielone na grupy za pomocą **hierarchicznej analizy skupień metodą Warda**. Wyniki tej klasyfikacji przedstawiono za pomocą dendrogramów (cluster dendrogram).
- Progowe objętości wyerodowanej wydmy ustalone dla grup sztormów wydzielonych metodą Warda, uzyskano za pomocą **drzewa klasyfikacyjnego**.
- Analizy wykonano dla całości obszaru oraz osobno dla każdego kilometra.
- Analizy statystyczne zostały przeprowadzone z wykorzystaniem środowiska "R,,.

Sztormy zostały podzielone na grupy za pomocą hierarchicznej analizy skupień metodą Warda. Wyniki tej klasyfikacji przedstawiono za pomocą dendrogramu (cluster dendrogram).

Dla całego odcinka
brzegu



Wydzielono grupy sztormów:

G1: 1, 5, 17, 13, 12, 16 – słabe i średnie sztormy

G2: 10, 15, 9, 14, 4, 18, 2, 6, 7 – silne sztormy

G3: 3, 8, 21, 19, 20 (11 dodana) – ekstremalnie silne sztormy



Sztormy zostały podzielone na grupy za pomocą hierarchicznej analizy skupień metodą Warda.

Dla poszczególnych kilometrów brzegu

| Cluster Dendrogram | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|--------|---|---|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| km | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | |
| 398 | | * | * | * | * | * | o | o | * | * | * | o | o | x | o | * | o | x | x | * | * | * | * | | * | * | * | * | * | * | * | | o |
| 397 | | * | * | * | * | * | o | o | * | * | * | o | * | x | o | * | o | o | x | * | * | * | * | | o | * | * | o | o | x | | x | |
| 396 | | * | * | * | * | * | o | * | * | * | * | * | * | o | * | * | * | o | o | * | * | * | * | | * | * | * | * | o | o | | o | |
| 395 | | * | * | o | * | * | x | * | * | * | * | o | * | x | o | * | * | x | x | * | * | * | * | | * | * | * | * | o | x | | x | |
| 394 | | * | * | * | * | * | o | * | * | * | * | * | * | o | * | * | * | o | o | * | * | * | * | | * | * | * | * | o | o | | o | |
| 393 | | * | * | o | * | * | x | * | * | * | * | * | * | o | * | * | * | * | x | * | * | * | * | | * | * | * | * | x | x | | o | |
| 392 | | * | * | * | * | * | x | * | * | * | * | * | * | o | * | * | o | * | x | * | o | o | o | | * | o | o | o | x | x | | o | |
| 391 | x | * | * | x | * | * | o | * | * | * | * | * | x | x | o | o | x | | x | * | * | * | * | * | * | * | o | * | o | * | * | o | |
| 390 | x | * | * | x | o | * | x | x | * | o | o | o | o | x | * | * | * | | x | * | * | * | * | * | * | x | * | * | x | x | o | x | |
| 389 | x | * | * | * | * | * | x | o | * | o | o | x | o | x | o | * | x | | x | * | o | o | x | x | x | * | * | o | x | x | o | x | |
| 388 | o | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | o | * | * | o | | o | * | * | * | * | o | o | * | * | * | o | o | * | o | |
| 387 | x | * | * | * | * | * | x | o | * | * | * | o | o | x | o | * | o | | x | * | * | * | o | x | x | * | * | * | x | x | o | o | |
| 386 | o | * | * | * | * | * | x | * | * | * | * | o | * | x | * | * | * | | x | * | * | * | * | o | o | * | * | * | x | x | o | o | |
| 385 | * | * | * | * | * | * | o | * | * | * | * | o | o | o | * | * | o | | o | * | * | * | * | o | o | * | * | * | * | * | * | * | |
| * - G1 | | | | | | | o - G2 | | | | | | | x - G3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Wydzielono grupy sztormów:

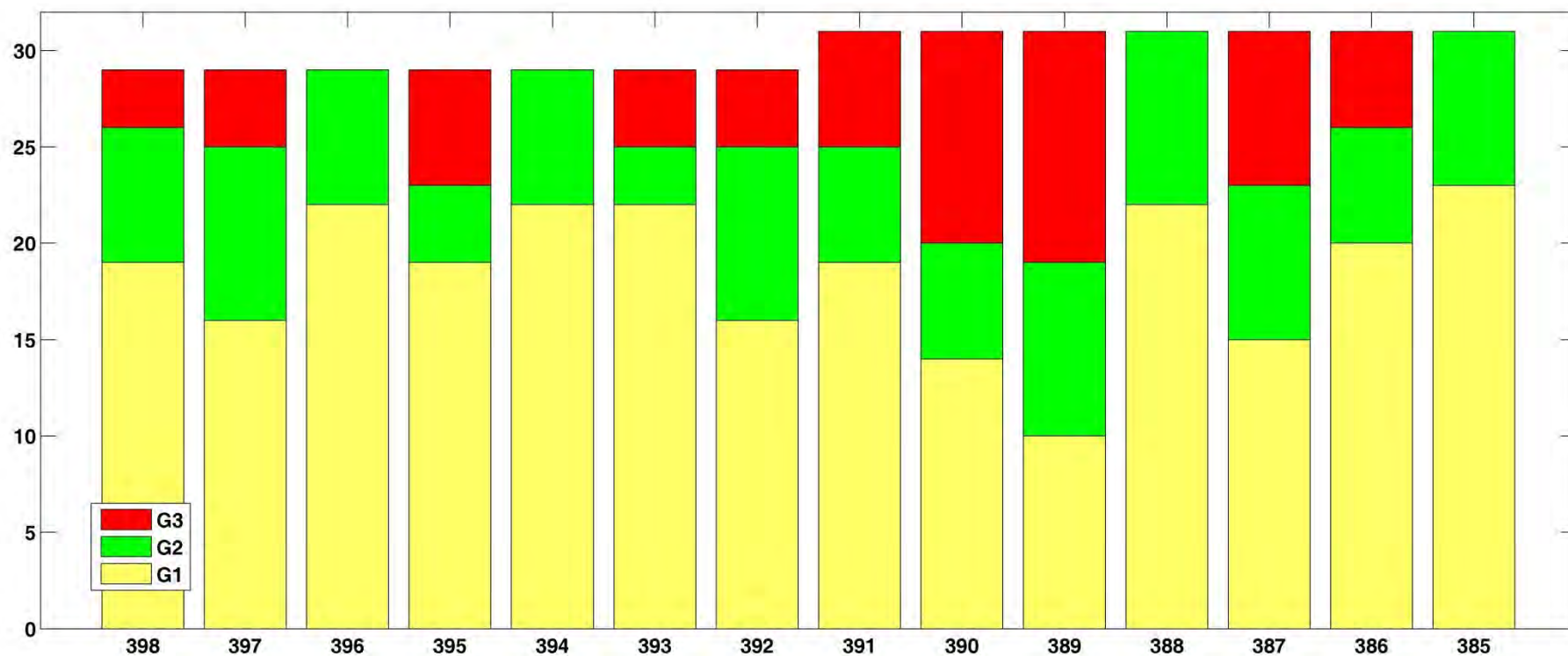
G1 – słabe i średnie sztormy

G2 – silne sztormy

G3 – ekstremalnie silne sztormy

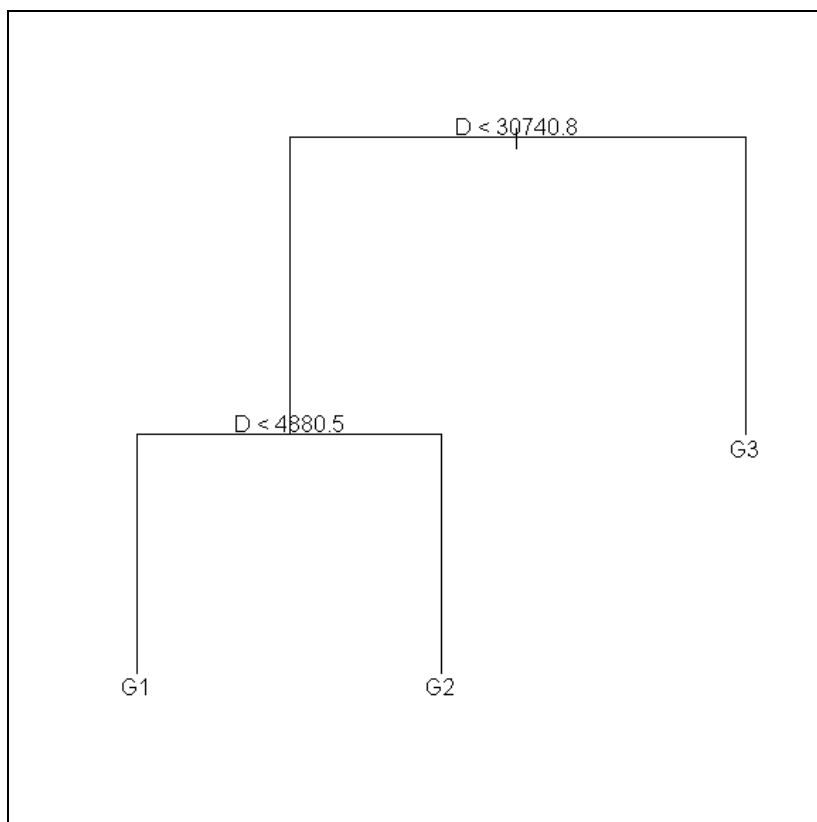
Sztormy zostały podzielone na grupy za pomocą hierarchicznej analizy skupień metodą Warda.

Dla poszczególnych kilometrów brzegu



Progowe objętości wyerodowanej wydmy ustalone dla grup sztormów wydzielonych metodą Warda, uzyskano za pomocą drzewa klasyfikacyjnego.

Dla całego odcinka brzegu



Otrzymano przybliżone progi:

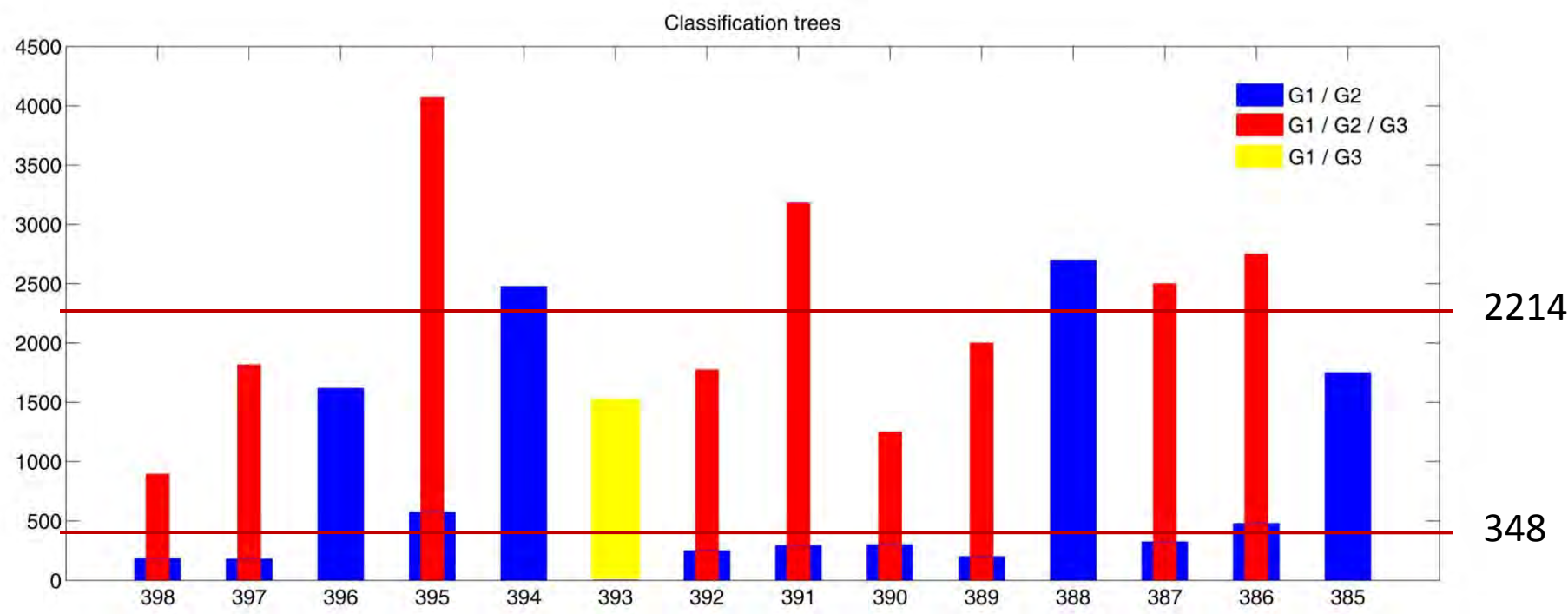
$$D_1 < 5\,000 \text{ m}^3$$

$$5000 \text{ m}^3 \leq D_2 \leq 50000 \text{ m}^3$$

$$D_3 > 50000 \text{ m}^3$$

Progowe objętości wyerodowanej wydmy ustalone dla grup sztormów wydzielonych metodą Warda, uzyskano za pomocą drzewa klasyfikacyjnego.

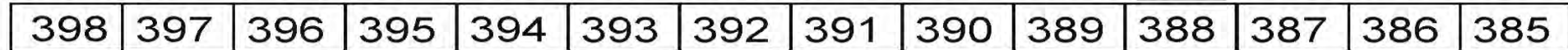
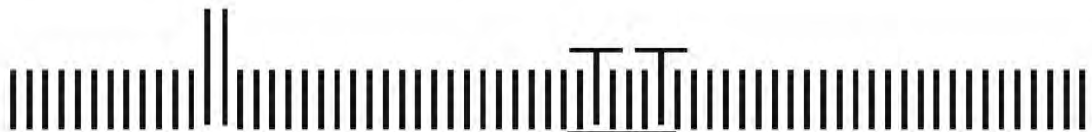
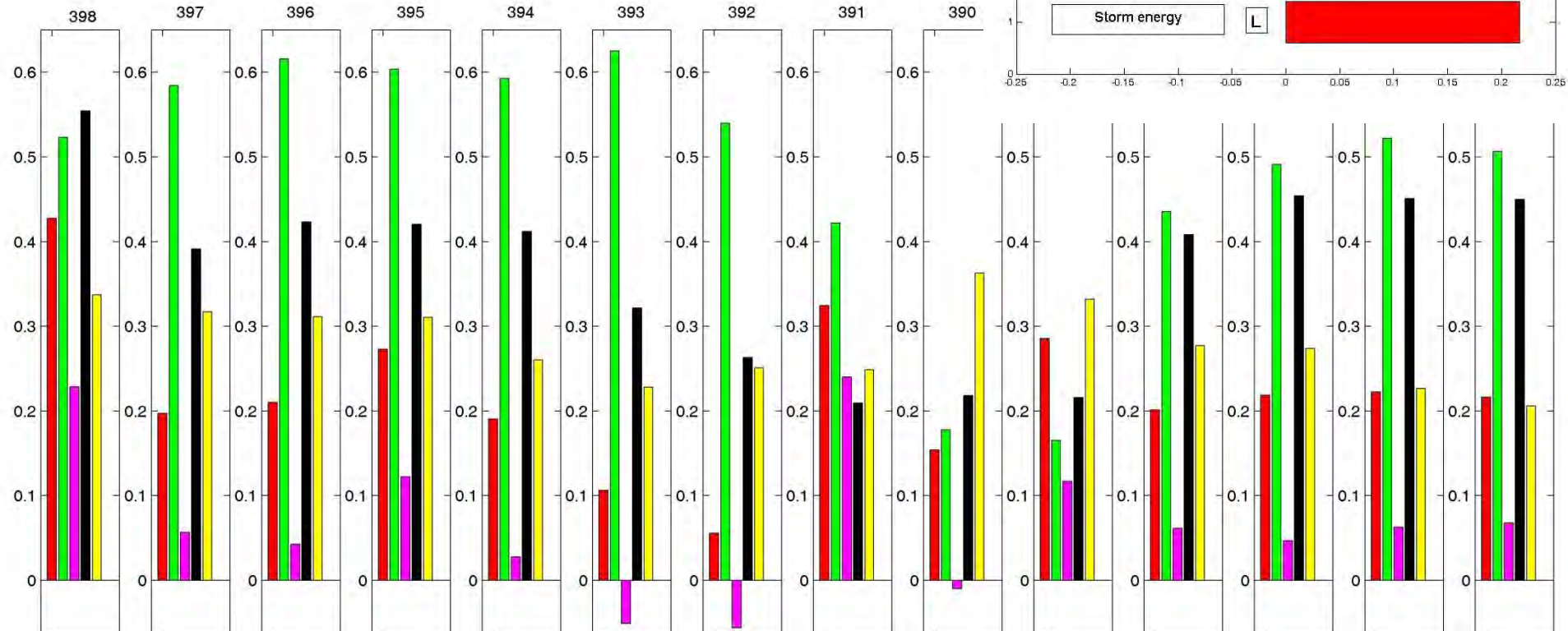
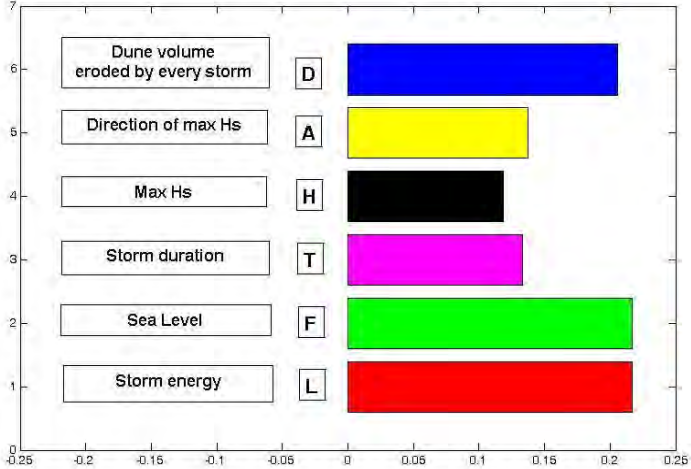
Dla poszczególnych kilometrów brzegu



Analiza korelacji pomiędzy parametrami sztormu dla każdego kilometra brzegu.



Analiza korelacji pomiędzy parametrami sztormu dla każdego kilometra brzegu.







W przypadku sztormów znaczących największy wpływ na wielkość erozji wydmy (D) na Mierzei Dziwnowskiej ma poziom morza (F), następnie wysokość fali znacznej (H) i konsekwentnie kierunek fali znacznej (A).



Na brzegu naturalnym zaobserwowano nieznacznie większy wpływ poziomu morza (F) i kierunku fali znacznej (A), niż na brzegu chronionym.



Na brzegu chronionym większe znaczenie ma wysokość fali znacznej (H), niż na brzegu naturalnym.



Specyficzna sytuacja zachodzi na kilometrach 389 i 390 znajdującymi się pomiędzy umocnionym ujściem rzeki i ciężką opaską z ostrogami T-owymi (km 388), gdzie największy wpływ na wielkość erozji wydmy (D) ma kierunek fali znacznej (A), następnie wysokość fali znacznej (H) przed poziomem morza (F).

Dziękujemy za uwagę

Joanna Dudzińska-Nowak

Zakład Teledetekcji i Kartografii Morskiej
Instytut Nauk o Morzu
Uniwersytet Szczeciński
jotde@univ.szczecin.pl