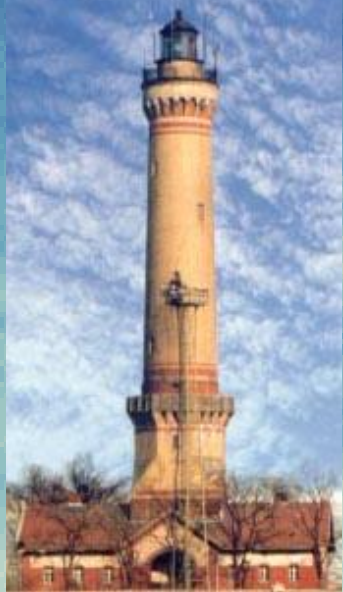


Uniwersytet Wrocławski
Instytut Nauk Geologicznych
Zakład Hydrogeologii Podstawowej

ROBERT TARKA

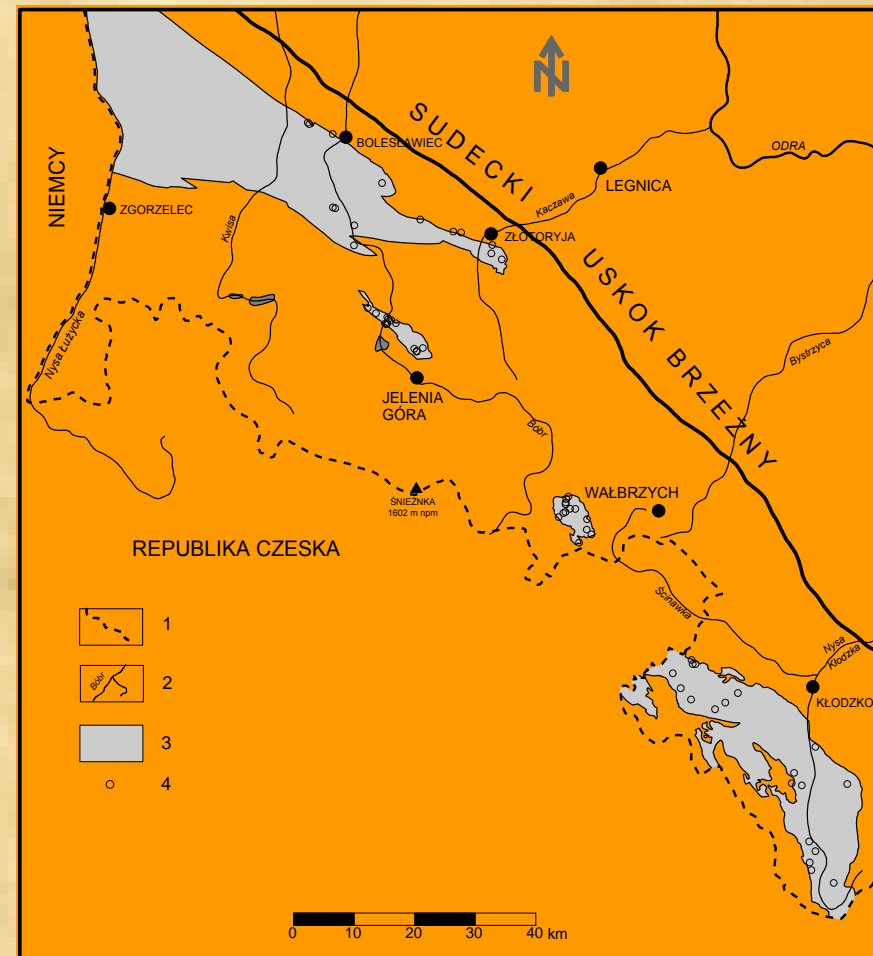
**WŁASNOŚCI HYDROGEOLOGICZNE
UTWORÓW KREDY W SUDETACH NA
PODSTAWIE BADAŃ LABORATORYJNYCH**

Wrocław 2003



WYSTĘPOWANIE UTWORÓW KREDY W SUDETACH

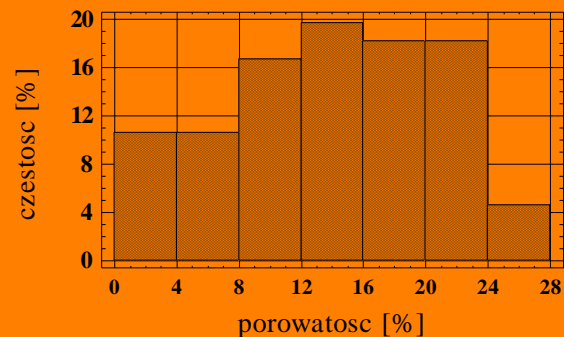
Utwory kredy zajmują w Sudetach obszar o powierzchni ponad 1800 km², z czego na znacznej powierzchni występują bezpośrednio na powierzchni. Zbiorniki występujące w tych osadach należą do najzasobniejszych, obok skał czwartorzędowych, zbiorników wód podziemnych w Sudetach. Stąd istotne jest szczegółowe rozpoznanie własności przestrzeni skał budujących to piętro wodonośne. W celu określenia własności przestrzeni porowej skał kredowych na obszarze Sudetów pobrano 60 prób skalnych. Próby pobierane były w kamieniołomach i naturalnych odsłonięciach skał.



POROWATOŚĆ

Porowatość otwartą skał kredowych w Sudetach na podstawie wykonanych badań zmienia się w zakresie od 2,1 do 28,2%. Ponieważ rozkład współczynnika porowatości otwartej jest zbliżony do normalnego, więc wartość przeciętną najlepiej charakteryzuje wartość średnia. Wynosi ona 14,7%, a standardowe odchylenie 6,89%. Najwięcej oznaczeń porowatości znajduje się w przedziale od 10 do 20 a nawet do 24%. Stanowią one prawie 70% wszystkich oznaczeń. Analizując zależność porowatości od litologii widać, że wyższymi wartościami charakteryzują się piaskowce. Porowatość otwarta piaskowców zawiera się w przedziale od 4,3 do 28,2%, a wartość średnia wynosi 16,8%. Mułowce i margle charakteryzują się porowatością w przedziale od 2,1 do 26,8 % i wartością średnią 9,8%, czyli prawie o połowę niższą niż piaskowce.

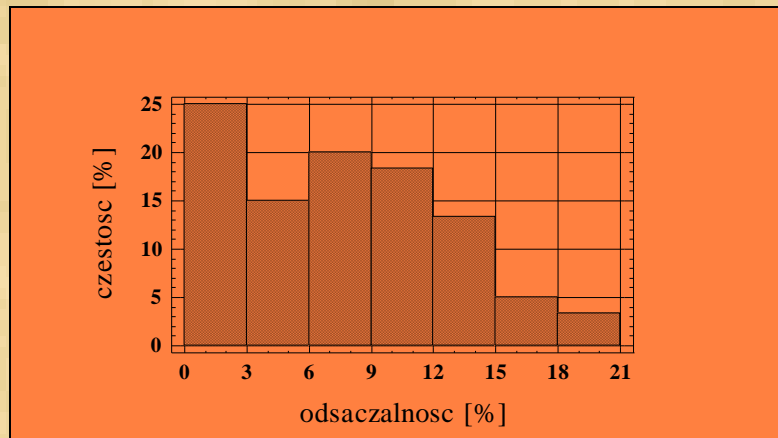
	Wszystkie próby	Piaskowce	Mułowce i margle
Ilość oznaczeń	60	42	18
Średnia	14,7	16,8	9,6
Średnia geometryczna	12,5	15,7	7,3
Minimum	2,1	4,3	2,1
Maximum	28,2	28,2	26,8



ODSĄCZALNOŚĆ

Odsączalność skał kredowych na podstawie analizowanych próbek mieści się w przedziale od 0,2 do 20,1%. Średni współczynnik odsączalność wynosi 7,8%, a średni geometryczny 5,0%. Rozkład współczynnika odsączalności jest wyraźnie asymetryczny, dodatni. Prawie 70% prób wykazuje odsączalność mniejszą od 10%. Porównując odsączalność skał o różnej litologii) należy stwierdzić, że największą odsączalnością charakteryzują się piaskowce, dla których współczynnik odsączalności zawiera się w przedziale od 0,8 do 18,3%. Średnia geometryczna wartość współczynnika odsączalności piaskowców wynosi 8,5%. Mułowce i margle charakteryzują się odsączalnością w przedziale od 0,2 do 20,1 % i średnią geometryczną 1,5%. Z tego widać, że skały mułowcowe i margliste oddają wodę w znikomych ilościach, kilkakrotnie mniej niż piaskowce.

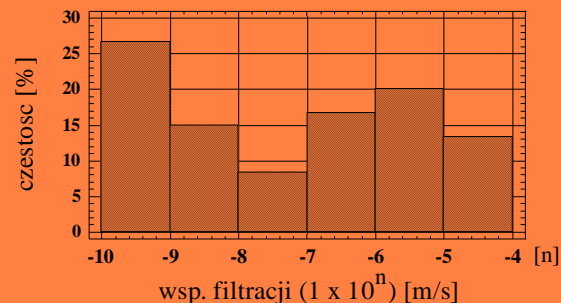
	Wszystkie próby	Piaskowce	Mułowce i margle
Ilość oznaczeń	60	42	18
Średnia	7,8	9,7	3,4
Średnia geometryczna	5,0	8,5	1,5
Minimum	0,2	0,8	0,2
Maximum	20,1	18,3	20,1



PRZEPUSZCZALNOŚĆ

Współczynnik przepuszczalności skał klastycznych górnej kredy w Sudetach zmienia się w przedziale od 0,00001 do 4,94 mD, co w przeliczeniu na współczynnik filtracji dla wody o temperaturze 10°C stanowi przedział od $1,15 \cdot 10^{-10}$ do $5,72 \cdot 10^{-5}$ m/s. Średnia geometryczna wartość współczynnika filtracji wynosi $5,72 \cdot 10^{-8}$ m/s, co kwalifikuje skały jako półprzepuszczalne. Analizując histogram rozkładu logarytmów współczynnika filtracji kredowych utworów w Sudetach można zauważyć wyraźne dwa maksima. Pierwsze w przedziale od $1 \cdot 10^{-10}$ do $1 \cdot 10^{-8}$ m/s odpowiada współczynnikowi filtracji mułowców i margli i drugie maksimum od $1 \cdot 10^{-7}$ do $1 \cdot 10^{-4}$ m/s charakterystyczne jest dla piaskowców. Dla piaskowców średnia geometryczna wartość współczynnika filtracji wynosi $3,57 \cdot 10^{-7}$ m/s. Znacznie niższym współczynnikiem filtracji charakteryzują się mułowce i margle. Ich średni geometryczny współczynnik filtracji wynosi $8,00 \cdot 10^{-10}$ m/s. A zatem są to skały praktycznie nieprzepuszczalne.

	Wszystkie próby	Piaskowce	Mułowce i margle
Ilość oznaczeń	60	42	18
Średnia	$4,21 \cdot 10^{-6}$	$5,92 \cdot 10^{-6}$	$1,92 \cdot 10^{-7}$
Średnia geometryczna	$5,72 \cdot 10^{-8}$	$3,57 \cdot 10^{-7}$	$8,00 \cdot 10^{-10}$
Minimum	$1,15 \cdot 10^{-10}$	$4,13 \cdot 10^{-10}$	$1,15 \cdot 10^{-10}$
Maximum	$5,72 \cdot 10^{-5}$	$5,72 \cdot 10^{-5}$	$3,44 \cdot 10^{-6}$



Ocena wiarygodność wyników badań

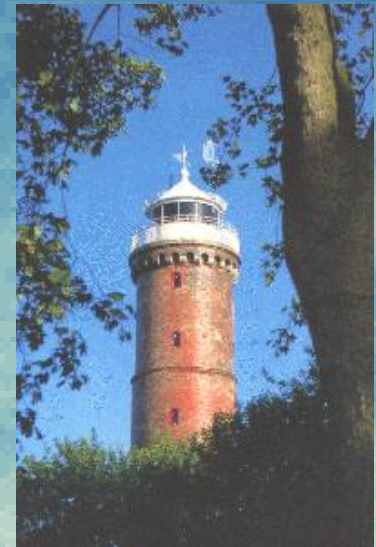
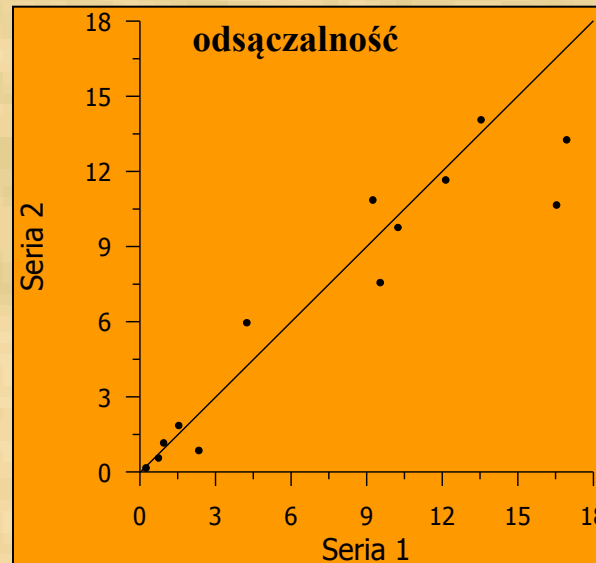
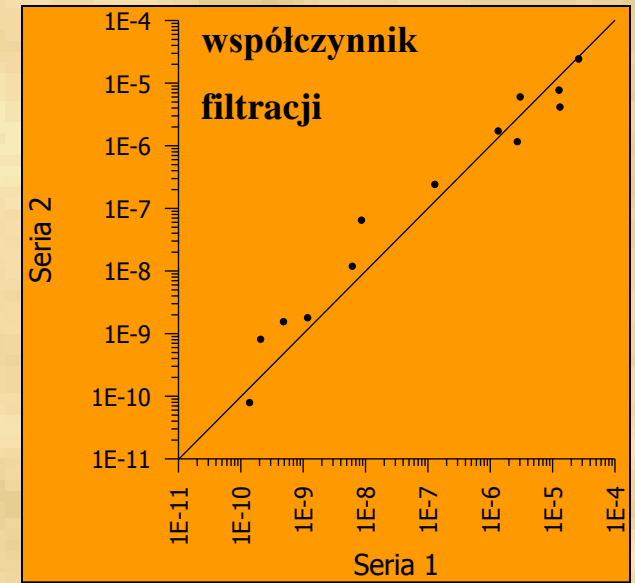
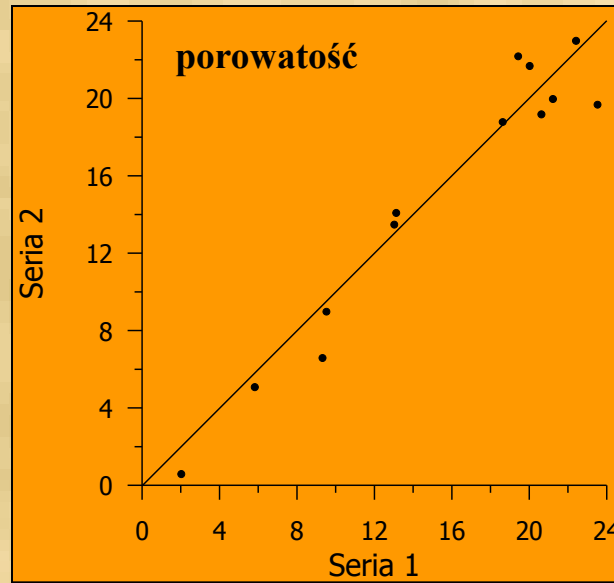
Badane próbki skał są bardzo małymi fragmentami analizowanych osadów. Na ile więc pojedyncza próba pozwala odzwierciedlić średnie własności hydrogeologiczne badanych skały, będąc reprezentatywną chociażby dla odsłonięcia z której została pobrana? Nabiera to szczególnego znaczenia w momencie, gdy przystępuje się do porównywania własności skał czy to na różnych obszarach, czy w zależności od wieku osadów. Z 60 przebadanych wcześniej punktów wybrano w drugim etapie badań 13 kamieniołomów. Próby starano się pobierać z jak najbardziej odległych punktów w odsłonięciu w stosunku do pierwszego opróbowania. Uzyskane na ich podstawie wartości współczynnika porowatości, odsączalności i filtracji porównano z wcześniej uzyskanymi wynikami.

Nr	Lokalizacja	Seria 1			Seria 2			Odchylenie		
		n	m	k	n	m	k	n	m	k
		%	%	m/s	%	%	m/s			
61	Wilków	20,1	13,6	$3,20 \cdot 10^{-06}$	21,6	14,0	$5,72 \cdot 10^{-06}$	0,07	0,03	0,57
60	Wilków	19,5	4,3	$5,11 \cdot 10^{-10}$	22,1	5,9	$1,46 \cdot 10^{-09}$	0,13	0,31	0,96
65	Czaple	22,5	16,6	$1,33 \cdot 10^{-05}$	22,9	10,6	$7,34 \cdot 10^{-06}$	0,02	-0,44	-0,58
70	Rakowiczki	23,6	17,0	$1,39 \cdot 10^{-05}$	19,6	13,2	$3,95 \cdot 10^{-06}$	-0,19	-0,25	-1,11
68	Lwówek Śl.	21,3	12,2	$2,77 \cdot 10^{-05}$	19,9	11,6	$2,30 \cdot 10^{-05}$	-0,07	-0,05	-0,19
29	Klecza	13,1	9,6	$9,12 \cdot 10^{-09}$	13,4	7,5	$6,15 \cdot 10^{-08}$	0,02	-0,25	1,48
5	Jawiszów	9,4	2,4	$1,36 \cdot 10^{-07}$	6,5	0,8	$2,29 \cdot 10^{-07}$	-0,36	-1,00	0,51
40c	Radków	20,7	10,3	$2,87 \cdot 10^{-06}$	19,1	9,7	$1,10 \cdot 10^{-06}$	-0,08	-0,06	-0,89
55	Szczytna	5,9	0,8	$2,19 \cdot 10^{-10}$	5,0	0,5	$7,70 \cdot 10^{-10}$	-0,17	-0,46	1,11
57	Borowina	18,7	9,3	$1,41 \cdot 10^{-06}$	18,7	10,8	$1,63 \cdot 10^{-06}$	0,00	0,15	0,14
48	Stara Bystrzyca	2,1	0,3	$1,46 \cdot 10^{-10}$	0,5	0,1	$7,50 \cdot 10^{-11}$	-1,23	-1,00	-0,64
52	Długopole Grn.	13,2	1,6	$6,50 \cdot 10^{-09}$	14,0	1,8	$1,13 \cdot 10^{-08}$	0,06	0,12	0,54
54	Mielnik	9,6	1,0	$1,24 \cdot 10^{-09}$	8,9	1,1	$1,70 \cdot 10^{-09}$	-0,08	0,10	0,31
Odchylenie średnie								0,21	0,32	0,66
Odchylenie średnie								$0,10^1$	$0,20^2$	$0,62^3$

¹ - bez próby 48; ² - bez próby 48 i 5; ³ - bez próby 29



Wiarygodność wyników badań laboratoryjnych



Zróżnicowanie właściwości przestrzeni porowej utworów kredy sudeckiej

Obszary	ilość prób	n [%] średnia	μ [%] średnia geometryczna	k [m/s] średnia geometryczna
główny basen synklinorium północnosudeckiego	12	22,1	12,1	$3,60 \cdot 10^{-6}$
rów Wlenia	9	11,6	6,3	$4,01 \cdot 10^{-8}$
niecka Krzeszowa	9	16,7	8,4	$6,18 \cdot 10^{-7}$
niecka Batorowa	7	15,8	7,8	$5,68 \cdot 10^{-7}$
rów Nysy Kłodzkiej	5	15,3	7,0	$1,38 \cdot 10^{-8}$

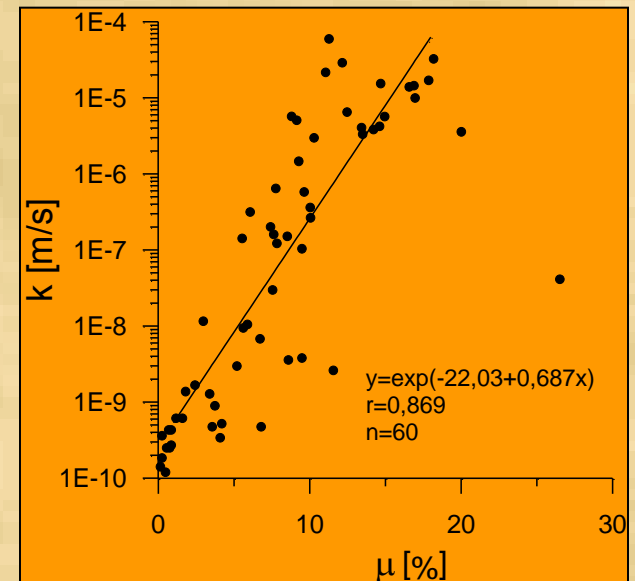
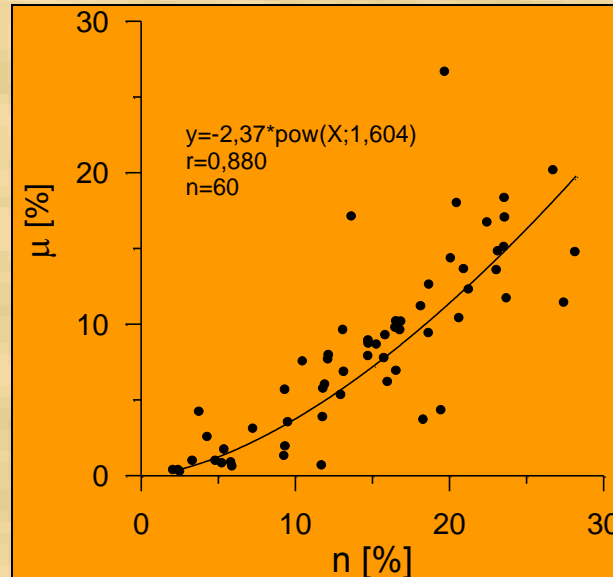
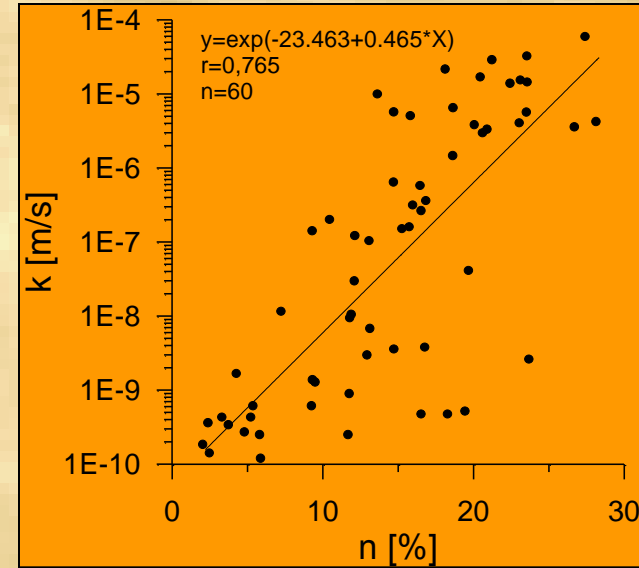
wiek	ilość prób	n [%] średnia	μ [%] średnia geometryczna	k [m/s] średnia geometryczna
c+t ₁	14	15,8	8,0	$1,45 \cdot 10^{-7}$
t ₂	9	14,4	8,2	$3,41 \cdot 10^{-7}$
t ₃	5	19,8	14,0	$8,13 \cdot 10^{-6}$
k	8	13,0	9,0	$9,70 \cdot 10^{-8}$
s	3	26,2	13,6	$1,51 \cdot 10^{-5}$
t ₃ + k	12	16,6	9,4	$5,33 \cdot 10^{-7}$
t ₂ +t ₃ +k	22	16,1	8,2	$4,44 \cdot 10^{-7}$

Objaśnienie: c- cenoman, t₁- turon dolny, t₂- turon środkowy, t₃- turon górny, k- koniak, s- santon

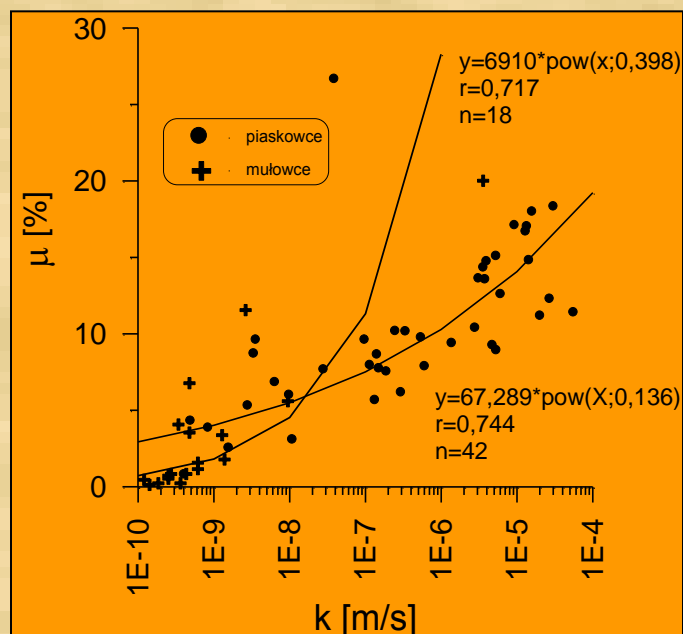
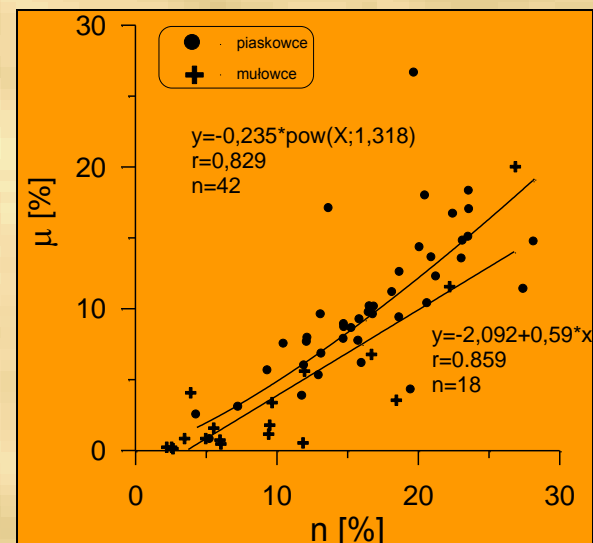
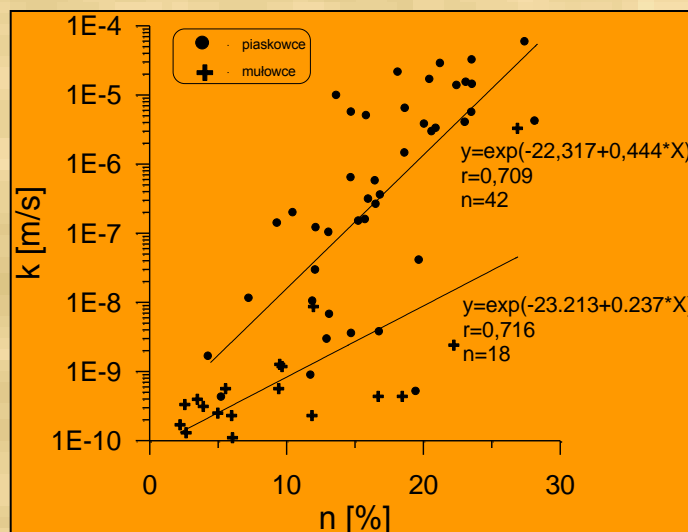


Zależności pomiędzy cechami przestrzeni porowej

Stwierdzono istnienie statystycznie istotnych zależności pomiędzy analizowanymi charakterystykami przestrzeni porowej. Zależność między współczynnikiem filtracji a porowatością efektywną oraz pomiędzy odsączalnością i współczynnikiem filtracji ma charakter funkcji eksponentialnej, natomiast zależności pomiędzy współczynnikiem odsączalności i współczynnikiem porowatości efektywnej wykazują charakter potęgowej. O statystycznej istotności wyznaczonych zależności świadczy wysoka wartość współczynnika korelacji (od $r=0,765$ do $0,880$), powyżej wartości krytycznej na poziomie istotności $\alpha=0,05$.



Zależności pomiędzy cechami przestrzeni porowej



Dla zależności pomiędzy współczynnikiem porowatości i współczynnikiem filtracji widać większą różnicę w przebiegu krzywej regresji dla piaskowców oraz mułowców i margli. Przy dwóch pozostałych wykresach krzywe zależności wyznaczone dla piaskowców oraz mułowców i margli mniej więcej pokrywają się ze sobą. Odmienna zależność pomiędzy porowatością efektywną a przepuszczalnością dla skał grubo- i drobnoklastycznych wynika z faktu, że porowatość nie jest jedynym czynnikiem wpływającym na zdolność skały do przewodzenia wody. Wpływa na nią również wielkość i rozkład porów. Z kolei wielkość i rozkład porów wpływa niewątpliwie na wartość współczynnika odsączalności. Stąd zależności odsączalności od porowatości czy współczynnika filtracji dla obu analizowanych wydzieleni litologicznych wykazują podobny przebieg. Nie można również wykluczyć, że wpływ na uzyskany obraz ma niewielka ilość oznaczeń wykonana dla mułowców i margli.



Własności utworów kredy sudeckiej na tle innych skał klastycznych

Obszar	Porowatość [%]	Odsączalność [%]	Stopień odsączenia	Współczynnik filtracji [m/s]	Ilość oznaczeń
Piaskowce karbońskie rejonu LZW	9,9	1,5	0,07	$7,93 \cdot 10^{-10}$	57
Piaskowce karbońskie rejonu Międzyrzecza i Bierunia	13,4	3,3	0,22	$1,59 \cdot 10^{-7}$	79
Piaskowcowo-mułowcowy kompleks jurajski z rejonu Niziu Polskiego	19,6	12,8	0,58	$6,93 \cdot 10^{-7}$	176
Piaskowcowo-mułowcowy kompleks dolnokredowy z rejonu Niziu Polskiego	17,1	10,8	0,59	$4,96 \cdot 10^{-7}$	136
Piaskowce mioceńskie - Wieliczka	9,9	1,1	0,09	$3,84 \cdot 10^{-9}$	29
Piaskowce mioceńskie z Łopczyc koło Bochni	14,2	4,2	0,19	$1,05 \cdot 10^{-8}$	20
Piaskowce ciężkowickie (eocen) z miejscowości Królówka	16,0	-	-	$4,29 \cdot 10^{-7}$	65
Utwory kredy sudeckiej	14,7	7,8	0,47	$5,72 \cdot 10^{-8}$	60

Utwory kredy sudeckiej charakteryzują się niższą porowatością i odsączalnością oraz niższym współczynnikiem filtracji od podobnego pod względem wykształcenia litologicznego kompleksu skał jurajskiego i dolnokredowego z obszaru Niziu Polskiego. Pozostałe analizowane obszary występowania skał klastycznych choć charakteryzują się zbliżoną lub nieznacznie niższą średnią wartością współczynnika porowatości, to odznaczają się znacznie słabszą odsączalnością a tym samym znacznie niższy jest średni stopień odsączenia tych skał. Warto zwrócić uwagę, że przy zbliżonej średniej wartości porowatości utwory kredy sudeckiej odznaczają się niższą 5-10 krotnie średnią wartością współczynnika w stosunku do piaskowców karbońskich rejonu Międzyrzecza i Bierunia oraz piaskowców mioceńskich z Łopczyc koło Bochni. Tym bardziej, że utwory z dwóch ostatnio wymienionych rejonów charakteryzują się, jak już wspomniano, dwukrotnie niższą wartością współczynnika odsączalności oraz prawie dwu i półkrotnie niższym stopniem odsączenia. Jest to o tyle istotne, że stopień odsączenia w pośredni sposób informuje o wielkości porów, a więc powinien mieć wpływ na wartość współczynnika filtracji charakteryzującego przepuszczalność skały.



WNIOSKI

- Dla utworów kredy sudeckiej średnia porowatość wynosi 14,7%, średni współczynnik odsączalności 5,0%, a średni współczynnik filtracji $5,7 \cdot 10^{-8}$ m/s. Są wartości niższe od analogicznych pod względem wykształcenia litologicznego kompleksów skalnych jury i dolnej kredy z obszaru Nizżu Polskiego.
- Istnieje duża różnica badanych charakterystyk przestrzeni porowej pomiędzy piaskowcami a mułowcami i marglami. Mułowce i margle cechują się średnią odsączalnością 1,5%, stąd oddają one wodę w znikomych ilościach, a przy średnim współczynniku filtracji $8,0 \cdot 10^{-10}$ m/s można stwierdzić, że są to skały praktycznie nieprzepuszczalne. Zarówno gromadzenie jak i przepływ wód związane jest w tych utworach z otwartymi szczelinami pochodzenia wietrzeniowego lub tektonicznego.
- Badania laboratoryjne są wiarygodną ocenę własności przestrzeni porowej. Pojedyncze próby skalne, w przypadku kredy sudeckiej, pozwalają na uzyskanie reprezentatywnych wartości podstawowych własności hydrogeologicznych dla punktu opróbowania.
- Najwyższe wartości analizowanych własności posiadają utwory santonu oraz turonu górnego. Z kolei najniższymi wartościami cechują się osady koniaku
- Potwierdzono istnienie statystycznie istotnych zależności pomiędzy analizowanymi charakterystykami przestrzeni porowej. Zależność między współczynnikiem filtracji a porowatością efektywną oraz pomiędzy odsączalnością i współczynnikiem filtracji ma charakter funkcji eksponentialnej, natomiast zależności pomiędzy współczynnikiem odsączalności i współczynnikiem porowatości efektywnej wykazują charakter potęgowej.

