

Czy i dlaczego zmiana klimatu wpływa na wody podziemne?

Kilka przykładów.



1. Woda **podziemna** jest surowcem, dobrem wspólnym.
2. Woda **podziemna** stanowi strategiczny zasób odnawialny.
3. Woda **podziemna** podlega ochronie: prawnej, społecznej i środowiskowej.
4. Pobór wody wymaga stałej kontroli, racjonalności wykorzystania w zakresie ilości i jakości. Ile o tym wiemy?

1. Antropocen – nowa epoka geologicznej, określa okres negatywnej działalności człowieka (od 200 lat).
2. Wodociąg dla Starego Miasta w Warszawie ukończony został w 1596 roku, potem był rozbudowywany.
3. Woda w Warszawie jest wykorzystywana głównie do zaopatrzenia ludności w wodę.
4. Woda **podziemna** w Warszawie podlega ochronie w ramach: GZWP oraz np. ocen środowiskowych.

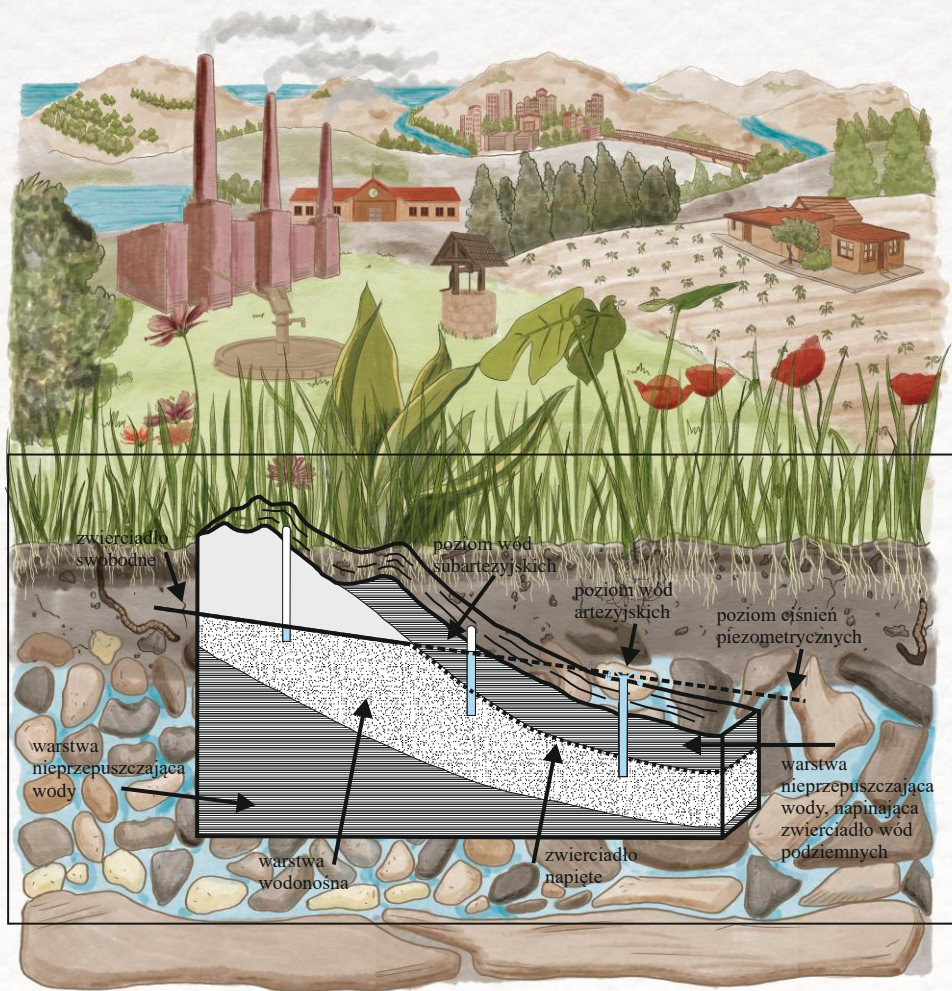


2022 Groundwater

Groundwater: making the invisible visible



Out of sight, under our feet, groundwater is a hidden treasure that enriches our lives. Our drinking water and sanitation, our food supply and natural environment – all these rely on groundwater.



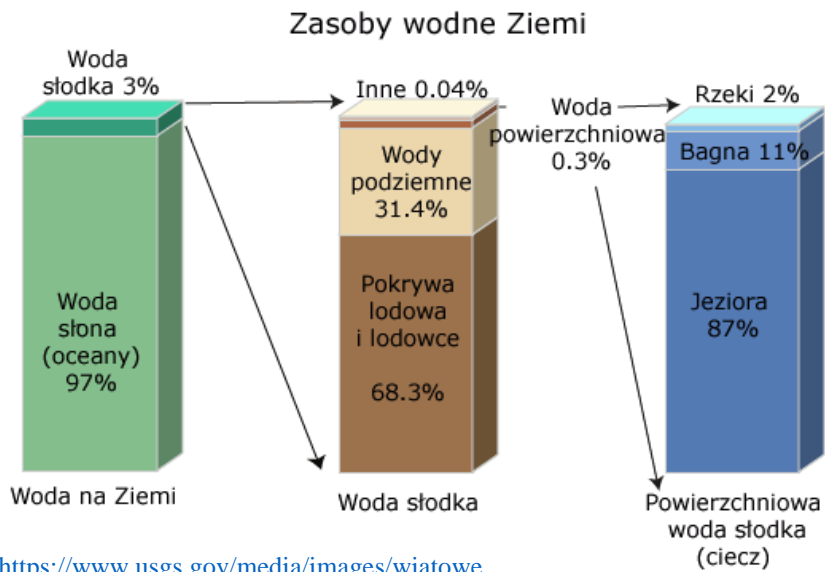
Fot. <https://metrowarszawa.gazeta.pl/>



Źródła „uniwersyteckie” na skarpie



Potok Bielański



<https://www.usgs.gov/media/images/wiatowe-zasoby-wodne-earths-water-distribution-polish>

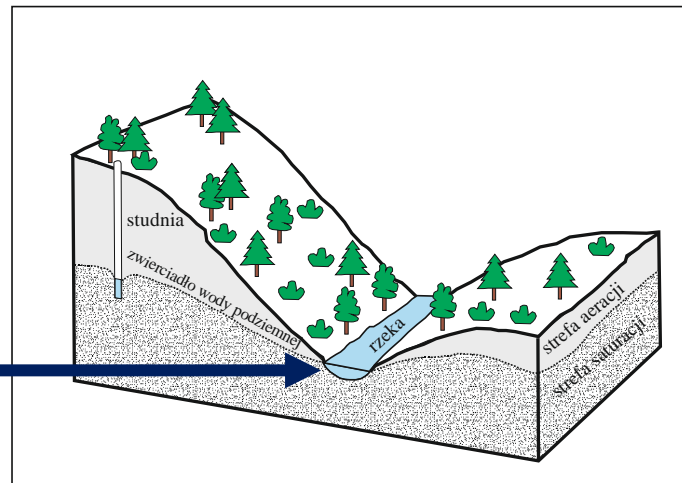
Wyszczególnienie Specification	2000	2005	2010	2015	2018	2019
	w hektometrach sześciennych in cubic hectometers					
Ogółem Total	11 048,5	10 940,3	10 866,4	10 502,6	9 886,2	9 253,6
Wody powierzchniowe Surface waters	9 150,6	9 205,7	9 172,6	8 770,2	8 065,0	7 439,9
Wody podziemne Underground waters	1 747,3	1 640,4	1 625,2	1 677,3	1 772,6	1 772,1

Rocznik Statystyczny, 2020

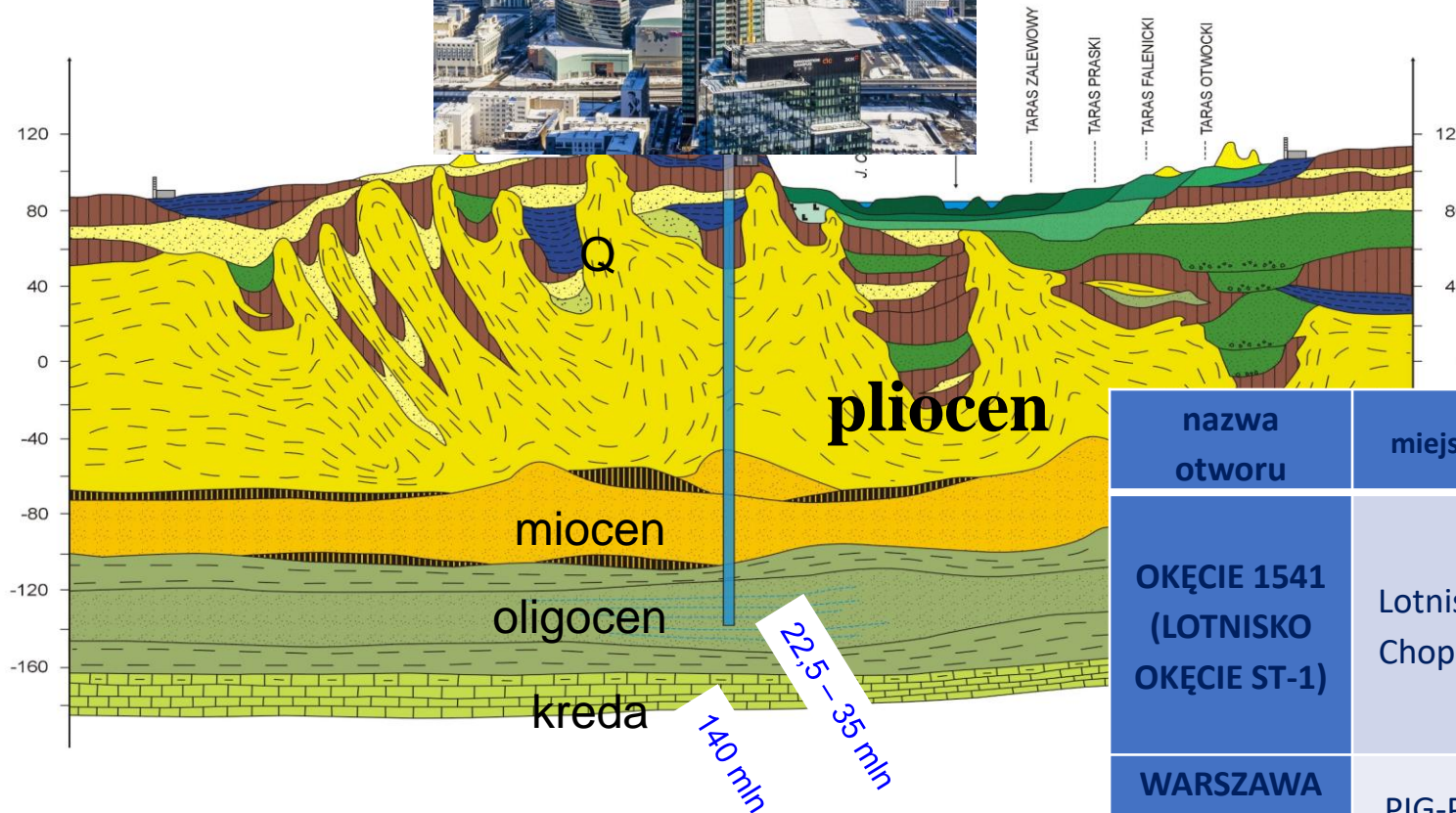
Głównym źródłem wody w sieci wodociągowej są **wody podziemne** ze względu na ich znacznie lepszą jakość. **W 2019 r.** w eksploatacji sieci wodociągowej wody podziemne stanowiły ponad 70%.



„Hydrogeologia stosowana”, PWN; zdjęcia własne

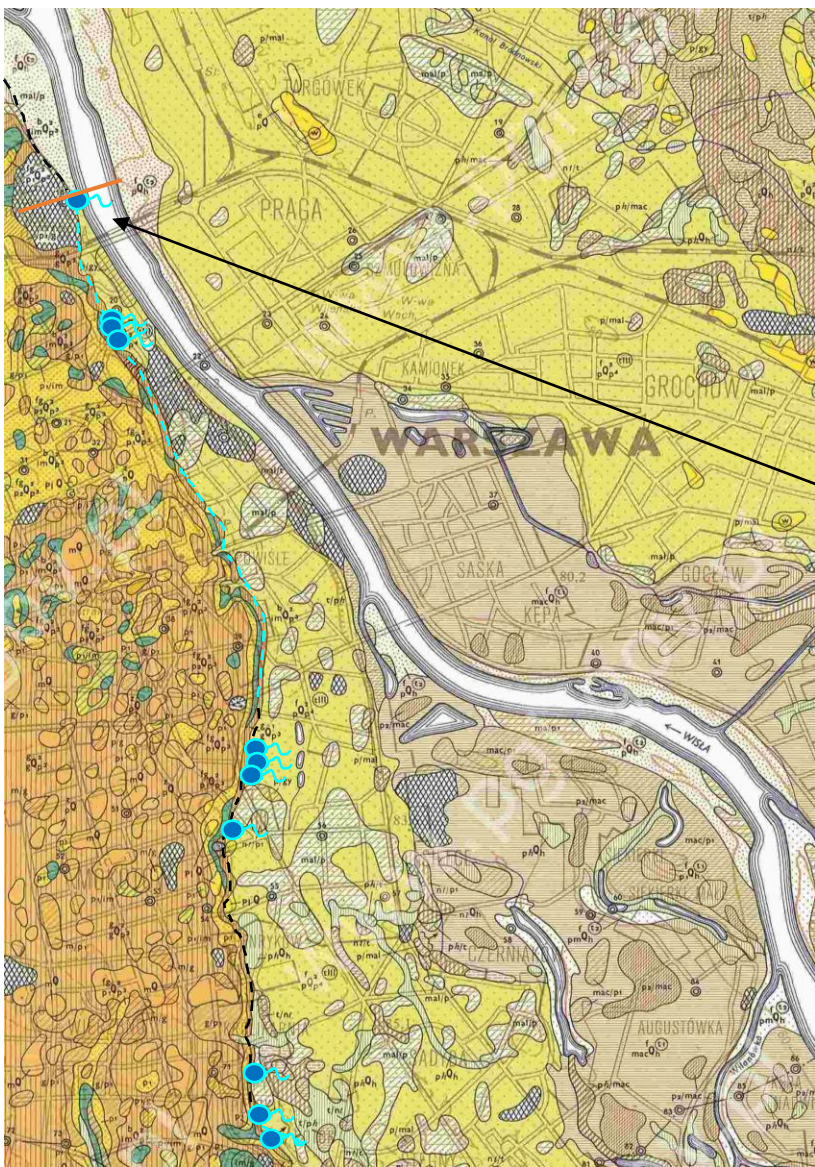


Warszawa w górę -
obiekt Varso (310 m),
co uczyni go
najwyższym budynkiem
w Unii Europejskiej.



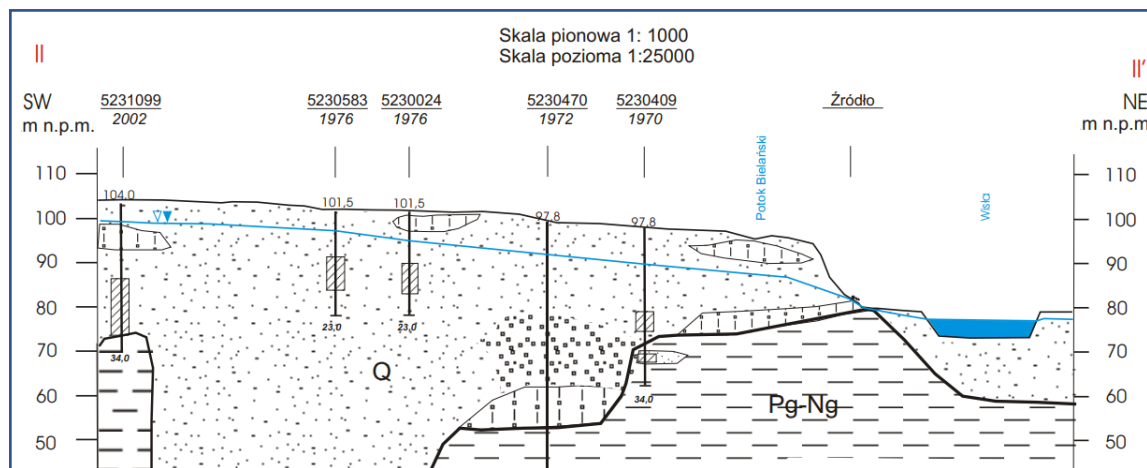
nazwa otworu	miejsce	głębokość [m p.p.t.]	stratygrafia
OKĘCIE 1541 (LOTNISKO OKĘCIE ST-1)	Lotnisko Chopina	300,0	kreda
WARSZAWA IG H-6	PIG-PIB	287,0	kreda

Źródła



SGMP, ark. Warszawa Wschód

- Wszystkie stałe źródła lewobrzeżnej Warszawy występują wyłącznie u podnóża Skarpy Warszawskiej (kiedyś także na wysoczyźnie).
- Badania źródeł trwają od XIX w., w latach 1839-43 mierzono temperaturę pięciu źródeł warszawskich (Królikarnia, Belweder, Agrykola, Pałac Kazimierzowski, Cytadela).
- Obecnie w Warszawie występuje ok. 9-10 źródeł. W przeciągu ostatnich 150 lat przez wzrastający wpływ antropopresji zaniknęło ich kilkanaście.



Przekrój hydrogeologiczny
w rejonie Bielany (źródło Bielańskie)

Zmiany? Przyczyny?

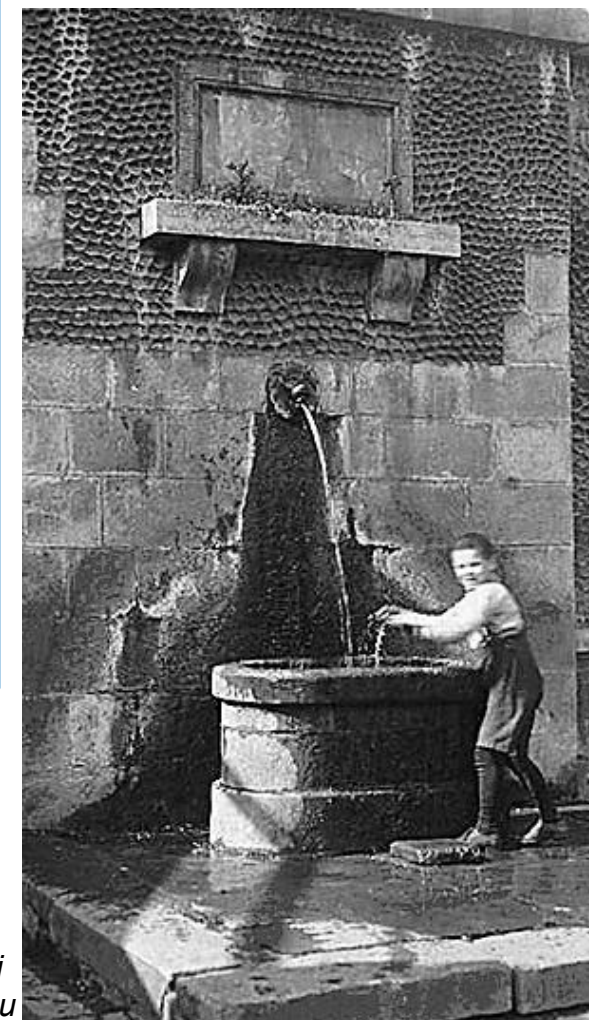
1. **Antropogeniczne (m. in. zagospodarowanie przestrzenne)**
2. **Zmiana warunków krążenia, zasilania (zmiana klimatu ?)**
3. **Naturalne**

Źródła w rejonie skarpy to źródła **podzoczowe** (według kryterium geomorfologicznego), **descensyjne** (wg kryterium siły hydrostatycznej), powstające na skutek wypływu wód z warstwy wodonośnej (piasków) istniejącej ponad nieprzepuszczalną warstwą iłów lub glin.



źródło na Obożnej
– 2022 rok

Jego zasilanie wiąże się z płytszym (wyższym) i mniej zasobnym poziomem wodonośnym w obrębie gliny zlodowacenia warty. **Woda od 1958 r. przestała płynąć z powodu obniżenia zwierciadła wód.** Ponowny wypływ nastąpił w l. 70. XX w. Aktualnie „?”



źródło na Obożnej
– zdroj z 1837 roku

Jakość wód podziemnych

- ogólna tendencja do zmniejszenia wydajności i zaniku źródeł,
- w latach 1839-43 mierzono temperaturę pięciu źródeł warszawskich. **Przez 150 lat o kilka stopni C wzrosła temperatura wody.**
- zwiększa się ilość jonów siarczanowych (SO_4^{-2}) i chlorkowych (Cl^-) oraz twardość (świadczące o degradacji jakościowej), kationem dominującym jest Ca.
- w większości źródeł zwiększyła się ogólna mineralizacja, najniższą w 1996 r. (793 mg/l) miało źródło Stanisława Augusta, najwyższą źródło północne na skarpie w pobliżu UW (**2100 mg/l**).

Źródła uniwersyteckie, fot. K. Sawicka



Badania z 2021 roku



Źródła, fot. E. Krogulec



Źródło Królewskie zwane też jest Zdrojem Królewskim lub Zdrojem Stanisława Augusta. Miejsce źródła (wys. 88,3 m n.p.m., rok obudowy 1771)

Ilość wody - trzy wypływy przy ulicy Browarnej, rejestrowane w latach 90. XX w. były suche od 2000 r. do jesieni 2002 r. Brak zasilania źródła jest związany także z głębokim posadowieniem ścianek szczelnych tunelu metra i ograniczeniem dopływu wód od strony zachodniej.

Jakość wody - wzrost mineralizacji wód podziemnych związany z: nieszczelną siecią kanalizacyjną lub centralnego ogrzewania; zmieniającym się chemizmem wód opadowych; starymi wysypiskami odpadów i miejskimi śmietniskami; nasypami bogatymi w łatwo rozpuszczalne sole, gruntami antropogenicznymi; intensywnym nawożeniem skwerów i ogródków działkowych.

Badania z 2021 roku

Źródło południowe ma wodę najbardziej zmineralizowaną. Zalicza się ją do typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl-Ca-Na}$. Wodę ze źródła północnego do typu $\text{SO}_4\text{-Cl-HCO}_3\text{-Ca-Na}$.



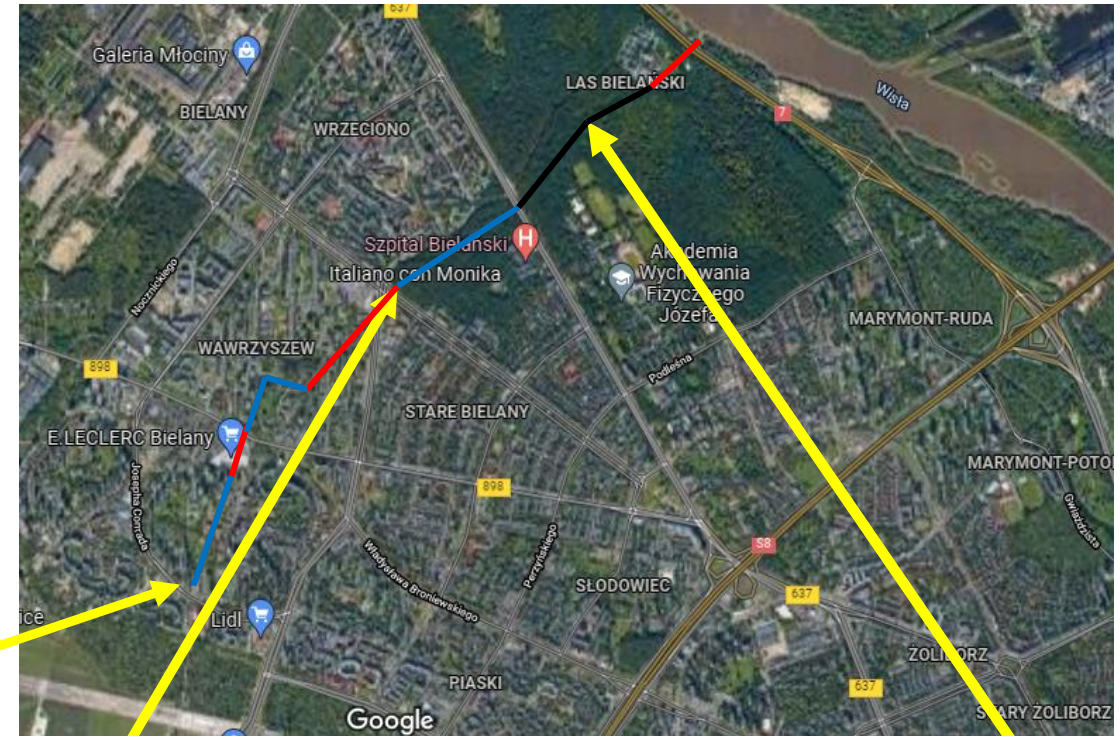
Źródła uniwersyteckie, fot. K. Sawicka

Woda ze źródła poprowadzona była za czasów Władysława IV do fontanny umiejscowionej powyżej skarpy.

Skutki zmian wielkości zasilania wód podziemnych

Silne przekształcenia warunków zasilania wód podziemnych doprowadziły do stopniowego zaniku potoku, trend ten widoczny był już w latach 80. XX wieku, obecnie brak jest działań zmierzających do rewitalizacji, poza utrzymaniem przepływu w górnym odcinku.

Zlewnia Potoku Bielańskiego



Studnia
głębiniowa
zasilająca
potok w
górnym biegu



Wylot potoku z odcinka
zamkniętego
(skanalizowanego)



Rezerwat Las Bielański

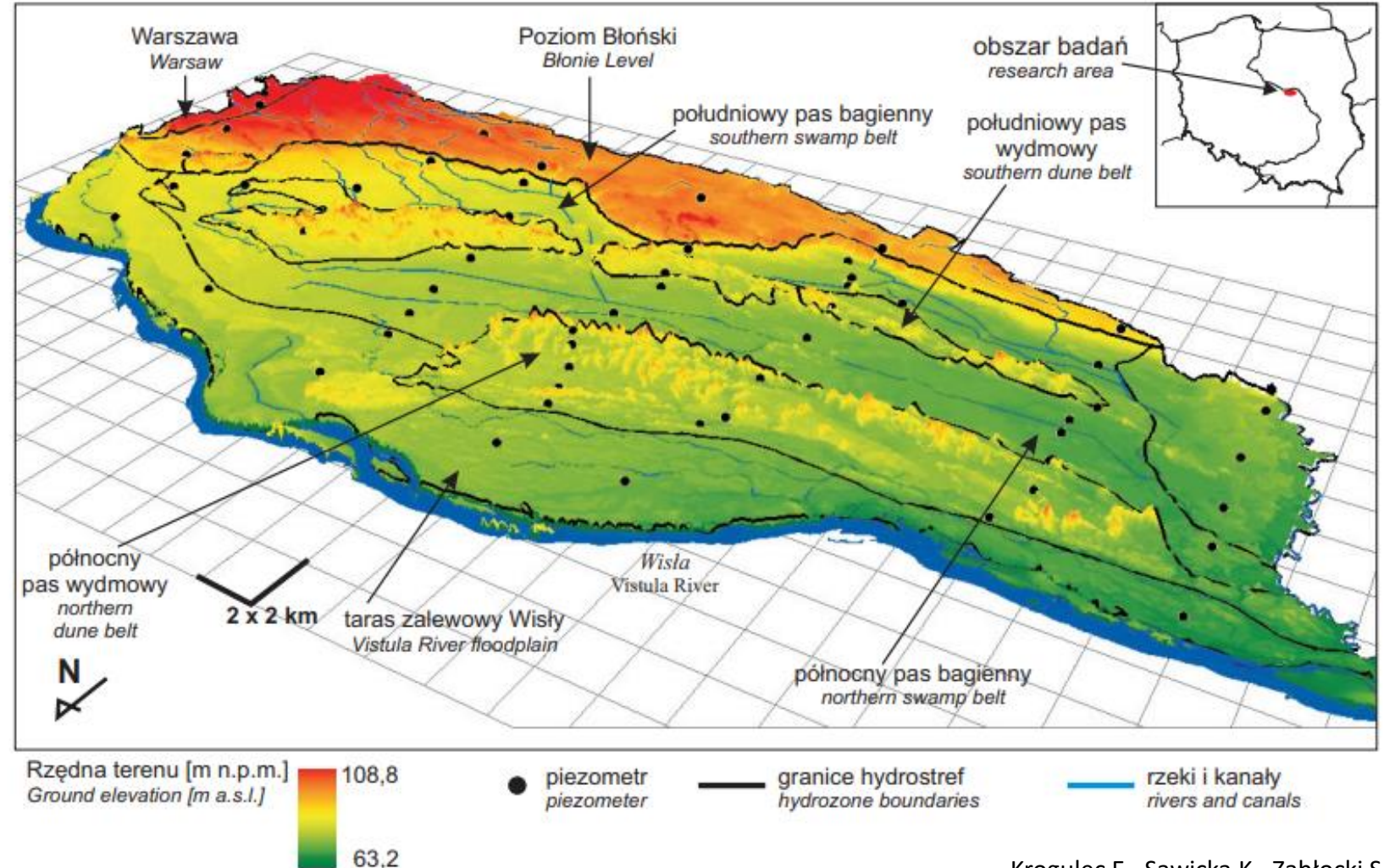
Czy i dlaczego zmiana klimatu wpływa na wody podziemne?

dobowe

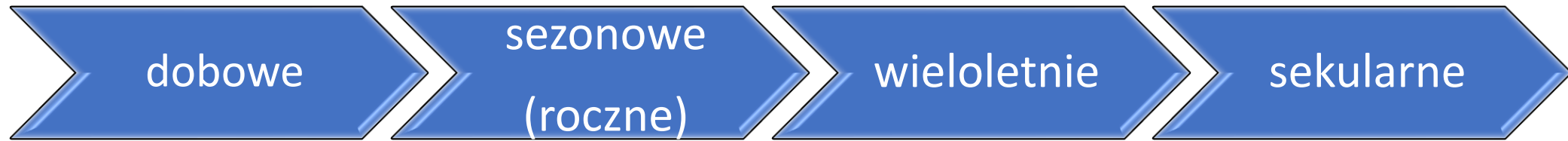
sezonowe
(roczne)

wieloletnie

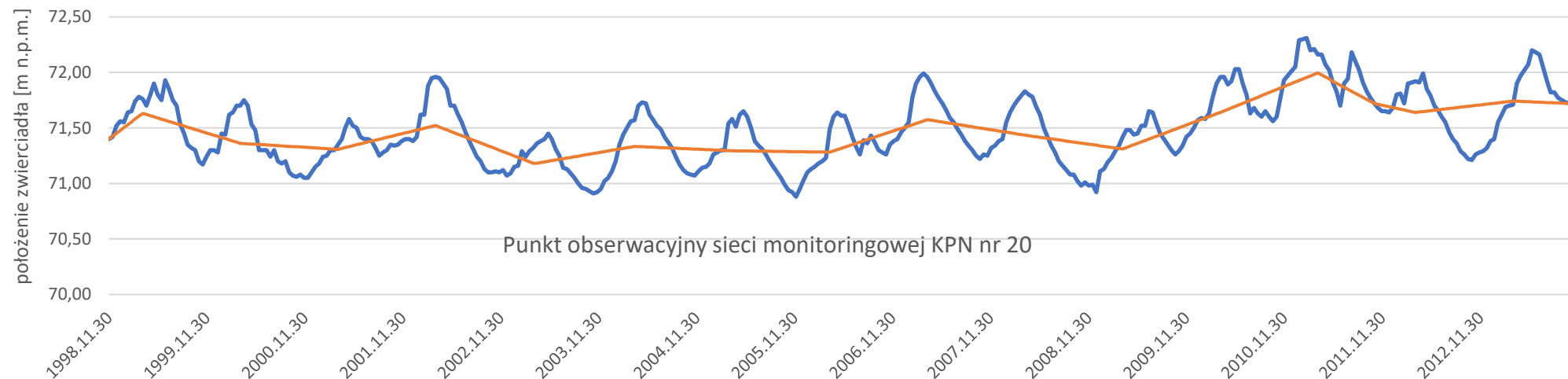
sekularne



Czy i dlaczego zmiana klimatu wpływa na wody podziemne?



- ✓ naturalne zmiany w czasowo-przestrzennym rozkładzie wielkości opadów i ewapotranspiracji
- ✓ naprzemiennosc lat suchych i mokrych

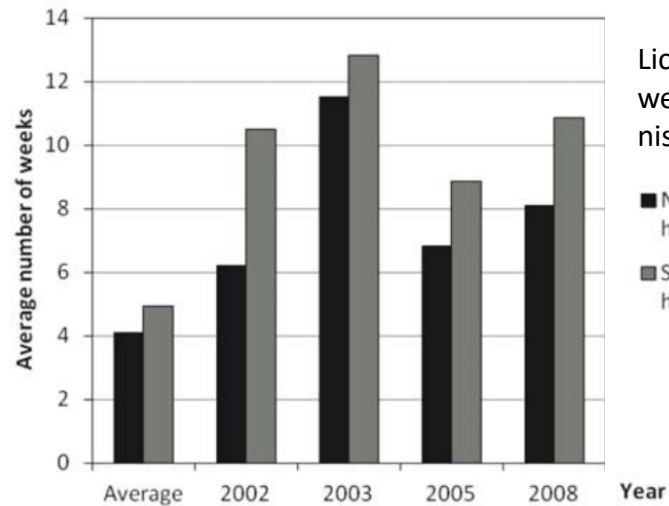


Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Type of year in the reference to average precipitation	average	very dry	wet	average	dry	average	Dry	wet	wet	average	average	very wet	average	very dry	average

Krogulec E., Sawicka K., Zabłocki S., 2020

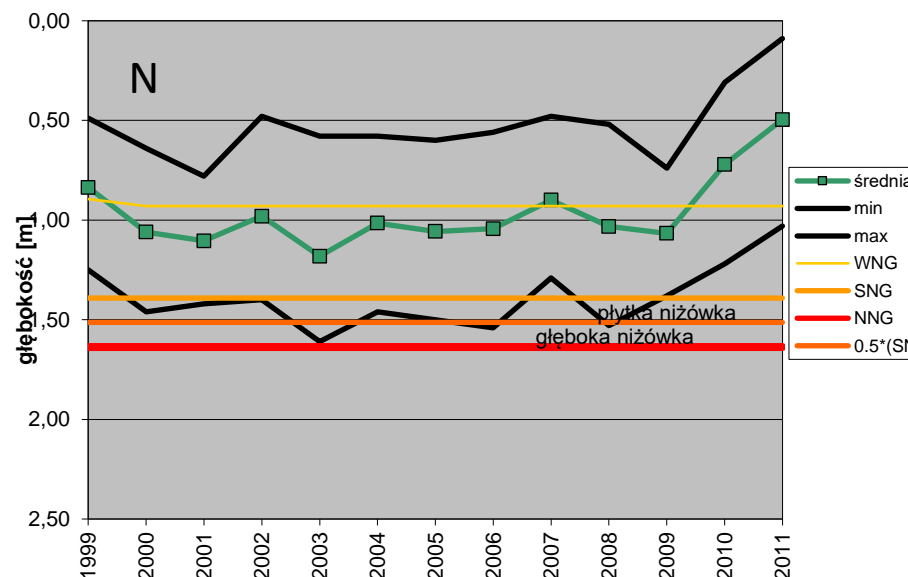
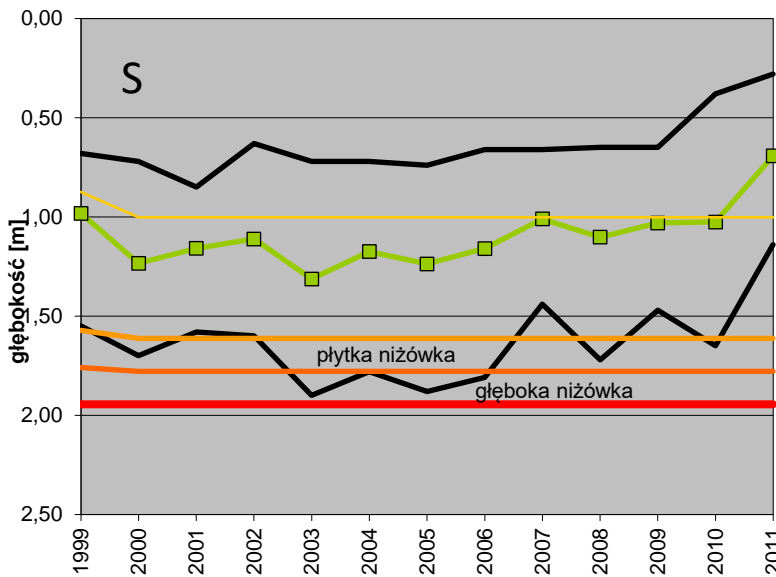
Konieczna jest wnikliwa analiza znajomość systemu, same dane statystyczne są niewystarczające

Susza hydrogeologiczna – fakty



Liczba tygodni z poziomem niższym niż SNG w okresie wegetacyjnym w latach 1999-2013 oraz w wybranych latach o niskiej retencji wód podziemnych

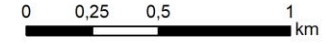
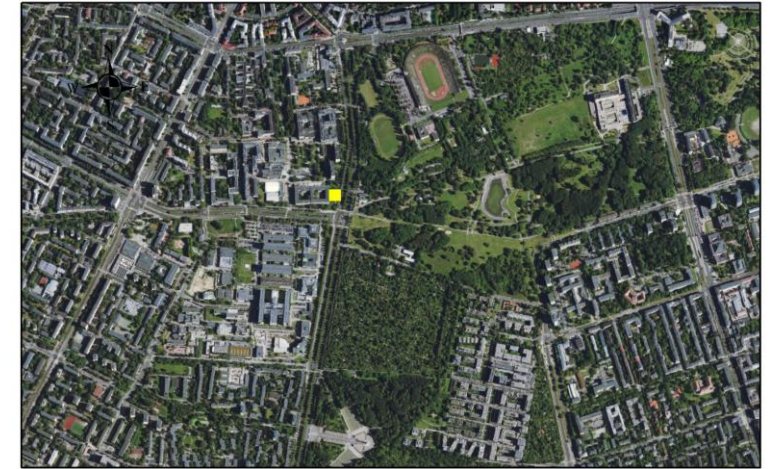
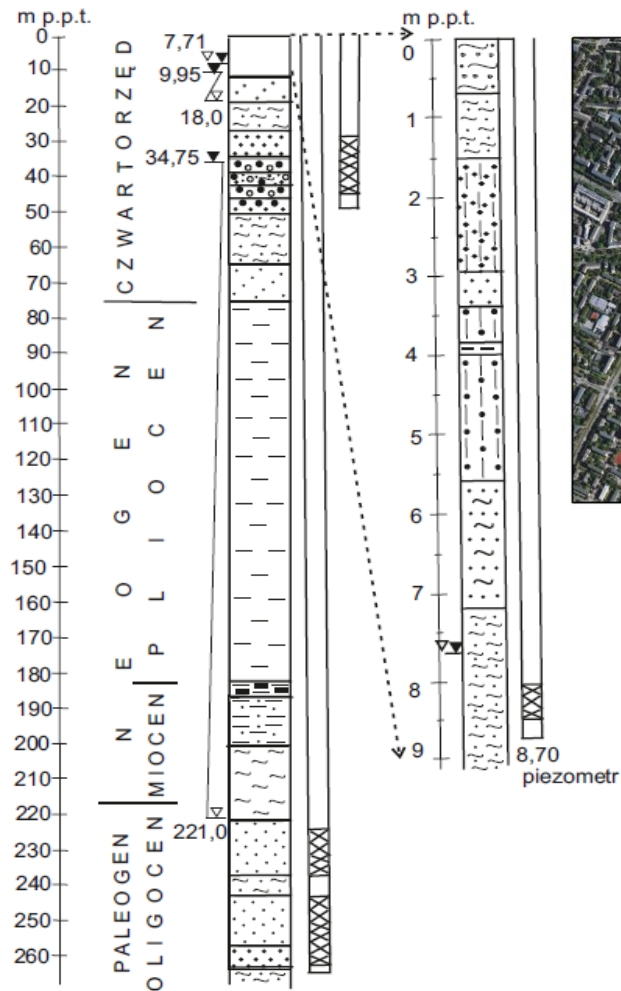
Statystyka głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych w hydrostrefach bagiennych w punktach monitoringowych KPN za lata 1999-2013



Groundwater depth [m]	Northern marsh hydrozone			
	Hydrological year (1999-2013)	Vegetation period (1999-2013)	SNG (1999-2013)	NNG (1999-2013)
Average	0.91	0.98	1.34	1.62
Median	0.91	1.05	1.18	1.52
Min	0.23	0.23	0.91	1.11
Max	1.57	1.57	1.84	2.16
Average annual amplitude	0.72	0.67	-	-
Maximal amplitude	1.35	1.35	-	-
First quartile	0.69	0.82	1.10	1.40
Third quartile	1.11	1.16	1.63	1.90
Standard deviation	0.29	0.22	0.34	0.36
Groundwater depth [m]	Southern marsh hydrozone			
	Hydrological year (1999-2013)	Vegetation period (1999-2013)	SNG (1999-2013)	NNG (1999-2013)
Average	1.24	1.33	1.72	2.13
Median	1.20	1.41	1.61	2.25
Min	0.58	0.66	0.55	0.98
Max	2.05	2.05	2.75	3.17
Average annual amplitude	0.77	0.73	-	-
Maximal amplitude	1.47	1.39	-	-
First quartile	1.00	1.14	1.09	1.60
Third quartile	1.46	1.52	2.37	2.63
Standard deviation	0.32	0.24	0.79	0.80

Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Type of year in the reference to average precipitation	average	very dry	wet	average	dry	average	Dry	wet	wet	average	average	very wet	average	very dry	average

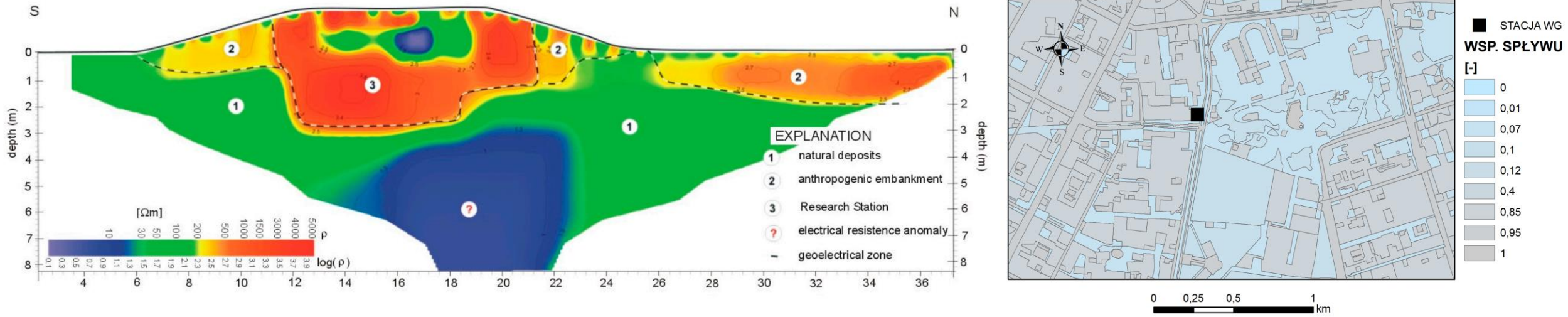
Krogulec E., Sawicka K., Zabłocki S., 2016, Acta Geologica Polonica, Vol. 66 (2016), No. 3, pp. 525–540; Krogulec, 2018



Water, 12, 2020, 3107.
<https://doi.org/10.3390/w12113107>.

- OBJAŚNIENIA**
- zwierciadło wody ustalone
 - zwierciadło wody nawiercone
- LITOLOGIA**
- żwiry i piaski gruboziarniste
 - piaski grubo- i średnioziarniste
 - piaski średnioziarniste
 - piaski drobnoziarniste
 - piaski drobnoziarniste i pylaste,
 - piaski pylaste i pyły piaszczyste
 - pyły lekko piaszczyste z gruzem (nasyt)
 - piaski gliniaste
 - piaski zaitone
 - mulki
 - iły z wkładkami węgla
 - iły
 - gliny zwalowe

Stacja naukowo – badawcza przy Wydziale Geologii

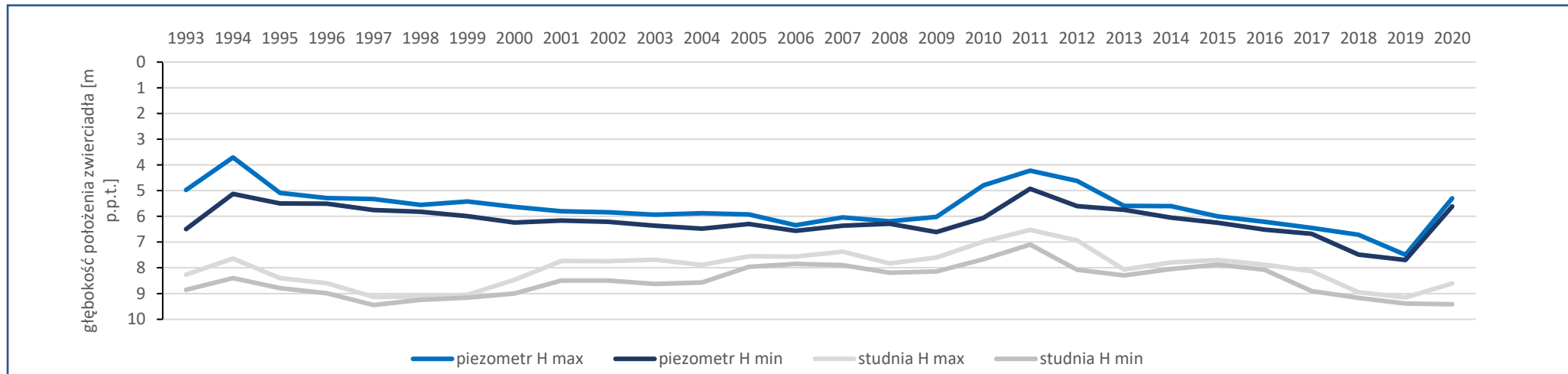


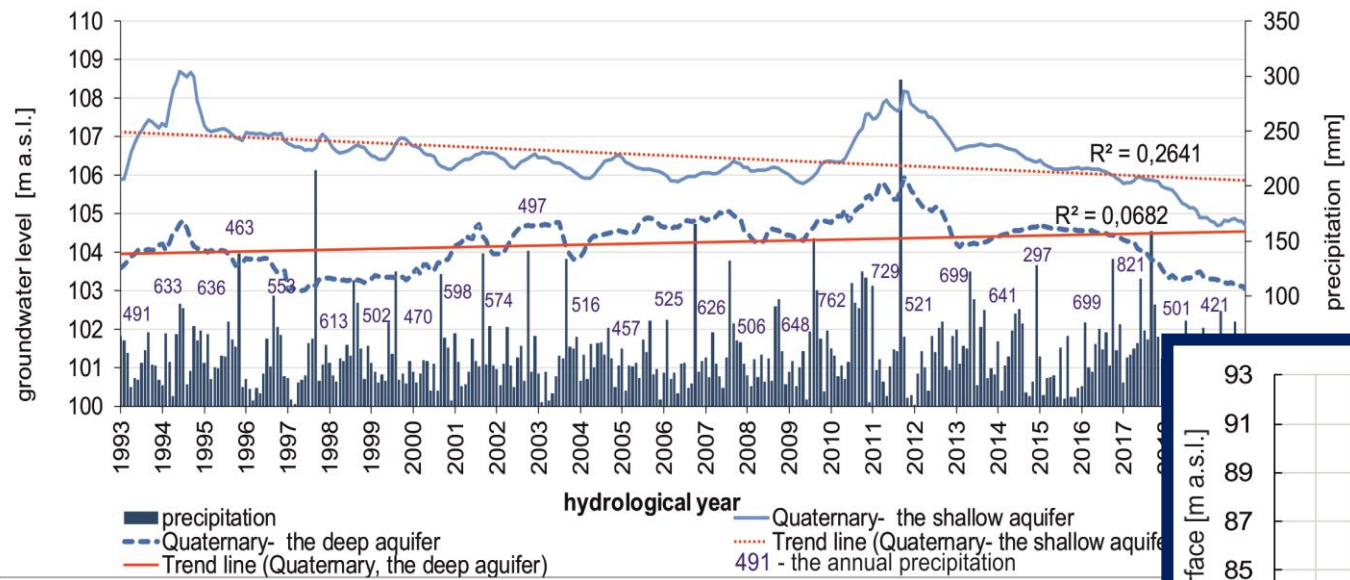
Water, 12, 2020, 3107.

<https://doi.org/10.3390/w12113107>.

Stacja naukowo – badawcza przy Wydziale Geologii

Zakres zmienności stanów wód podziemnych w czwartorzędowych warstwach wodonośnych

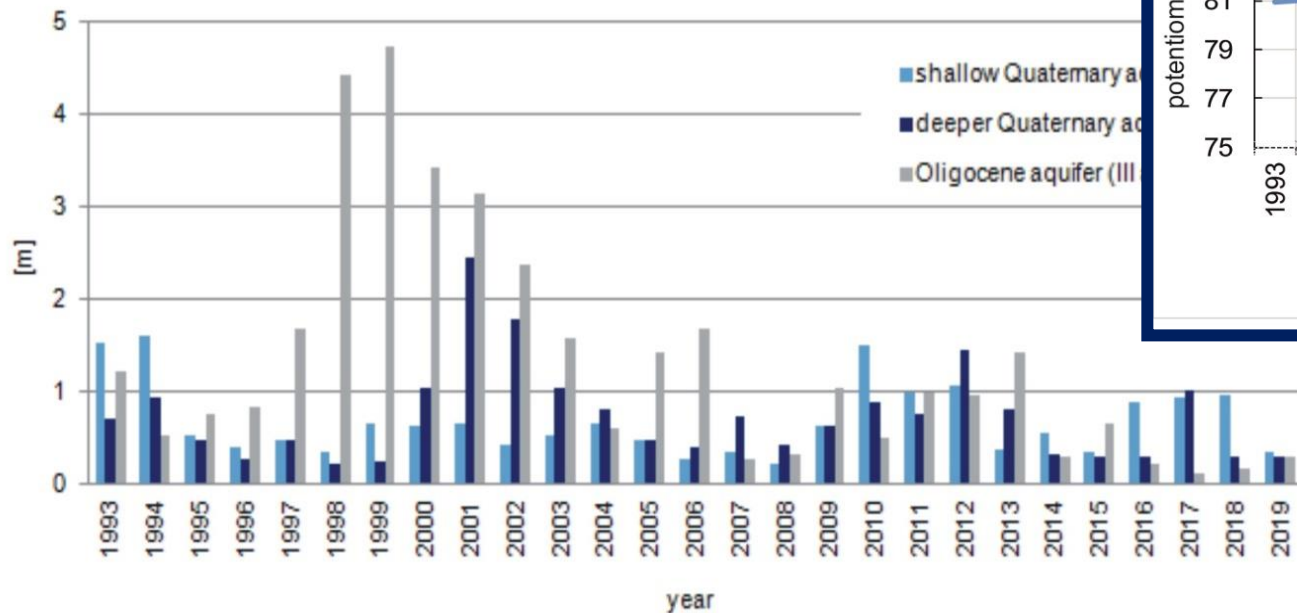
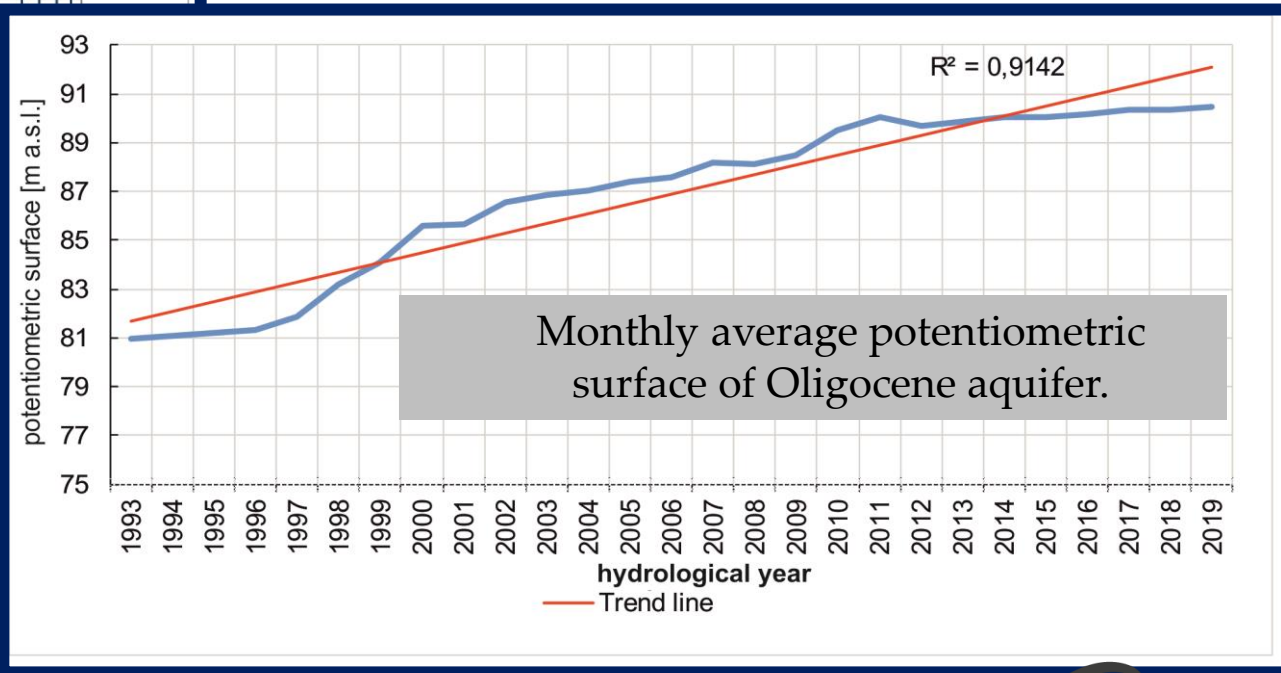




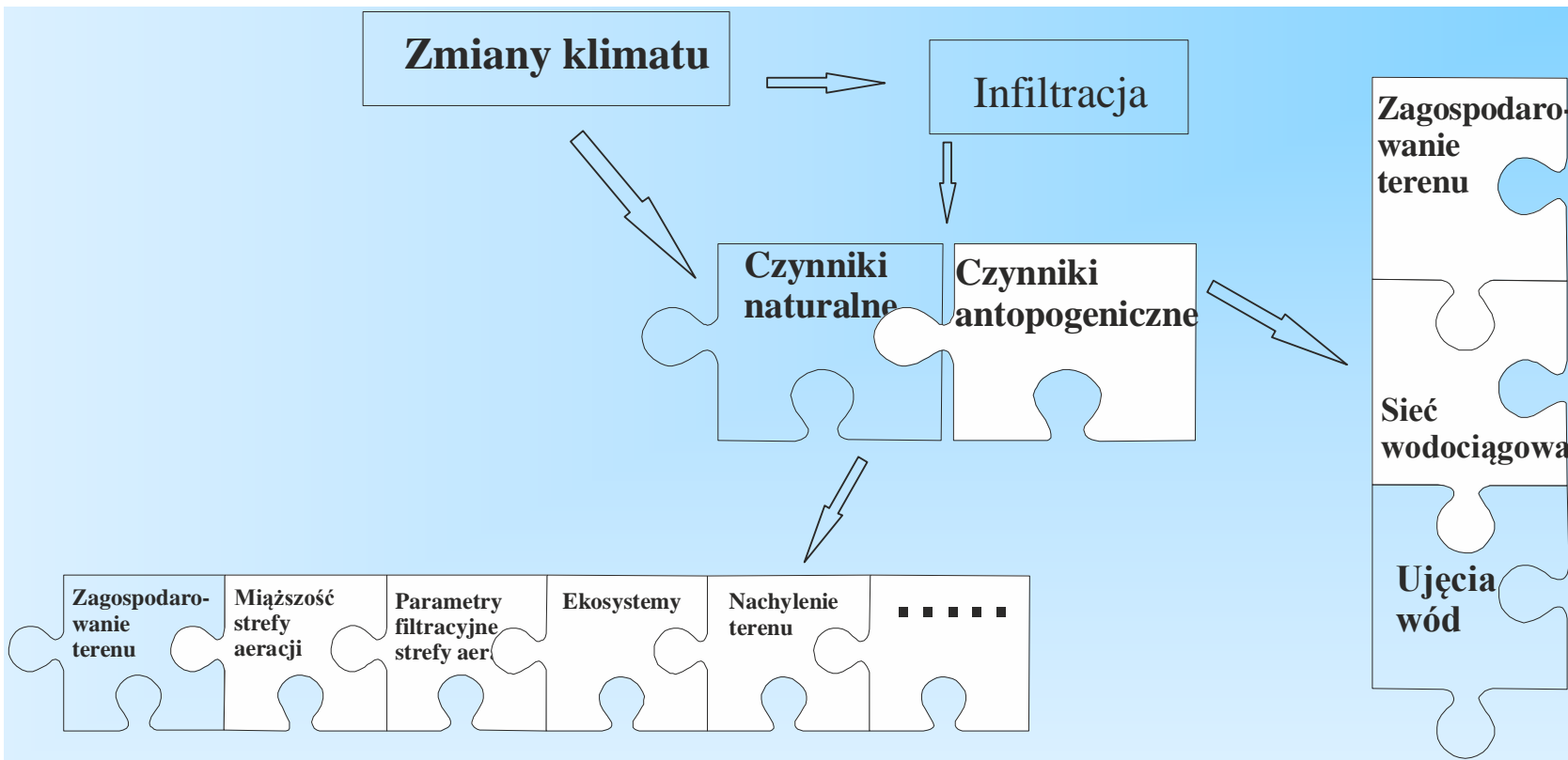
Stacja naukowo – badawcza przy Wydziale Geologii

Water, 12, 2020, 3107.

<https://doi.org/10.3390/w12113107>.



2022 Groundwater



2022 Groundwater

Water, 12, 2020, 3107.

<https://doi.org/10.3390/w12113107>.

W poziomach czwartorzędowych warunki zasilania i dynamikę zmian wód podziemnych kształtują czynniki lokalne, w tym głównie czynniki charakterystyczne dla obszarów zurbanizowanych.

Zmiana klimatu wpływa nie tylko na efekt końcowy, ale na wszystkie czynniki warunkujące stany wód podziemnych.

W przypadku oligoceńskiej warstwy wodonośnej stany wód podziemnych kształtowane są przez warunki krążenia wód w regionalnym systemie hydrogeologicznym niecki mazowieckiej, który obszarowo znacznie przekracza teren aglomeracji warszawskiej.

Pryncypia

1. Woda jest surowcem, dobrem wspólnym, jest **zasobem odnawialnym także w Warszawie.**
2. Ochrona wody to racjonalne jej wykorzystanie, planowanie i **monitorowanie.** Woda podziemna wymaga ochrony ilościowej i jakościowej, szczególnie w Warszawie.
3. Badania warunków hydrogeologicznych mogą być przydatne nie tylko do identyfikacji zagrożeń, ale do ich minimalizacji.
4. **Zmiana klimatu wpływa na wody podziemne.** Nie reagujmy w momencie katastrofy lub trudności, planujmy działania.
5. Uczyńmy widzialnym to co niewidzialne dla dobra Warszawy.



2022 Groundwater