



Fot. 4 Nieumocniony zjazd na międzywale w km 4+420



Fot. 5 Umocniony tłuczniem podjazd na koronę wału od strony odwodnej w km 5+023

Bardzo ważnym czynnikiem decydującym o sprawności budowli (wał) jest jego budowa geotechniczna, która obejmuje nie tylko sposób, ale i jakość wykonania. Na podstawie wykonanych dla potrzeb projektu badań geotechnicznych można stwierdzić, że zarówno korpus jak i podłoże wału nie gwarantuje wymaganego zabezpieczenia przeciwpowodziowego.

Korpus istniejącego wału został zbudowany z gruntów niespoistych – głównie z piasków drobnych, piasków pylastych i piasku gliniastego, lokalnie z przewarstwieniami pyłów i pyłów piaszczystych. Grunty niespoiste tworzące korpus są w stanie luźnym i dolnej granicy stanu średnio zagęszczonego ($I_D \sim 0,33$ przy wymaganym w przypadku odbudowy $I_{Dsr} \geq 0,50$). Grunty spoiste wbudowane w nasyp są w stanie twardoplastycznym ($I_L=0,15 \div 0,20$). Należy mieć jednak świadomość, że wzrost uwilgotnienia tych gruntów (co ma miejsce przy wysokich przepływach) stan gruntu szybko ulega uplastycznieniu.

Budowa podłoża wału jest typowa dla pradoliny Wisły. Górną warstwę budują grunty madowe (pyły, pyły piaszczyste i gliny pylaste) o różnych miąższościach oraz różnych stanach plastyczności. Poniżej tych warstw występują grunty niespoiste (piaski średnie a nawet grube) w stanie średniozagęszczonym i zagęszczonym. Bezpośrednio pod korpusem wału występują grunty spoiste w stanie twardoplastycznym jednak w miarę wzrostu głębokości i uwilgotnienia stają się one plastyczne ($I_L = 0,40 \div 0,50$).

Nawiercone zwierciadło wody gruntowej, w zależności od warstw gruntowych występujących w podłożu, ma charakter zarówno swobodny jak i napięty. Napięte zwierciadło wody związane jest z występowaniem warstw nieprzepuszczalnych (głównie pyłów i pyłów piaszczystych) stabilizowało się na głębokości $0,5 \div 3,5$ m ppt.

W tabeli zestawiono przybliżone, normowe parametry geotechniczne wydzielonych warstw obliczone w oparciu o parametry wiodące oznaczone w terenie.

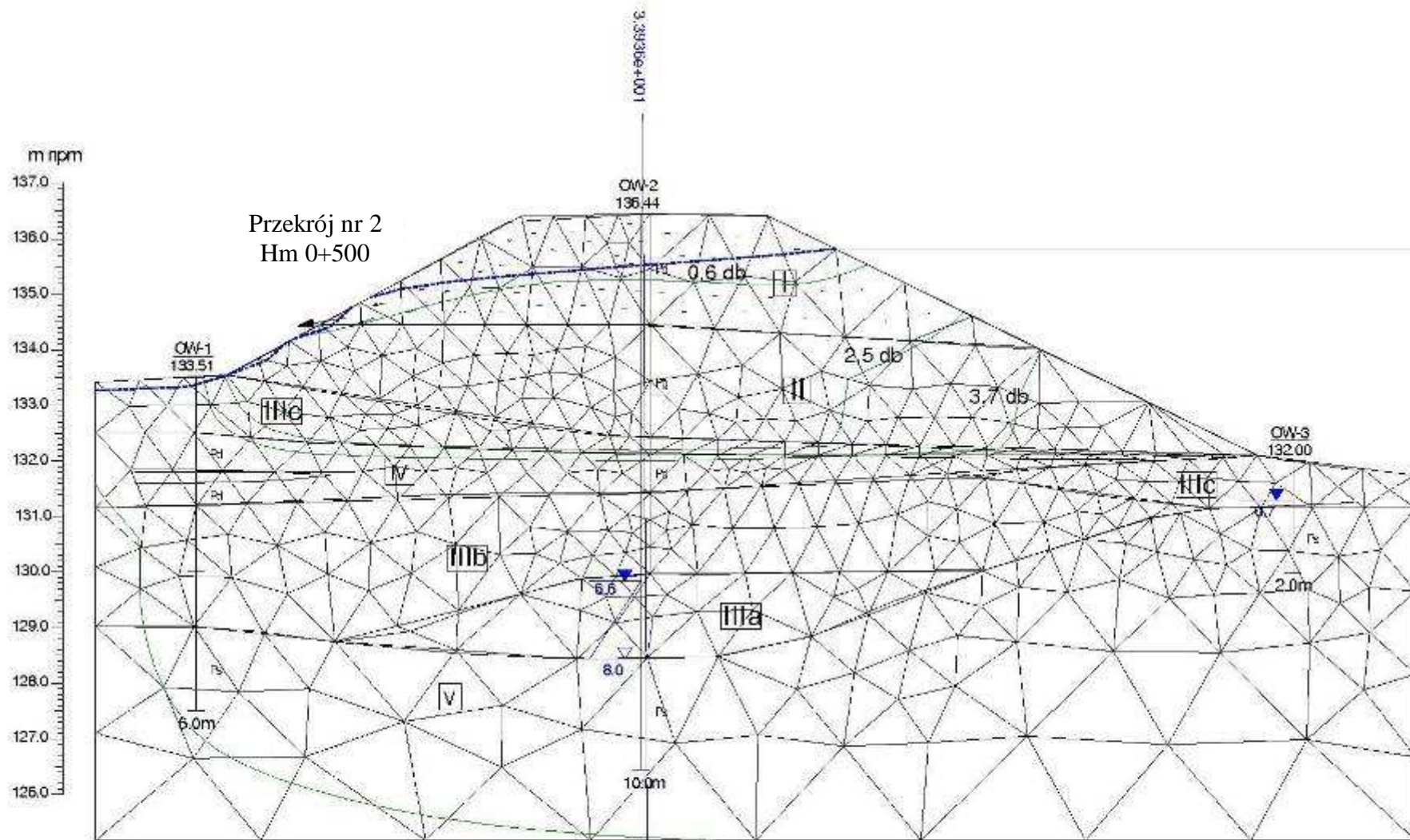
Warstwa	Podwarstwa	Numer warstwy	I_L/I_D	$\phi_u^{(n)}$ [°]	$C_u^{(n)}$ [kPa]	k [m/d]	$M_0^{(n)}$ [kPa]	$\gamma^{(n)}$ [T/m ³]
Nasyp	Pd, Pπ	I	0,30 -0,40	28	-	5 -12	40 000	1,55
	Π, Πp	II	0,15 – 0,20	14	16	0,002-0,006	23 000	2,00
	Pg					0,0002-0,0005		
Podłoże spoiste	Π, Πp, Gπ	IIIa	0,50	10,5	9	0,003	14 000	1,90
		IIIb	0,40	11	10		17 500	1,95
	Pg	IIIc	0,10	16,5	18	0,0004	35 500	2,05
							IV	0,50
podłoże niespoiste	Pd, Pπ	IV	0,50	30	-	4-8	65 000	1,90
	Ps	V	0,50	32	-	18-35	90 000	2,00

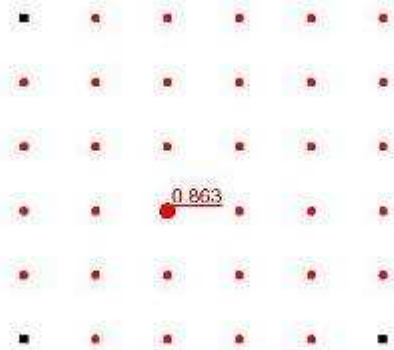
Przykładowy przekrój przez wał i podłoże pokazano na rys. 2

W celu sprawdzenia bezpieczeństwa istniejącego wału wykonano obliczenia filtracji przez korpus wału i podłoże w warunkach przepływu wody powodziowej. Przykładowy obraz filtracji w przekroju, gdzie korona wału ma ponad 4,5 m szerokości przedstawiono na rys. 3. Jak widać przy poziomie wody przekraczającym stan miarodajny przesiąki na skarpie odpowietrznej wystąpią już po 0,6 doby (ok. 14,4 godz.). Przepływ kulminacyjny trwa dłużej, a więc rozmycie wału jest możliwe. Obliczona stateczność skarpy odpowietrznej (rys. 4) $F_{\min} = 0,863$ daleko odbiega od wymaganej przepisami $F \geq 1,3$. Jak blisko było do katastrofy budowlanej mogą świadczyć przytoczone wartości dotyczące pokazanego przekroju:

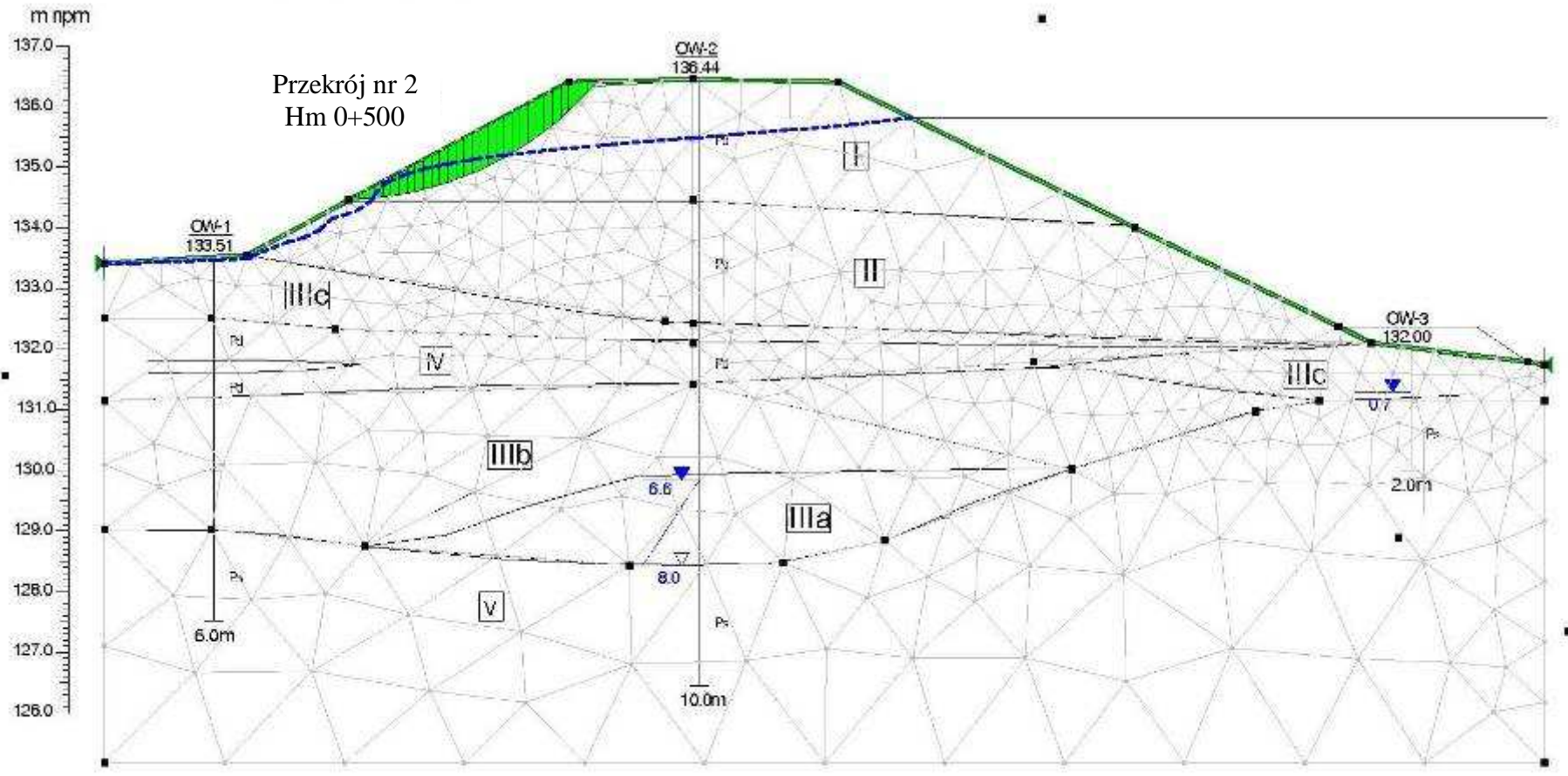
– rzędna korony wału istniejącego	- 136,44
– projektowana rzędna korony wału	- 136,45
– rzędna poziomu wody miarodajnej ($Q_{1\%}$)	- 135,45
– rzędna wody powodziowej z lipca 1997 r.	- 135,13
– rzędna wody powodziowej w kwietniu 1998 r.	- 134,81
– rzędna wody powodziowej z lipca 2001 r.	- 135,28

Poziomy zwierciadła wody obliczono drogą interpolacji liniowej stanów zarejestrowanych na wodowskazie Annopol i Puławy. Poziom ten nie układa się liniowo na całej długości ze względu chociażby tylko na występowanie przewężeń koryta, a stąd i lokalnych podtopień. W przypadku omawianego odcinka wału takie wyraźne przewężenie koryta wód wielkich (międzywala) występuje w rejonie km 5+000 wału. Uwzględniając dodatkowo spowolnienie przepływu przez licznie występującą w międzywale roślinność drzewiastą, a przez to dodatkowe podpiętrzenie widać jak blisko było w 2001 r. do przerwania wału i zalania setek gospodarstw.





OBLICZENIE STATECZNOŚCI
 SKARPY ODPOWIETRZNEJ
 METODA MORGENSTERN - PRICE
 $F_{min} = 0,863$



Duże znaczenie w utrzymaniu korpusu wału ma okrywa roślinna. Z punktu widzenia bezpieczeństwa wału najlepsze wyniki daje zadarnienie niskimi trawami rozłogowymi. W praktyce, jest to rzadko spotykane, a pożądane gatunki traw wypierane są przez mniej wymagające i bardziej konkurencyjne gatunki roślin dwuliściennych. Dość częstym zjawiskiem na tym terenie jest występowanie monokultur trzciny pospolitej. Nieusunięcie kłaczy tej rośliny podczas humusowania skarp prowadzi do katastrofalnych skutków. Przykłady zróżnicowanej szaty roślinnej na korpusie wału pokazano na zamieszczonych fotografiach.



Fot. 6 Opanowana przez chwasty odwodna skarpa wału



Fot. 7 Porost ziołowo – trawiasty na koronie wału



Fot. 8 Trzcina na odwodnej skarpie wału



Fot. 9 Niewykoszona odpowietrzna skarpa wału z wkraczającą roślinnością drzewiastą



Fot. 10 Roślinność drzewiasta nie pozwala wykosić skarpy wału



Fot. 11 Roślinność kserotermiczna na skarpie wału nie zapewnia umocnienia korpusu



Fot. 12 Źle umocniona skarpa nawet w trakcie koszenia jest dewastowana



Fot. 13 Dobrze zadarniona skarpa z drogą przywałową umocnioną tłuczniem na terenie woj. mazowieckiego.