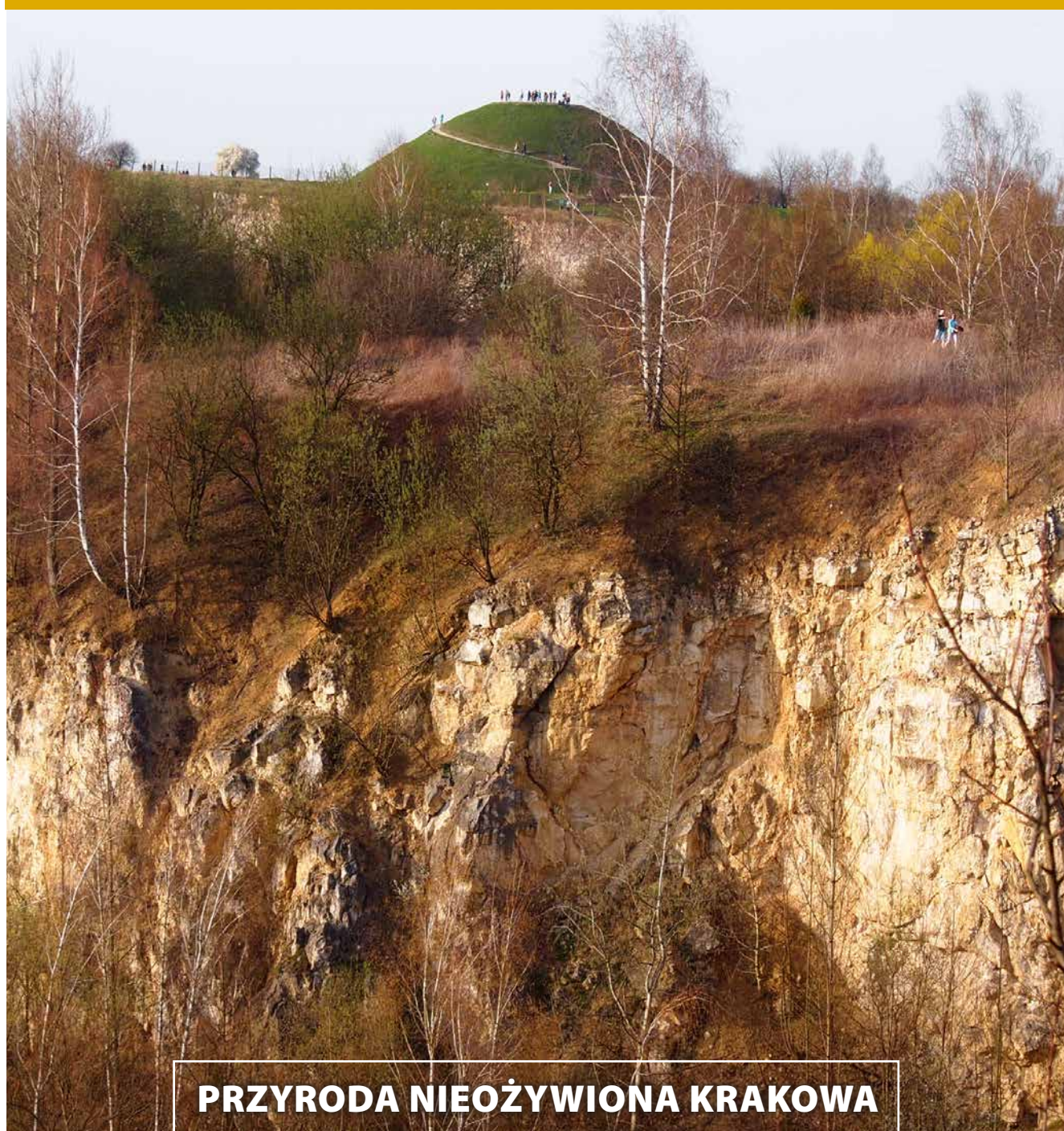


WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 124 Nr 10–12

Październik–Listopad–Grudzień 2023



PRZYRODA NIEOŻYWIONA KRAKOWA

ISSN 2719-4728



K

redowe drążnie *Entobia cracoviensis* w górnójurajskich wapieniach w rezerwacie przyrody Bonarka, produkowane przez gąbki. Fot. A. Uchman.

WSZECHŚWIAT

Z POLSKIMI PRZYRODNIKAMI OD 3 KWIETNIA 1882

Zalecany do bibliotek nauczycielskich i licealnych od r. 1947 (pismo Ministra Oświaty nr IV/Oc-2734/47)

Wszechświat jest pismem punktowanym w Index Copernicus International,

Wszechświat ma 5 punktów zgodnie z punktacją z listy z dn. 1 grudnia 2021 r.

Ministerstwa Edukacji i Nauki.

Treść zeszytu 10–12 (2718–2720)

ARTYKUŁY

Maria Śmiałowska , Do czytelników <i>Wszechświata</i>	256
Alfred Uchman , Do czytelnika	257
Bogdana Izmailow, Anna Michno , Ukształtowanie powierzchni obszaru miasta Krakowa	258
Marcin Krajewski, Piotr Olchowy , Wykształcenie i rozwój skał górnijurajskich południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej na przykładzie okolic Krakowa	269
Michał Gradziński, Andrzej Górny, Jakub Weislo , Zjawiska krasowe Krakowa	285
Stefan Skiba, Marek Drewnik, Wojciech Szymański , Gleby Krakowa	299
Sylwester Kamieniarz , Osuwiska miasta Krakowa	308
Tadeusz Sokółowski, Marta Wardas-Lasoń, Wojciech Tabaszewski , Geoarcheologiczne badania nawarstwień historycznych krakowskiego Starego Miasta – wybrane problemy	319
Jacek Motyka, Kajetan d'Obyrn & Lucyna Rajchel , Różnorodne wody podziemne Krakowa – dobrodziejstwo czy problem	327
Anita Bokwa , Klimat Krakowa i jego wpływ na jakość życia mieszkańców w perspektywie zmiany klimatu	338

DROBIAZGI

Zimowe spacerowanie nie muszą być nudne (Maria Olszowska)	350
Mirra – dar Mędrców ze Wschodu (Alina Stachurska-Swakoń)	354

RECENZJE

Susanne Hansch, Elke Schwarzer, Der Giersch muss weg! 28 Unkräuter bekämpfen oder einfach aufessen (Trzeba usunąć podagrycznik! Zwalczać 28 gatunków chwastów albo po prostu je zjadać), (Eugeniusz Kośmicki)	358
Andreas Bärtels, Taschenatlas Blütenbäume für den Hausgarten. 108 Arten und Sorten für den Garten (Podręczny atlas: drzewa kwitnące dla ogrodów przydomowych. 108 gatunków i odmian do ogrodów), (Eugeniusz Kośmicki) ...	359

AKTUALNOŚCI

Stanisław Knutelski, Elżbieta Pyza , Mikołaj Kopernik w dziejach Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika	361
Maria Śmiałowska , Podziękowania dla recenzentów	369

Fotografia z okładki:

Widok na ściany nieczynnego kamieniołomu Liban (Kraków - Podgórze), zbudowane z wapieni górnej jury (oksford). Na dalszym tle Kopiec Krakusa. Fot. A. Uchman.

Od roku 2020 czasopismo *Wszechświat* jest wydawane tylko w wersji cyfrowej, obecnie w cenie 20 zł/numer, 80 zł/rok. Członkowie Towarzystwa otrzymują zniżkę na roczną prenumeratę i płacą tylko 40 zł za roczną prenumeratę cyfrową.

W sprawach prenumeraty i zakupu wybranych numerów prosimy o kontakt na e-mail: biuro@ptpk.org

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika
30-060 Kraków, ul. Ingardena 3

Pismo Przyrodnicze *Wszechświat*
SANTANDER BANK POLSKA SPÓŁKA AKCYJNA,
XXI Oddział Kraków nr konta 81 1500 1142 1220 6033 9745 0000

Sponsorem *Wszechświata* jest:

- Polska Akademia Umiejętności
- Instytut Farmakologii im. Jerzego Maja PAN



**Instytut Farmakologii
im. Jerzego Maja
Polskiej Akademii Nauk**

Rada redakcyjna

Przewodnicząca: Irena Nalepa

Z-ca Przewodniczącej: Stanisław Knutelski

Sekretarz Rady: Agnieszka Zelek-Molik

**Członkowie: Andrzej Kornaś, Michał Kozakiewicz, Ewa Krzemińska,
Elżbieta Pyza, Alina Stachurska-Swakoń, Alfred Uchman, January Weiner**

Komitety redakcyjne

Redaktor Naczelna: Maria Śmiałowska

Z-ca Redaktora Naczelnej: Barbara Płytycz

Sekretarz Redakcji: Alicja Firlejczyk

Członek Redakcji: Katarzyna Stachowicz

Adres redakcji

**Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*
31-343 Kraków, ul. Smętna 12**

Sekretarz redakcji

sekretarz.redakcja@ptpk.org

Wsparcie techniczne

**biuro@ptpk.org
www.wszechswiat.ptpk.org**

Wydawca

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, Kraków, ul. Ingardena 3

Projekt i skład

Artur Brożonowicz, artur@ptpk.org



PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

TOM 124
ROK 141

PAŹDZIERNIK – LISTOPAD – GRUDZIEŃ

ZESZYT 10–12
2718–2720

DO CZYTELNIKÓW WSZECHŚWIATA

Maria Śmiałowska – Redaktorka Naczelna Wszechświata

Szanowni Czytelnicy!

Oddajemy Wam najnowszy, grudniowy numer *Wszechświata* poświęcony niemal w całości przyrodzie nieożywionej Krakowa. Numer ten zatytułowany „Przyroda nieożywiona Krakowa” poświęcony jest geologii, ukształtowaniu terenu, wodom podziemnym, zjawiskom krasowym i przekształceniom terenu Krakowa przez człowieka. Redaktorem gościnnym tego zeszytu jest profesor doktor habilitowany Alfred Uchman z Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, geolog i wykładowca Wydziału Geografii i Geologii Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Numer ten przygotowywany był już od kilkunastu miesięcy, jako wydanie specjalne, jednakże nie udało się uzyskać na niego finansowania, dlatego wydajemy numer „Przyroda nieożywiona Krakowa” jako grudniowy numer kwartalnika *Wszechświat*.

Ponadto, ze względu na kończący się w tym roku *Rok Kopernikowski*, dołączamy na końcu w dziale AKTUALNOŚCI artykuł „Mikołaj Kopernik w dziejach Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika” autorstwa Stanisława Knutelskiego i Elżbiety Pyzy. Ponadto dwa artykuły z działu Drobiazgi: świteczny i o zimowych spacerach, a także dwie recenzje książek oraz podziękowania dla Recenzentów oceniających artykuły w 2023 roku.

DO CZYTELNIKA

Alfred Uchman (Kraków)

Podlegająca ciągłej antropopresji przyroda obszarów zurbanizowanych to nie tylko jej ożywiona część (flora i fauna), ale także przyroda nieożywiona, w tym ukształtowanie terenu, podłoże geologiczne, gleby, wody, powietrze. To na fundamencie obiektów przyrody nieożywionej rozwijają się organizmy żywe i funkcjonuje życie biologiczne człowieka. Kraków, jak żadne inne duże miasto w Polsce, posiada niezwykle zróżnicowaną przyrodę nieożywioną, co wynika z położenia na granicy krain geograficznych i struktur geologicznych o znacznej odrębności. Położenie w miejscu, gdzie Karpaty jak nigdzie indziej zbliżają się do pasa wyżyn, w krętej dolinie Wisły, przy znacznych deniwelacjach terenu i obecności izolowanych wzgórz oraz wychodni twardych jurajskich skał stanowiło o atrakcyjności osiedleńczej. Na tym gruncie, wraz z uwarunkowaniami historycznymi, Kraków wyrósł do rangi metropolii, która nadal się rozwija. Rozwój ten, zwłaszcza dawniej, uzależniony był też od pobliskiego zaplecza rolniczego, zależnego od żyzności gleb i wody. W obecnych czasach, ochrona zasobów przyrody, w tym przyrody nieożywionej, zwłaszcza wód, gleb i powietrza, staje się coraz to bardziej ważnym problemem, wpływającym coraz silniej na życie ludzi. Termin „przyroda nieożywiona” do pewnego stopnia może sugerować, że nic się w tej przyrodzie nie dzieje. Tymczasem, ciągle zachodzą w niej procesy naturalne i powodowane przez człowieka. Przez to ulega ona nieustannym przekształceniom.

Znajomość przyrody nieożywionej w społeczeństwie jest wyraźnie mniejsza niż przyrody ożywionej, co wynika z niedostatków edukacji na różnych poziomach. Wzrost świadomości ekologicznej w stosunku do otoczenia, w którym żyjemy, to ważny czynnik rozwoju społecznego. Wychodząc naprzeciw temu problemowi, do rąk czytelnika oddajemy zeszyt tematyczny, w którym zamieszczone jest osiem artykułów przygotowanych przez specjalistów z Wydziału Geografii i Geologii Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Czytelnik ma szansę zapoznania się z przyrodą nieożywioną Krakowa, którą może osobiście łatwo obserwować w różnych porach roku, korzystając na przykład z komunikacji miejskiej.

W pierwszym artykule (autorstwa Izmailów i Michno) przedstawione jest ukształtowanie terenu miasta Krakowa. Można mieć nadzieję, że artykuł ten pomoże właściwie nazywać elementy morfologii terenu w panoramie Krakowa podziwianej z punktów widokowych. Kolejny artykuł (autorami są Krajewski i Olchowy) dotyczy białych wapieni jurajskich, które budują na przykład Wzgórze Wawelskie czy ściany dawnego kamieniołomu, a obecnie kąpieliska na Zakrzówku. To w ciepłym jurajskim morzu sprzed około 160 mln lat powstały te skały. Znacznie młodsze są rozwinięte w nich jaskinie ze Smoczą Jamą na czele oraz inne przejawy zjawisk krasowych (art. Gradziński in.). Na podłożu skał jurajskich i innych rozwinęły się różnorodne gleby (art. Skiba i in.). Gleba wraz z podłożem skalnym może ulegać osuwaniu na stokach wzgórz, co stanowi zagrożenie dla działalności człowieka, który może je sam powodować. Ten problem dotyczy także Krakowa (art. Kamieniarz). Człowiek zresztą znacznie przekształcił morfologię terenu, zwłaszcza w obrębie Starego Miasta (art. Sokołowski i in.). Często nie zdajemy sobie sprawy jadąc ulicą Grzegorzeczką, że poruszamy się po zasypanym starorzeczu Wisły. Wody podziemne Krakowa, będące przez wieki jednym ze źródeł wody pitnej, a także wody mineralne (uzdrowiska Swoszowice, Mateczny) zostały przedstawione w artykule Motyki i in. Na koniec zaprezentowane są zagadnienia klimatyczne Krakowa w perspektywie zmian klimatu (art. Bokwa). Okazuje się, że klimat Krakowa, podobnie jak morfologia terenu, jest znacznie zróżnicowany, o czym warto pamiętać słuchając zgeneralizowanych opinii.

Chcesz wiedzieć więcej o przyrodzie Krakowa? Sięgnij do podstaw!

UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI OBSZARU MIASTA KRAKOWA

Shape of the surface of the city of Krakow

Bogdana Izmańłow, Anna Michno (Kraków)

Streszczenie

Artykuł omawia zróżnicowanie rzeźby terenu Krakowa, która uwarunkowana jest położeniem miasta na pograniczu trzech dużych jednostek fizyczno-geograficznych: Wyżyny Małopolskiej, Kotliny Sandomierskiej i Pogórza Karpackiego. Jednostki te cechują się odmienną budową geologiczną, pochodzeniem i wiekiem form, a więc i typem rzeźby. Scharakteryzowano główne etapy rozwoju rzeźby od paleogenu aż do czasów współczesnych oraz omówiono główne formy rzeźby, ich wiek, genezę i budowę. Zwrócono uwagę na duże zróżnicowanie hipsometryczne, ukształtowanie powierzchni, a także znaczenie rzeźby terenu dla kształtowania warunków klimatycznych, stosunków wodnych, gleb i naturalnej szaty roślinnej. Podkreślono również znaczenie rzeźby terenu dla kierunków rozwoju miasta i jego współczesnej atrakcyjności turystycznej.

Abstract

The article discusses the diversity of the relief of Krakow, which is determined by the city's location on the border of three large physico-geographical units: the Małopolska Upland, the Sandomierz Basin and the Carpathian Foothills. These units are characterized by a different geological structure, origin and age of forms, and hence the type of relief. The main stages of relief development from the Palaeogene to the present day are characterized and the main landforms, their age, genesis and structure are discussed. The attention was paid to the large hypsometric differentiation of the shape of the surface as well as the importance of the relief for the shaping of climatic conditions, water conditions, soils and natural plant cover. The importance of the relief for the directions of the city's development and its contemporary tourist attractiveness was also emphasized.

Wstęp

Charakteryzując ukształtowanie powierzchni, czyli rzeźbę terenu w pierwszej kolejności opisujemy wysokość bezwzględną i względną obszaru, nachylenia powierzchni, rozmiary oraz kształt wzniesień i obniżień. Są to podstawowe cechy morfometryczne i morfograficzne form terenu, stanowiące jedno z kryteriów wyróżniania obszarów górskich, wyżynnych i nizinnych.

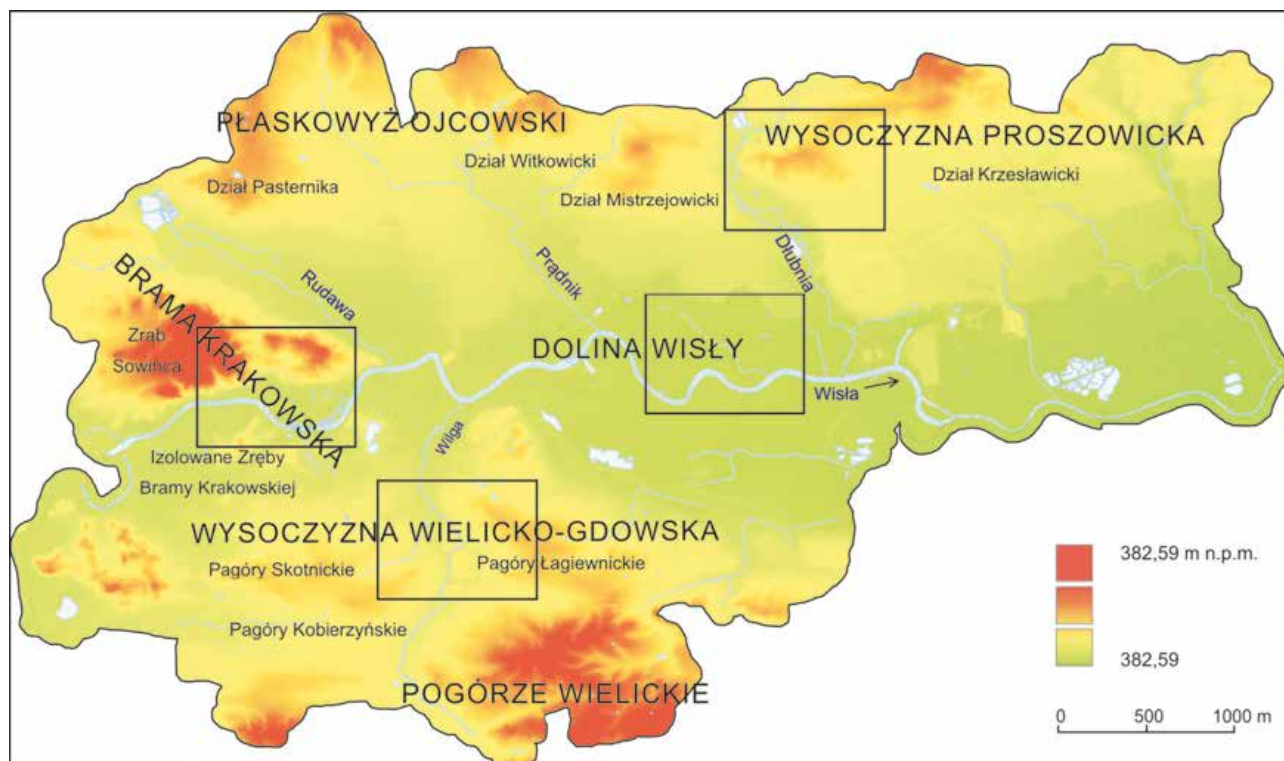
W panoramie miasta Krakowa zwraca uwagę zróżnicowana wysokość terenu [10] – mieszcząca się w przedziale od 187,5 m n.p.m. (ujście Potoku Kościelnickiego do Wisły przy wschodniej granicy mia-

sta) do 393,6 m n.p.m. (Kopiec Piłsudskiego). Obok terenów o dużych deniwelacjach – ponad 100 m, z urozmaiconymi formami rzeźby, cechującymi się stromymi, a nawet pionowymi stokami – występują również monotonne, rozległe płaskie powierzchnie (Ryc. 1). Zróżnicowanie hipsometryczne nie jest jedyną cechą różnicującą ukształtowanie powierzchni terenu miasta. Rzeźba terenu uwarunkowana jest położeniem Krakowa na pograniczu trzech dużych jednostek fizyczno-geograficznych: Wyżyny Małopolskiej, Kotliny Sandomierskiej i Pogórza Karpackiego [6]. Jednostki te cechują się odmienną budową geologiczną [8], pochodzeniem i wiekiem form, a więc i typem rzeźby. Zróżnicowanie to jest podstawą do

wyróżnienia w obrębie ww. jednostek fizyczno-geograficznych mniejszych regionów. Wyżyna Małopolska w granicach miasta obejmuje zlokalizowane na północ od Wisły: część Wyżyny Krakowskiej z Bramą Krakowską i Płaskowyżem Ojcowskim [44] oraz położony na wschód od doliny Dłubni fragment Wysoczyzny Proszowickiej. W obrębie Kotliny Sandomierskiej wyróżniany jest fragment Doliny Wisły i Wysoczyzny Wielicko-Gdowskiej. Natomiast niewielki fragment Pogórza Karpackiego na terenie Krakowa to Pogórze Wielickie (Ryc. 1).

morski – tzw. morze miocenne, które okresowo – w nawiązaniu do intensywności ruchów tektonicznych i zmian klimatu, zmieniało swój zasięg, głębokość i stopień zasolenia [28, 29]. W basenie morskim deponowane były osady o zróżnicowanej miąższości i odporności (np. ropy, mułowce, piaski, wapnienie, piaszkowce). W zapadlisku przedkarpackim położona jest Kotlina Sandomierska.

Pod naciskiem fałdujących się Karpat południowa część Wyżyny Małopolskiej została pocięta licznymi uskoki, wzdłuż których nastąpiły pionowe przesunięcia.



Ryc. 1. Zróżnicowanie hipsometryczne terenu miasta Krakowa oraz lokalizacja przedstawionych na rycinach 2–5 fragmentów mapy geomorfologicznej. Podkład: <https://msip.krakow.pl>

Powstanie i rozwój rzeźby

Historia rozwoju rzeźby Krakowa obejmuje długi okres o zmieniających się ekstremalnie warunkach klimatycznych. Najstarszymi formami terenu są spłaszczenia wierzchowinowe Wyżyny Krakowskiej. Zaczęły się one formować w paleogenie (66–23 mln lat temu) pod wpływem procesów erozji rzecznej oraz krasowienia w warunkach gorącego i wilgotnego klimatu. Spłaszczenia te wysokością i genezą nawiązują do paleogeńskiej powierzchni zrównania [15]. W młodszym okresie – neogenie (23–2,6 mln lat temu), podczas miocennej fazy ruchów górotwórczych orogenezy alpejskiej powstały Karpaty wraz z Pogórzem Karpackim, a na ich przedpolu – zapadlisko tektoniczne (zapadlisko przedkarpackie). W zapadlisku tym przez prawie 6 mln lat istniał zbiornik

nięcia podłoża skalnego (głównie wapnienie jurajskie). Uformowała się wówczas zrębowa rzeźba południowej części Wyżyny Krakowskiej [3]. Rowy tektoniczne i niższe zręby wyżyny zostały także objęte zasięgiem morza miocenne i wypełnione/przykryte osadami morskimi. Po ustąpieniu morza osady miocenu zostały rozcięte i częściowo wyprątnięte przez rozwijającą się od końca neogenu sieć rzeczna [4].

W kolejnym, młodszym okresie geologicznym – plejstocenie – miały miejsce kilkukrotne fazy oziębienia klimatu (glacjały, stadiały) lub jego ocieplenia (interglacjały, interstadiały). Oziębienie klimatu wiązało się z powstaniem na terenie Skandynawii lądolodu i jego nasunięciem na obszar dzisiejszej Europy Środkowej. Lądolód wkraczał kilkukrotnie na ziemie Polski, jednak obszar Krakowa tylko jeden raz został w całości przykryty lodem podczas zlodowacenia san 2.

Maksymalny zasięg tego zlodowacenia na południu Polski datowany jest na około 500 000 lat BP [25]. Nastąpiło wówczas wysokie – do 260 m n.p.m. (ok. 80 m miąższości) zasypanie terenu Krakowa utworami zastoiskowymi, morenowymi i wodnolodowcowymi [43, 45]. Po ustąpieniu lądolodu nastąpił okres wyprzątania tych osadów. Podczas kolejnych, młodszych zlodowaceń niżowych rejon Krakowa położony był poza zasięgiem bezpośredniego oddziaływania lądolodu skandynawskiego, zachodziła tu akumulacja osadów wodnolodowcowych [42, 43, 45] i rzecznych w dnach dolin, rozcinanych następnie w okresach międzylodowcowych. W ten sposób powstał system teras rzecznych w dolinie Wisły i dolinach jej dopływów. Trzy terasy: wysoka, średnia i niska, powiązane zostały wiekowo z okresami trzech kolejnych zlodowaceń: odry, warty i wisły [43, 45] lub warty i dwu faz zlodowacenia wisły [5, 12, 23, 34, 37]. Wyższe poziomy terasowe oraz stoki zostały podczas ostatniego zlodowacenia przykryte lessem – pyłem przyniesionym i zdeponowanym przez wiatr w warunkach zimnego i suchego klimatu (klimat peryglacjalny).

Proces tworzenia teras rzecznych kontynuowany jest w holocenie. W tym okresie powstały terasa rędzinna i poziom zalewowy [11, 37, 43, 45] uformowany w związku z regulacją i pogłębieniem koryt rzecznych. Kształtowany jest on również obecnie podczas wysokich stanów wody. Mimo regulacji i zabudowy technicznej koryt, Wisła i Rudawa zachowały tendencję do meandrowania, czemu towarzyszy podcinanie niższych teras, nadbudowywanie poziomu zalewowego i zasypanie łach korytowych, m.in. w okolicy Wawelu. Podobne zmiany mają miejsce w często zalewanych dnach dolin Prądnika, Dłubni i Serafy.

W holocenie rozpoczęła się również działalność antropogeniczna, prowadząca do powstania nowych form rzeźby związanych z rozwojem osadnictwa, komunikacji, rolnictwa i przemysłu. Powstały m.in.: rozległe spłaszczenia, nasypy, wyrobiska, a także kopce, wały przeciwpowodziowe i groble, sztuczne odcinki wyprostowanych koryt rzecznych. Rozwój przestrzenny miasta i działalność gospodarcza człowieka przyczyniły się także do aktywizacji naturalnych procesów rzeźbotwórczych.

Wyżyna Małopolska

Największa powierzchniowo część Krakowa, obejmująca zachodnie i północne dzielnice miasta, zlokalizowana jest na Wyżynie Małopolskiej. Jest to obszar niejednorodny pod względem budowy geo-

logicznej i rzeźby terenu. W jej obrębie wyróżnia się dwie mniejsze jednostki: Wyżynę Krakowską, w skład której wchodzi Brama Krakowska i Płaskowyż Ojcowski oraz Wysoczyznę Proszowicką.

Brama Krakowska

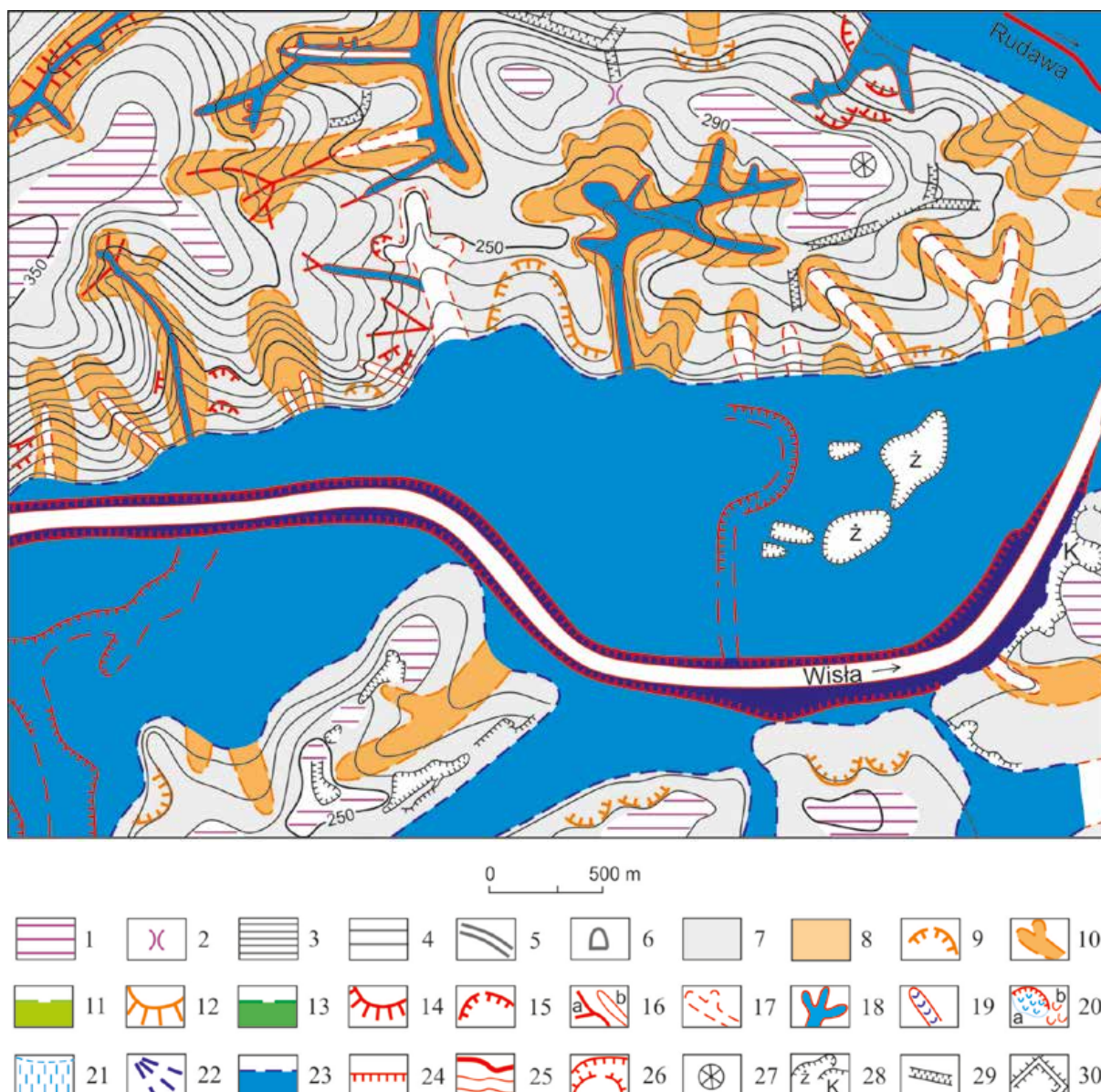
Obszar zbudowany jest z wapieni górnajurajskich, lokalnie – na Bielanych i w rejonie Bonarki – również z utworów kredowych (margli, zlepieńców, wapieni piaszczystych kredowych), przykrytych lessem [8]. Cechuje się rzeźbą zrębową [3]. Największym powierzchniowo i najwyższym zrębem tektonicznym jest zrąb Sowińca, wznoszący się między dolinami Wisły i Rudawy (Ryc. 1, 2). W jego obrębie występują najwyższe naturalne wzniesienia na terenie Krakowa. Należą do nich wzgórze: Sowiniec (358 m n.p.m.), Pustelnik (352 m n.p.m.) i Srebrna Góra (326 m n.p.m.). Ponad nimi wznoszą się jeszcze wyżej dwa kopce: Tadeusza Kościuszki (330,14 m n.p.m.) i Józefa Piłsudskiego (393,6 m n.p.m.). Ten ostatni jest najwyższym punktem Krakowa. Wierzchowinę zrębu Sowińca tworzy szereg spłaszczeń położonych na różnych wysokościach, nawiązujących do paleogeńskiej powierzchni zrównania, spękaną tektonicznie i zaburzoną pionowymi przesunięciami podczas fałdowania Karpat. Wierzchowinę rozczłonkują jamy krasowe. Stoki zrębu są strome, miejscami pionowe, gęsto rozcięte szczególnie w zachodniej części okresowo odwadnianymi V-kształtnymi dolinami: Panieńskich Skał, Poniedziałkowego Dołu, Wroniego Dołu, Chełmskiej i Kryspinowskiej. Doliny te powstały wskutek rozcięcia pliocenskich lub staroplejstocenских niecek założonych na liniach spękań tektonicznych. Doliny są wąskie, głębokie (do 20 m), mają strome zbocza wycięte w wapieniach i pokryte lessem. W obrębie zboczy tych form dolinnych występują spękania krasowe, liczne jaskinie i schroniska krasowe [7, 41]. Zbocza V-kształtnych dolin rozczłonkują mniejsze i młodsze (holocenские) suche doliny: niecki denudacyjne, parowy, debrze.

W skład Bramy Krakowskiej wchodzi również mniejsze wzniesienia zrębowe: Grodzisko, Kostrze, Skałki Pychowickie, Skałki Twardowskiego oraz Wzgórze Wawelu, Krzemionki i Skałka. Wzniesienia te określane są jako Izolowane Zręby Bramy Krakowskiej [43, 45]. Stanowią one najniższą (25–50 m wysokości) i najdalej na południe wysuniętą część Wyżyny Krakowskiej. Zbudowane są z wapieni jurajskich, na których miejscami zalega warstwa utworów kredowych. Płaskie wierzchowiny zrębów nawiązują do paleogeńskiej powierzchni zrównania, rozczłonkowanej licznymi lejami, kominami,

jamami i studniami krasowymi o głębokości do 30 m. Na wzgórzach Wawelu, Zakrzówka, Skałkach Twardowskiego, w Pychowicach i Tyńcu występują jaskinie i schroniska krasowe. Wzgórze Lasoty w obrębie zrębu Krzemionek wieńczy trzeci kopiec Krakowa – kopiec Kraka o wysokości 16 m (269,3 m n.p.m.). Stoki wzniesień założone na progach tektonicznych są strome, skaliste od strony Wisły, od strony zachodniej są zazwyczaj rozcięte założonymi na liniach uskoków suchymi dolinami nieckowatymi, rozciętymi mniejszymi formami dolinnymi w holocenie. W obrębie pagórów zrębo-

wych Podgórek, Bodzowa, Kostrza, Zakrzówka i Krzemionek znajdują się wyrobiska nieczynnych kamieniołomów wapienia (Ryc. 2).

Wzniesienia zrębowe południowej części Wyżyny Krakowskiej rozdzielone są rowami tektonicznymi. Największe z nich, o przebiegu równoleżnikowym, obrzeżające izolowane zręby, to: od północy rów Wiśły, a od południa rów Skotnicki. Z kolei rów Rudawy oddziela Zrąb Sowińca od Płaskowyżu Ojcowskiego. Rowy o układzie równoleżnikowym połączone są rowami tektonicznymi o układzie południkowym [3]. Dna rowów wykorzystywanych przez Wisłę, Rudawę



Ryc. 2. Fragment mapy geomorfologicznej Bramy Krakowskiej. Objaśnienia do rycin 2-5: 1 – fragmenty pleoceńskiej powierzchni zrównania, 2 – przełęcze, 3 – fragmenty neogeńskiej powierzchni zrównania (poziom wyższy), 4 – fragmenty neogeńskiej powierzchni zrównania (poziom niższy), 5 – grzbiety, 6 – kulminacje wzniesień, 7 – stoki o założeniach neogeńskich, 8 – stoki o założeniach czwartorzędowych, 9 – nisze osuwisk plejstocentrycznych, 10 – plejstocentryczne niecki denudacyjne, 11 – powierzchnia terasy plejstocentrycznej o wysokości 12–16 m, 12 – krawędź terasy plejstocentrycznej o wysokości 12–16 m, 13 – powierzchnia terasy o wysokości 10 m, 14 – krawędź terasy o wysokości 10 m, 15 – podcięcia erozyjne, 16 – holocentryczne doliny denudacyjne: a. dobrze, b. wąwozy, 17 – niecki ablacyjne, 18 – parowy, 19 – wądoły, 20 – osuwiska holocentryczne (a) oraz zerwy i powierzchnie złaziskowe (b), 21 – deluwialne spłaszczenia podstokowe, 22 – stożki napływowe, 23 – powierzchnia terasy holocentrycznej, 24 – krawędź terasy holocentrycznej, 25 – koryta rzeczne, 26 – krawędzie starorzeczy, 27 – kopce, 28 – zwirownie (Ż) i kamieniołomy (K), 29 – holwegi, 30 – groble.

są płaskie i sterasowane, wypełnione ilami mioceni-
mi i czwartorzędowymi piaskami, żwirami i mułkami.
W rowie Skotnickim wyróżnia się sięgającą 15–25 m
terasę wysoką [5, 45], terasę średnią o wysokości
6–10 m [31, 32, 34, 45] nadbudowaną u wylotu doli-
ny Wilgi jej stożkiem napływowym oraz niższe tera-
sy holoceni-
skie. Zbocza rowu od północy (od strony
wzgórz zrębowych) są strome, od południa (od strony
Wysoczyzny Wielicko-Gdowskiej) łagodniejsze. Pod
wzgórzem Tyńca Wisła wykorzystuje odpreparowa-
ny rów tektoniczny rozdzielający zrębowe wzgó-
rza Tyńca oraz Piekar. Pod wzgórzem klasztornym
w Tyńcu w dnie doliny Wisły zachowały się zwały
starego obrywu skalnego związanego z trzęsieniem
ziemi z 1786 r. [1]. Również dno rowu Rudawy jest
szerokie i sterasowane. Zachowały się w nim terasa
średnia oraz niższa terasa holoceni-
ska [18, 21, 22, 32].

Płaskowyż Ojcowski

Północną część miasta między Rowem Krzeszo-
wickim a doliną Dłubni zajmuje południowy skłon
Płaskowyżu Ojcowskiego. Tworzą go południkowo
rozciągnięte, szerokie garby Działów: Pasternika,
Witkowskiego i Mistrzejowskiego [43, 45], roz-
dzielone dolinami Prądnika i Sudołu Dominikań-
skiego (Ryc. 1). Działy zbudowane są z wapieni ju-
rajskich, margli kredowych i iłów mioceni-
skich [8], pokrytych gliną morenową, piaskami i lessem (1–15 m
miąższości). Wzniesienia te osiągają wysokość do
60 m (275–280 m n.p.m.) i cechują się płaskimi lub
lekko wypukłymi wierzchołkami. Ich łagodne stoki
rozcinają późnoglacialne i holoceni-
skie doliny okre-
sowo odwadniane: parowy, wądół, niecki oraz nisze
osuwiskowe.

Dna dolin rozdzielające wzniesienia są wąskie, wy-
cięte w iłach mioceni-
skich, pokryte czwartorzędowymi
osadami rzeczny-
mi. Dolina Prądnika ma łagodnie na-
chylone zbocza (8–10°) i sterasowane dno. Piaszczy-
sto-żwirowe osady wyższej terasy w dolinie Prądnika
przykrywa 4-metrowa warstwa lessu. Niższa terasa
(3–6 m) jest podmokła, rozcięta do 1–3 m wąskim
korytem, niszczone lub nadbudowywana podczas
wezbrań. Inne doliny, np. Garliczki i Sudołu Domi-
nikańskiego, zostały założone na uskokach tektonicz-
nych. Cechują się asymetrią nachyleń zboczy. Ich
lewe zbocza, rozwinięte na skrzydłach wiszących, są
strome (25–35°–90°), wycięte w wapieniach górno-
jurajskich, marglach i zlepieńcach kredowych, iłach
mioceni-
skich, pokrytych lessem. Powyżej Witkowic
pod lessem zachowały się iły zastoiskowe i glina mo-
renowa zlodowacenia san 2 [45]. Zbocza prawe tych
dolin o nachyleniu 3–15°, rozcięte są siecią okreso-

wo odwadnianych dolin: parowów i wąwozów. Dna
dolin Garliczki i Sudołu Dominikańskiego są wąskie
i sterasowane. W dolinie Garliczki występują dwie te-
rasy: plejstoceni-
ska o wysokości 3–5 m, okryta lessem
oraz holoceni-
ska o wysokości 0,5–1 m, rozcięta wą-
skim korytem (1–2 m szerokości). W dolinie Sudołu
Dominikańskiego występują dwa poziomy teras holo-
ceni-
skich o wysokości 2–3 m oraz 1 m, w ujściowym
odcinku zachował się też fragment terasy plejstoceni-
skiej, zbudowanej z piasków i żwirów, przykrytych
6-metrową warstwą lessu. Na zboczach doliny Su-
dołu Dominikańskiego w rejonie stacji kolejowej
w Mydlnikach występują czynne osuwiska w lessach.
Osuwiskom towarzyszą tereny złaziskowe, zajmują-
ce duże obszary na zboczach doliny Sudołu, na osie-
dlach Wyciąże, Na Skarpie, na zachodnich stokach
Wzgórz Krzesławickich, a także w otoczeniu wyro-
biska w Mistrzejowicach.

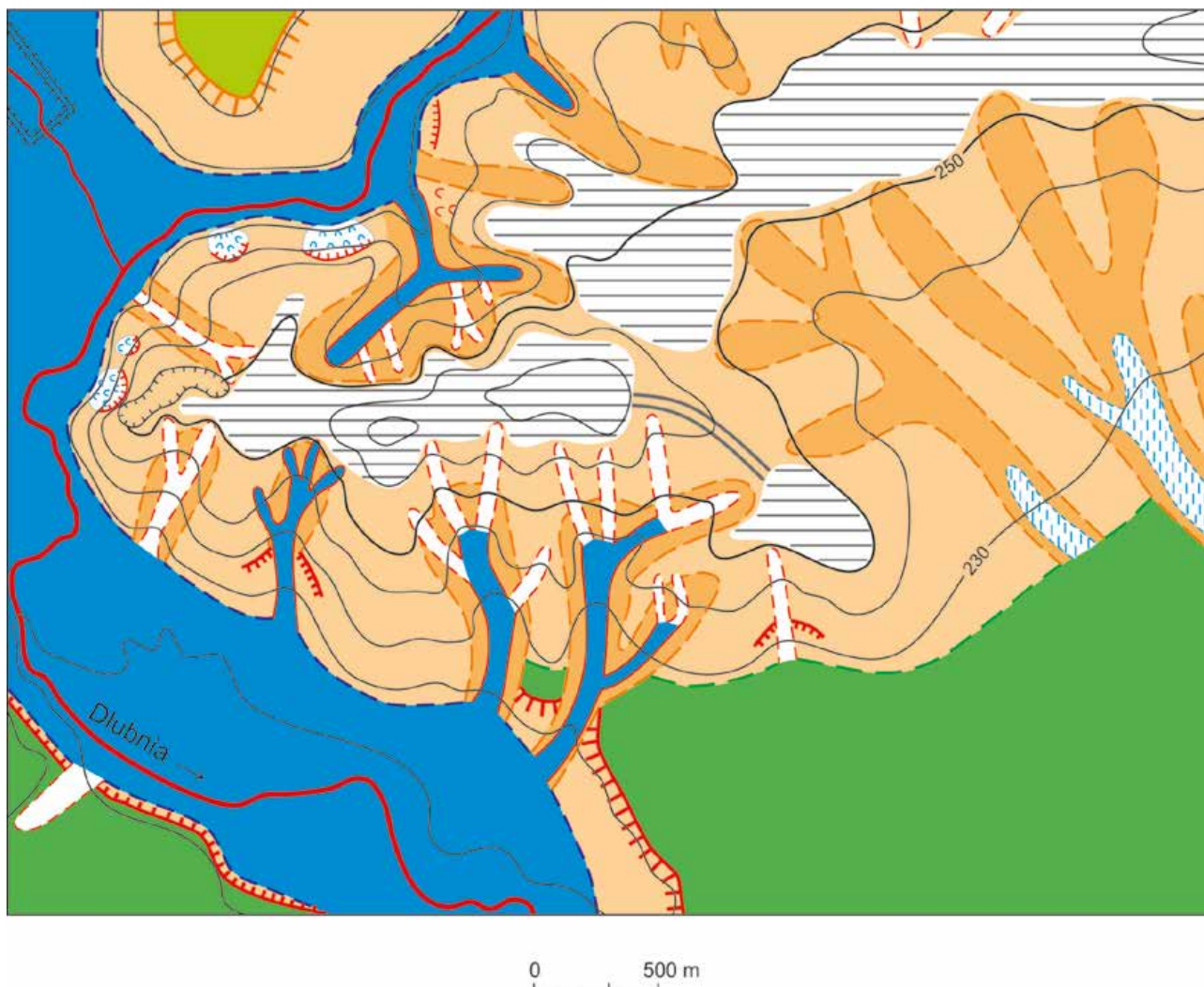
Wysoczyzna Proszowicka

W granicach miasta znajduje się niewielki frag-
ment Wysoczyzny Proszowickiej (Ryc. 1, 3), rozcią-
gający się między dolinami Dłubni i Potoku Kościel-
nickiego, noszący nazwę Działu Krzesławickiego
[43, 45]. Wysoczyzna, zbudowana z iłów i łupków
mioceni-
skich, pokrytych lessem i gliną morenową, jest
znacznie niższa i cechuje się mniejszymi deniwe-
lacja-
mi od wapiennej części Wyżyny Małopolskiej.
Spłaszczenia wierzchołkowe ograniczone są sto-
kami o niewielkim nachyleniu, rozciętymi okresowo
odwadnianymi dolinami plejstoceni-
skich niecek i ho-
loceni-
skich parowów (Ryc. 3). W obrębie pokrywy
lessowej zachodzą ruchy osuwiskowe. Największe
z czynnych osuwisk znajduje się w Zesławicach.
Głębsze osuwisko skalne, obejmujące również iły
mioceni-
skie, powstało w Witkowicach.

Dolina Dłubni, największa z dolin rzecznych tego
obszaru, wycięta jest w iłach mioceni-
skich i wyście-
lona osadami czwartorzędowymi. Charakteryzuje się
stromymi zboczami i wąskim, płaskim dnem, w ob-
rębie którego można wyróżnić cztery poziomy tera-
sowe. Wyższe terasy budują utwory żwirowo-piasz-
czyste wieku plejstoceni-
skiego, które na najwyższej
terasie u wylotu doliny koło Mistrzejowic okryte są
miąszką (15 m) warstwą lessu. Powierzchnię terasy
rędzinnej rozcinają płytkie podmokłe starorzecza,
które zachowały łączność z korytem rzeki. Inną doli-
ną Wysoczyzny Proszowickiej jest dolina Luborzyc-
kiego Potoku (Baranówka) lewostronnego dopływu
Dłubni. Została ona wycięta w iłach mioceni-
skich, przykrytych lessem. Cechuje się asymetrią nachyleń
zboczy i wąskim, płaskim dnem, w którym można

wyróżnić dwie terasy. W granicach miasta znajduje się jedynie jedno, lewe, strome zbocze doliny, rozczłonkowane niszami osuwiskowymi. Pozostałe mniejsze doliny Wysoczyzny: Doliny Suchego Jaru i Kościelnickiego Potoku charakteryzują się również asymetrią zboczy (strome zbocza południowo-zachodnie i zachodnie) oraz wąskimi, podmokłymi dnami.

miocenijskich. Jedynie w kilku punktach Starego Miasta: koło kościoła św. Wojciecha, Placu Dominikańskiego, ulic Grodzkiej, Brackiej i Skałki, spod ilów odsłaniają się niskie garby zbudowane z wapieni jurajskich i margli kredowych. Dno doliny wyścielone jest miększą (10–35 m) serią osadów czwartorzędowych różnego pochodzenia i wieku. Najstarsze z nich z okresu zlodowacenia san 2: iły i piaski zastoiskowe,



Ryc. 3. Fragment mapy geomorfologicznej Wysoczyzny Proszowickiej (objaśnienia jak na rycinie 2).

Kotlina Sandomierska

W przeciwieństwie do urozmaiconej rzeźby Wyżyny Małopolskiej cechującej się znacznymi deniwelacjami, położona na południe od niej, we wschodniej części Krakowa Kotlina Sandomierska na przeważającym obszarze cechuje się rozległymi, płaskimi powierzchniami. Jej oś wyznacza dolina Wisły, która po opuszczeniu rowów tektonicznych pod Wawelem przecina miasto z zachodu na wschód, rozszerzając się w tym kierunku do 8 km w rejonie Pleszowa (Ryc. 1). W tym odcinku dolina Wisły wycięta jest w ilach

gliny morenowe i piaski kemowe o miąższości 20 m zachowały się na prawym zboczu doliny Wisły koło Prokocimia [43, 45]. Młodsze osady piaszczysto-żwirowe plejstocenijskie i holocenijskie budują system pięciu poziomów terasowych w dnie doliny Wisły i stożków napływowych jej dopływów.

Najwyższa terasa – terasa wysoka (25–28 m nad poziom koryt rzecznych) zbudowana z utworów wodnolodowcowych zachowana jest jedynie fragmentarycznie w dolinie Wisły oraz w ujściowych odcinkach dolin Prądnika i Dłubni [5, 18, 33, 43, 45]. Budujące ją utwory wyścielają całe dna doliny Wisły

i jej dopływów i budują spągowe serie wszystkich młodszych poziomów terasowych.

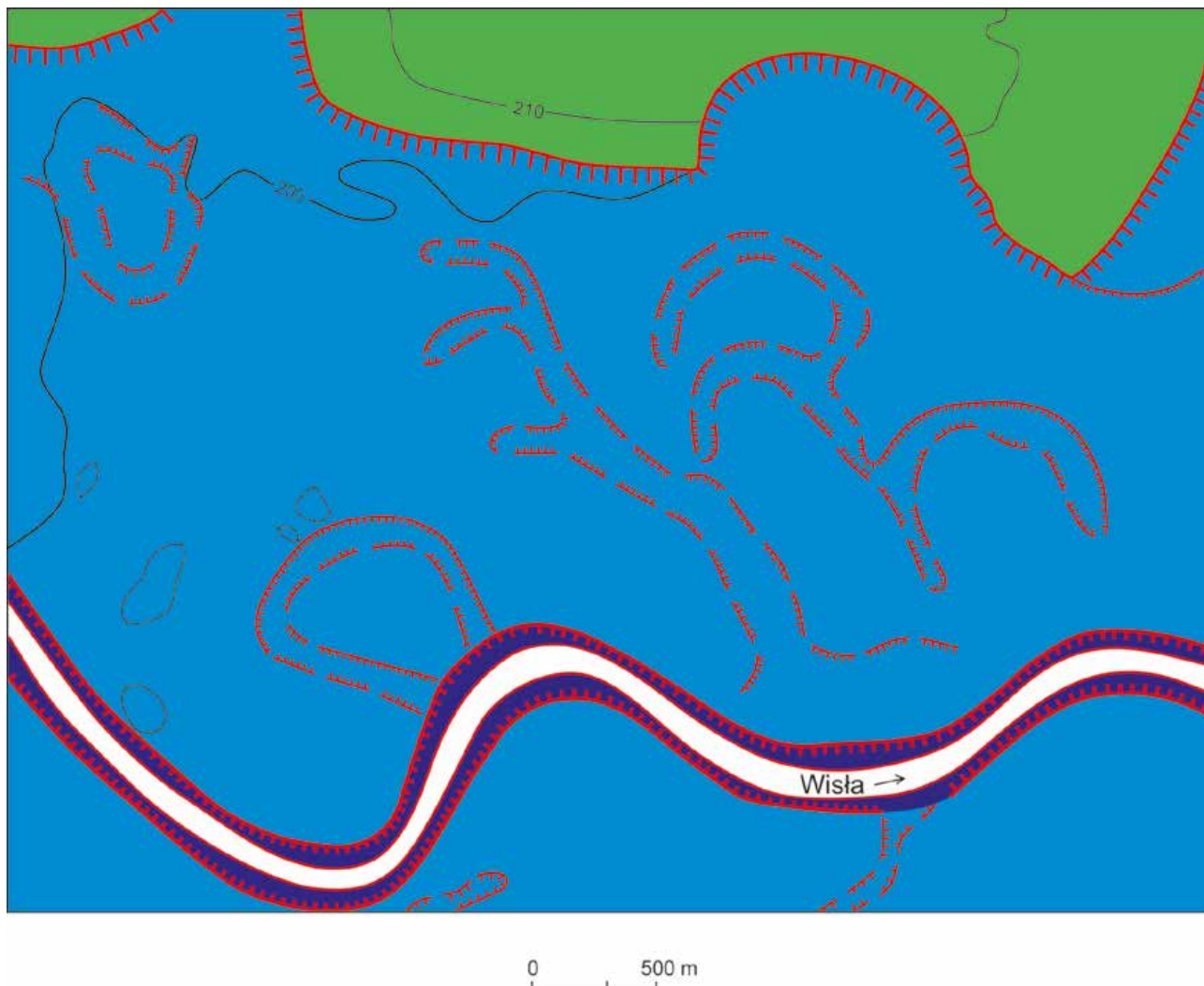
Terasa średnia (12–16 m wys. względnej) zachowana jest w niewielkich fragmentach wzdłuż południowych zboczy doliny Wisły, rozpościera się natomiast szerokim pasem po lewej stronie koryta (Ryc. 4) i nadbudowana jest rozległymi stożkami napływowymi Prądnika i Dłubni (terasa Czyżyńska i Pleszowska). Utwory rzeczne tej terasy przykryte są serią lessów o grubości od 6 do 10 metrów [5, 14, 16, 23, 32, 34, 37, 43, 45]. Rozległe stożki napływowe: Prądnika – stożek rozciągający się od Toń po Śródmieście Krakowa, oraz Dłubni – sięgający od Bieńczyc po Czyżyny i Pleszów, rozczłonkowane są plejstocеныskimi i holocеныskimi dolinami rzecznymi i okresowo odwadnianymi. Największe z nich to doliny Robotnej (rozcinająca stożek Prądnika) i Kościelnickiego Potoku. W obrębie terasy średniej koło Mogiły usypany został czwarty sztuczny kopiec Krakowa – Kopiec Wandy (238,6 m n.p.m.).

Kolejny, niższy, plejstocеныski poziom terasowy w dolinie Wisły – terasa niska (10 m wys. względnej)

w granicach miasta zajmuje niewielką powierzchnię w rejonie Branic [43, 45].

W dolinie Wisły występują również poziomy teras holocеныskich. Terasę nadzalewową o wys. względnej 3–6 m budują w spągu późnoglacialne osady rzeczne, a wyżej holocеныskie żwiry, piaski, mułki i ropy [12, 16, 21, 23, 36, 43, 45]. Poziom tej terasy rozciąga się szerokim pasem wzdłuż koryta Wisły i jej dopływów. Rozczłonkują ją liczne starorzecza, rowy melioracyjne (Ryc. 4), żwirownie i glinianki. Starorzecza, najliczniejsze we wschodniej części miasta, są formami różnowiekowymi, tworzącymi się od schyłku ostatniego zlodowacenia do czasów współczesnych [11, 13, 16, 21, 27]. Zachowane są zarówno w postaci suchych, płytkich obniżeń (1–3 m głębokości), jak i głębokich form (3–5 m) o meandrowym zarysie, wypełnionych wodą i utrzymujących kontakt z korytem rzecznym podczas wezbrań.

Poziom niższy – zalewowy o wys. 0,5–3 m, zbudowany jest z ropy, piasków i żwirów. Poziom ten występuje fragmentarycznie wąską listwą (1–200 m szerokości) wzdłuż Wisły i jej dopływów.



Ryc. 4. Fragment mapy geomorfologicznej Doliny Wisły (objaśnienia jak na rycinie 2).

Naturalny rozwój odcinka doliny Wisły na wschód od Krakowa został przerwany w XIX w. Wielkie powodzie w roku 1813 oraz w latach 1840 i 1884 r. w dorzeczu górnej Wisły wymusiły rozpoczęcie prac regulacyjnych [40]. Regulacja koryt rzecznych polegająca głównie na prostowaniu zakoli (m.in. Koło Tynieckie, Kąty Tynieckie) spowodowała skrócenie biegu rzek, a w konsekwencji erozyjne pogłębienie koryt, które zostały również obwałowane [20]. Współcześnie koryta Wisły i jej dopływów na długich odcinkach przebiegają sztucznymi przekopami. Poza odcinkami uregulowanymi koryta mają kręty przebieg, a rzeki zachowały tendencję do meandrowania, podcinania brzegów koryta oraz poziomu zlewowego, lokalnie również terasy nadzalewowej. Jedynie w Bodzowie i Przegorzałach występują skalne fragmenty koryta Wisły, wyciętego w wapieniach, w pozostałych odcinkach koryto Wisły wycięte jest w starszych osadach rzecznych. W dnie doliny Wisły liczne są też formy związane z eksploatacją piasków i żwirów. Część z nich współcześnie jest zagospodarowana turystycznie.

Wysoczyzna Wielicko-Gdowska

W południowo-zachodniej części miasta ponad doliną Wisły wznoszą się garby Wysoczyzny Wielicko-Gdowskiej (Ryc. 1): Pagóry Skotnickie (na południe od rowu Skotnickiego), Pagór Kobierzyński (na zachód od doliny Wilgi) i Pagóry Łagiewnickie (na wschód od doliny Wilgi), tworzące wyższy poziom Kotliny Sandomierskiej [43, 45]. Zbudowane są z iłów miocénskich, przykrytych utworami czwartorzędowymi: piaskami wodnolodowcowymi, gliną morenową, spod których miejscami: na Chmielniku, Winnicy, Pagórach Skotnickich, w okolicy Kurdwanowa na Pogórze Łagiewnickim odsłaniają się wapienie jurajskie. Pagóry osiągają wysokość względną 30–60 m. Ich płaskie wierzchołki ścinają górnopliocénskie poziomy erozyjno-denudacyjne. Stoki pagórów rozczłonkowane gęstą siecią różnego typu dolin okresowo odwadnianych. Można wśród nich wyróżnić wycięte w iłach miocénskich, zasypane piaskami staroplejstocénскими niecki denudacyjne o płaskich, podmokłych dnach, płytko rozcięte korytami potoków oraz powstałe przez ich pogłębienie, wycięte w piaskach plejstocénskich parowy, wądoły i niecki ablacyjne (Ryc. 5). Największa z dolin – Kurdwanowska założona została na uskoku tektonicznym.

Dolina Wilgi, rozdzielająca Pagóry Skotnickie i Kobierzyńskie od Pagórów Łagiewnickich, wycięta jest w iłach miocénskich i wyścielona piaskami czwartorzędowymi. W jej dnie występują cztery

poziomy terasowe: dwie terasy plejstocénские o wys. 3–6 m oraz dwa poziomy teras holocénских o wys. 1–3 m [36], które w ujściowym odcinku doliny przechodzą w rozległy stożek napływowy. Koryto Wilgi ma przebieg meandrowy i podcina holocénską terasę nadzalewową i poziom zalewowy.

Wysoczyzna Wielicko-Gdowska jest terenem osuwiskowym. Największe osuwisko znajduje się w Swoszowicach i rozwinięte jest w utworach piaszczystych, glinach i iłach.

Pogórze Wielickie

Najbardziej na południe wysunięta część miasta położona jest w obrębie Pogórza Wielickiego stanowiącego brzeżną, północną część Karpat. Jest to obszar o zróżnicowanych wysokościach, zbudowany z utworów fliszowych, tzn. mięszszego kompleksu skał osadowych (piaskowce, łupki i margle kredy).

W obrębie stoków Pogórza zaznaczają się spłaszczenia erozyjno-denudacyjne o wysokości względnej 90–100 m rozczłonkowane dolinami nieckowatymi o płaskich dnach, wyścielonych madami. Duże powierzchnie stoków zajmują osuwiska (np. osuwisko w Baryczy o powierzchni 51,7 ha [46, 47]). Ich rozwojowi sprzyja obecność kilkumetrowej miąższości pokryw soliflukcyjnych.

Wpływ ukształtowania terenu miasta Krakowa na pozostałe elementy jego środowiska geograficznego

Rzeźba terenu jest podstawowym elementem środowiska przyrodniczego. Charakterystyczne dla Krakowa ukształtowanie terenu wpływa na zróżnicowanie warunków klimatycznych [26], stosunków wodnych [2, 30], gleb [17, 35] i naturalnej szaty roślinnej [19] występujących na terenie miasta.

Rzeźba terenu Krakowa miała również duże znaczenie w wyborze lokalizacji, a później w kierunkach rozwoju miasta, szczególnie w dawnych czasach, kiedy zależność człowieka od warunków przyrodniczych była większa. Zróżnicowanie rzeźby terenu powodowało, że w ciągu całych dziejów rozwoju Krakowa, w zależności od okresu historycznego i zmieniających się funkcji miasta, rolę miastotwórczą pełniły różne formy terenu. Pierwotnie, kiedy największe znaczenie miało obronne położenie miasta, największym walorem rzeźby były trudno dostępne wzgórza zrębowe Wyżyny Krakowskiej, otoczone zakolami Wisły i bagnistymi obszarami dna jej doliny [24]. W tym też obszarze zlokalizowana została najstarsza część Krakowa z Wawelem i Skałką. Później, kiedy nastąpił rozwój gospodarczy, dużym walorem

Krakowa stało się jego położenie nadrzeczne na granicy różnych jednostek fizyczno-geograficznych, sprzyjające wymianie handlowej. Wzdłuż Wisły, pełniącej rolę ważnego szlaku komunikacyjnego, nastąpiła rozbudowa miasta [38, 39]. Młodsze dzielnice Krakowa, zlokalizowane ponad dnem doliny Wisły, wykorzystywały tereny położone poza zasięgiem powodzi i o lepszych warunkach klimatycznych.

terenu zlokalizowane są w zachodniej części miasta, gdzie na niewielkiej powierzchni występują formy różnej genezy, wyraźnie widoczne w krajobrazie, różniące się cechami morfometrycznymi i budową geologiczną. Duże zróżnicowanie rzeźby terenu miasta decyduje o licznych, atrakcyjnych punktach widokowych (wzgórza zrębowe, kopce), które mieszkańcom i turystom pozwalają obserwować nie tylko



Ryc. 5. Fragment mapy geomorfologicznej Wysoczyzny Wielicko-Gdowskiej (objaśnienia jak na rycinie 2).

Obecnie różnorodność ukształtowania powierzchni terenu wpływa na atrakcyjność turystyczną miasta [9]. Tereny o szczególnie zróżnicowanej rzeźbie

zróżnicowanie krajobrazu naturalnego, ale również strukturę przestrzenną miasta i jej związek ze środowiskiem przyrodniczym.

Bibliografia

1. Alexandrowicz S.W. (1956) Stary obryw skalny w Tyńcu koło Krakowa. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 108: 5–16.
2. Dynowski J. (1974) Stosunki wodne obszaru miasta Krakowa. *Folia Geographica, ser. Geographica-Physica*, 8: 103–144.
3. Dżułyński S. (1953) Tektonika południowej części Wyżyny Krakowskiej. *Acta Geologica Polonica*, 3: 325–440.

4. Dżułyński S., Henkiel A., Klimek K., Pokorny J. (1966) Rozwój rzeźby dolinnej południowej części Wyżyny Krakowskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 32: 320–343.
5. Gębica P. (2004) Przebieg akumulacji rzecznej w górnym vistulianie w Kotlinie Sandomierskiej. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 193: 1–229.
6. Gilewska S. (1986) Podział Polski na jednostki geomorfologiczne. *Przegląd Geograficzny*, 58: 15–40.
7. Gradziński R. (1962) Rozwój podziemnych form krasowych w południowej części Wyżyny Krakowskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 31–32: 429–487.
8. Gradziński R. (1974) Budowa geologiczna terytorium Krakowa. *Folia Geographica*, ser. *Geographica-Physica*, 8: 11–17.
9. Izmań B., Degórska B., Gradziński M., Gradziński R. (2013) Geologiczne, geomorfologiczne i krajo-brazowe uwarunkowania turystyki i rekreacji. [w:] B. Degórska, M. Baścik (red.), *Środowisko przyrodni-cze Krakowa. Zasoby – ochrona – kształtowanie*. Wyd. IGiPZ UJ, Kraków, 237–244.
10. Jędrzychowski I. (red.), 2008 *Hipsometryczny Atlas Krakowa*. Biuro Planowania Przestrzennego UMK, Kraków.
11. Kalicki T. (1991) The evolution of the Vistula river valley between Cracow and Niepołomice in Late Vistulian and Holocene times. [w:] L. Starkel (red.), *Evolution of the Vistula river valley during the last 15000 years, part IV, Geographical Studies, Special Issue 6*, IGiPZ PAN, 11–37.
12. Kalicki T., Starkel L. (1987) The evolution of the Vistula river valley downstream of Cracow during the last 15000 years. [w:] L. Starkel (red.), *Evolution of the Vistula river valley during the last 15000 years, part II, Geographical Studies, Special Issue 4*, IGiPZ PAN, 51–70.
13. Kalicki T., Zernickaya V.P. (1995) Paleogeography of the Vistula valley near Cracow based on sediments and palynology of the Allerød paleochannel fill. [w:] L. Starkel (red.), *Evolution of the Vistula river valley during the last 15000 years, part V, Geographical Studies, Special Issue 8*, IGiPZ PAN, 9–18.
14. Kleczkowski A. (1964) Budowa geologiczna i wody gruntowe wysokiego tarasu Wisły na wschód od Krakowa. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 34: 191–221.
15. Klimaszewski M. (1958) Rozwój geomorfologiczny terytorium Polski w okresie przedczwartorzędowym. *Przegląd Geograficzny* 30: 3–43.
16. Kmietowicz-Drathowa I. (1966) Rozwój doliny Wisły w okolicach Krakowa od trzeciorzędu do chwili obecnej. *Kwartalnik Geologiczny, Sprawozdania z Posiedzeń Naukowych IG*, 10: 573–574.
17. Komornicki T. (1974) Gleby terytorium miasta Krakowa. *Folia Geographica*, ser. *Geographica-Physica*, 8: 145–151.
18. Konecka-Betley K., Madeyska T. (1985) Loess section at Kraków-Zwierzyniec. [w:] *Guide-book of International Symposium: Problems of the stratigraphy and paleogeography of loess*. UMCS, Lublin, 175–178.
19. Kornaś J., Medwecka-Kornaś A. (1974) Szata roślinna Krakowa. *Folia Geographica*, ser. *Geographica-Physica*, 8: 153–169.
20. Łajczak A. (1995) The Impact of River Regulation, 1850–1990, on the Channel and Floodplain of the Upper Vistula River, Southern Poland. [w:] E.J. Hickin (red.), *River Geomorphology. International Association of Geomorphologists, Publ. No 2*, J. Wiley & Sons Ltd., Chichester, 209–233.
21. Mamakowa K. (1970) Late Glacial and Early Holocene vegetation from territory of Cracow. *Acta Paleobotanica*, 2: 3–12.
22. Mamakowa K., Rutkowski J. (1989) Wstępne wyniki badań litologicznych i paleobotanicznych profilu z Krystynowa. [w:] *Przewodnik 60. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Państwowy Instytut Geologiczny, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, 117–124.
23. Mamakowa K., Środoń A. (1977) O pleniglacialnej florze z Nowej Huty i osadach czwartorzędu doliny Wisły pod Krakowem. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 47: 485–511.
24. Mitkowski J. (1957) Dawne warunki geograficzne jako podłoże, na którym rozwinął się zespół osad krakowskich. [w:] J. Dąbrowski (red.), *Kraków. Studia nad rozwojem miasta*. Wyd. Literackie, Kraków, 39–64.
25. Mojski E. (2005) *Ziemie polskie w czwartorzędzie. Zarys morfogenezy*. Wyd. PIG, Warszawa.
26. Morawska-Horawska M., Lewik P. (2003) Wpływ wysokości i ukształtowania terenu na zróżnicowanie warunków meteorologicznych w Krakowie. [w:] J. Lach (red.), *Dynamika zmian środowiska geograficz-nego pod wpływem antropopresji*. Instytut Geografii Akademii Pedagogicznej w Krakowie, 85–94.

27. Nalepka D. (1994) Historia roślinności w dolinie Wisły od Krakowa po ujście Raby w późnym Vistulianie i holocenie. [w:] L. Starkel, Prokop (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Karpat i Kotlin podkarpackich*, Conf. Papers, 20, IGiPZ PAN, Warszawa, 19–32.
28. Ney R., Burzewski W., Bachleda T., Górecki W., Jakóbczak K., Słupczyński K. (1974) Zarys paleogeografii i rozwoju litologiczno-facjalnego utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego. *Prace Geologiczne PAN*, 82: 3–65.
29. Oszczytko N. (2001) Rozwój zapadliska przedkarpackiego w miocenie. *Przegląd Geologiczny*, 49: 717–723.
30. Pociask-Karteczka J. (1994) Przemiany stosunków wodnych na obszarze Krakowa. *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 96: 7–51.
31. Rutkowski J. (1984) Dolina Wisły między Krakowem a Skawiną w holocenie. [w:] J. Rutkowski, L. Starkel (red.), *Materiały Sympozjum: Holocen okolic Krakowa*. Kraków, 18–20 czerwca 1984, Komitet Badań Czwartorzędu PAN, Inst. Geologiczny, Inst. Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Inst. Geologii i Surowców Mineralnych AGH, Kraków, 13–20.
32. Rutkowski J. (1987) Vistula river valley in the Cracow gate during the Holocene. [w:] L. Starkel (red.), *Evolution of the Vistula river valley during the last 15000 years, part II*, *Geographical Studies, Special Issue 4*, IGiPZ PAN, 31–50.
33. Rutkowski J. (1989) Budowa geologiczna regionu Krakowa. *Przegląd Geologiczny*, 37: 302–308.
34. Rutkowski J. (1993) Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000 Arkusz Kraków (973). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 1–46.
35. Skiba S., Drewnik M., Szymański W., Żyła M., (2013) Gleby. [w:] B. Degórska, M. Baścik (red.), *Środowisko przyrodnicze Krakowa. Zasoby – ochrona – kształtowanie*. Wyd. IGiGP UJ, Kraków, 69–80.
36. Sokołowski T., Wasylikowa K. (1984) Utwory czwartorzędowe den dolin Wisły i Wilgi w rejonie Ludwinowa. [w:] J. Rutkowski, L. Starkel (red.), *Materiały Sympozjum: Holocen okolic Krakowa*. Kraków, 18–20 czerwca 1984, Komitet Badań Czwartorzędu PAN, Inst. Geologiczny, Inst. Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Inst. Geologii i Surowców Mineralnych AGH, Kraków, 29–34.
37. Starkel L. (2001) Historia doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś. *Monografie IGiPZ PAN*, 1: 1–263.
38. Tobiasz M. (1958) Historyczny rozwój sieci wodnej Krakowa i jej wpływ na urbanistykę miasta. *Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej*, 5, *Architektura*, 2: 15–84.
39. Tobiasz M. (1977) *Dziejowe przemiany sieci wodnej i zagospodarowania przestrzennego Krakowa*. Ossolineum, Wrocław.
40. Trafas K. (1992) Zmiany biegu Wisły pomiędzy ujściem Przemszy i Sandomierzem. [w:] K. Trafas (red.) *Zmiany biegu górnej Wisły i ich skutki*. Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 31–62.
41. Tyczyńska M. (1958) The Pre-Tortonian surface of karst planation in the vicinity of Cracow. *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences, Série des Sciences Chimiques, Géologiques et Géographiques*, 6: 399–401.
42. Tyczyńska M. (1963) The Old Valley of the Upper Vistula. *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences, Série des Sciences Géologiques et Géographiques*, 11: 231–238.
43. Tyczyńska M. (1968) Rozwój geomorfologiczny terytorium miasta Krakowa. *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 17: 1–148.
44. Tyczyńska M. (1974a) Jednostki fizyczno-geograficzne terytorium miasta Krakowa. *Folia Geographica, Ser. Geographica-Physica*, 8: 171–177.
45. Tyczyńska M. (1974b) Rzeźba terytorium miasta Krakowa. *Folia Geographica, Ser. Geographica-Physica*, 8: 19–43.
46. Tyczyńska M., Chmielowiec S. (1988) Mapa geomorfologiczna 1:50 000. [w:] K. Trafas (red.), *Atlas Miasta Krakowa*. Instytut Geografii UJ, Urząd Miasta Krakowa, Wydział geodezji i Gospodarki Gruntami, PPWK, Warszawa-Wrocław.
47. Wójcik A. red. 2019 *Atlas osuwisk miasta Krakowa*. Urząd Miasta Krakowa, Kraków, 1–192.

WYKSZTAŁCENIE I ROZWÓJ SKAŁ GÓRNOJURAJSKICH POŁUDNIOWEJ CZĘŚCI WYŻYNY KRAKOWSKO-CZĘSTOCHOWSKIEJ NA PRZYKŁADZIE OKOLIC KRAKOWA

Lithology and development of Upper Jurassic rocks in the southern part
of the Kraków-Częstochowa Upland on the example of Kraków area

Marcin Krajewski, Piotr Olchowy (Kraków)

Streszczenie

W budowie geologicznej Krakowa i okolic dominują skały jury górnej, charakteryzujące się dużym zróżnicowaniem litologicznym. Wśród wapieni przeważają wapienie masywne, interpretowane jako rafy mikrobialno-gąbkowe oraz wapienie uławicone z krzemieniami. W wapieniach obserwować można liczne przejawy diagenety, w tym zjawiska sylikfikacji i dolomityzacji. Prawidłowa charakterystyka i interpretacja skał jurajskich, zarówno w ujęciu naukowym, ale też edukacyjno-informacyjnym czy geologiczno-inżynierskim, wymaga szczegółowych badań sedimentologicznych, uwzględniających procesy tektoniczne, które zadecydowały o zaburzeniach skał jury górnej okolic Krakowa.

Abstract

In the landscape of the Kraków area the most important are the Upper Jurassic rocks, which are highly lithological diversified. Most of the limestones represent massive limestones interpreted as microbial-sponge reefs and bedded limestones with cherts. Numerous diagenesis phenomena can be observed in limestones, including silicification and dolomitization. Correct characterization and interpretation of data collected from Jurassic rocks in terms of scientific research, education, and geoengineering requires detailed sedimentological studies, with particular emphasis on tectonic phenomena disturbing Upper Jurassic deposits in the Kraków area.

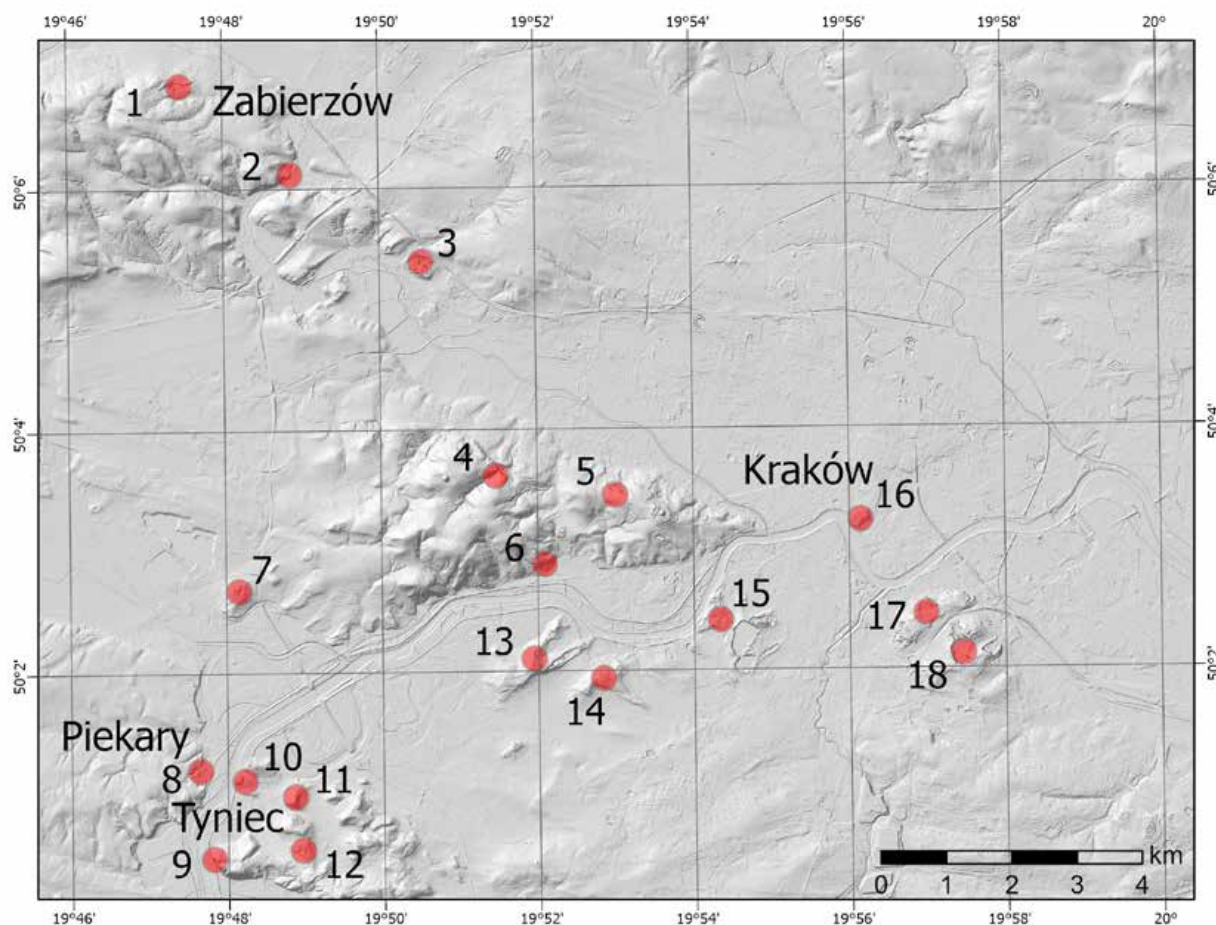
Wstęp

Jedną z najbardziej charakterystycznych cech w krajobrazie Krakowa i jego okolic jest obecność licznych tektonicznych wzgórz zrębowych i obniżeń oraz dolin, gdzie w powierzchniowej budowie geologicznej dominują skały górnourajskie reprezentowane głównie przez wapienie (Ryc. 1). Od zamierzonych czasów obecność wapieni jurajskich tworzących formacje skalne była przedmiotem zainteresowania człowieka, co miało istotny wpływ na rozwój gospodarczy regionu, zarówno pod względem architektonicznym, surowcowo-przemysłowym, ale także kulturowo-historycznym. Rezultatem jest m.in.

powszechne wykorzystanie wapieni jurajskich w architekturze starego Krakowa [40]. Obecnie liczne odsłonięcia i kamieniołomy położone w Krakowie i na jego obrzeżach budzą również zainteresowanie ze względu na unikatowe walory naukowe, dydaktyczne i sportowo-rekreacyjne. Problematyka krakowskich „kamieniołomów jurajskich” jest również zarzewiem gorących dyskusji i konfliktów związanych z rozbieżnymi poglądami i planami dotyczącymi zagospodarowania tych unikalnych terenów o znacznych walorach przyrodniczo-historycznych. Ponadto, ze względu na skomplikowaną budowę geologiczną rejonu Krakowa, skały górnourajskie, ich cechy litologiczne i zaburzenia tektoniczne mają duże znaczenie zarówno

w prowadzonych, jak i projektowanych pracach geoinżynierskich związanych np. z rozbudową ciągów komunikacyjnych Krakowa czy zagospodarowaniem nieczynnych już kamieniołomów.

w Polsce [15]. Wapienie z okolic Krakowa zaliczone obecnie do jury krakowskiej opisywał i klasyfikował również słynny polski przyrodnik, geograf i geolog Stanisław Staszic w monografii z 1815 r. pt. „O zie-



Ryc. 1. Cieniowany model rzeźby terenu LiDAR okolic Krakowa z zaznaczonymi najważniejszymi stanowiskami utworów jury górnej. Stanowiska: 1 – kamieniołom Zabierzów, 2 – Skała Kmity, 3 – kamieniołom w Mydlńskich, 4 – Panieńskie Skały, 5 – kamieniołom na Sikorniku, 6 – Przegorzały, 7 – kamieniołom w Krysipinowie, 8 – Piekary, 9 – Grodzisko, 10 – Opactwo w Tyńcu, 11 – wzgórze Wielkanoc, 12 – kam. Bogucianka, 13 – Bodzów, 14 – Pychowice, 15 – Zakrzówek, 16 – Wawel, 17 – Park Bednarskiego, 18 – kam. Libana i Bonarka. Przykładowe stanowiska facji masywnych: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 16. Przykładowe stanowiska facji uławicznych: 1, 3, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18. Przykładowe stanowiska ze zjawiskami dolomitizacji wapieni: 13, 14, 15. Przykładowe stanowiska ze zjawiskami sylifikacji epigenetycznej wapieni: 9, 12, 15, 18. Publikacje dotyczące najważniejszych prezentowanych stanowisk znajdują się w spisie literatury.

Wyrazem zainteresowania problematyką skał jurajskich jest bogata historia badań jury krakowskiej. Badania naukowe nad wykształceniem i genezą utworów jurajskich okolic Krakowa prowadzono już od pierwszej połowy XIX wieku. Jakkolwiek należy wspomnieć wcześniejsze publikacje zawierające opis występowania, wykształcenia czy zróżnicowania skał wapiennych zaliczonych później wiekowo do jury górnej. Przykładem może być opis wapieni nazywanych „marmurami bł. Salomei”, pochodzący z 1691 r., których autorem był profesor i wielokrotny rektor Akademii Krakowskiej ks. Sebastian Piskorski [38]. „Marmury” te stanowią unikatowe przykłady wykorzystania masywnych, gąbkowo-mikrobialnych rafowych wapieni jurajskich w budownictwie sakralnym

miorudztwie Karpatów i innych gór i równin Polski” (pisownia oryginalna) [46].

Ważną datą w historii poznania wapieni jurajskich jest rok 1836, kiedy to Pusch [39] zaliczył je do jury górnej. W połowie XIX wieku jurę krakowską badał Zejszner [52] nawiązując do podziału Quanstedta [36] opracowanego na podstawie skamieniałości jury szwabskiej. Nazwę „wapień skalisty” (niem. *Felsenkalk*) jako pierwszy wprowadził Roemer [41]. Termin ten stosował do określenia masywnych lub gruboławicowych wapieni, często tworzących skałki. W oparciu o różnice litologiczne, Roemer [41] wydzielił dwa rodzaje wapieni skalistych, tzw. „dolne” i „górne”, twierdząc, iż stanowią one odrębne poziomy stratygraficzne. Stratygraficzne podstawy

tego podziału zakwestionował Zaręczny [51] wskazując, że zaliczane do nich wapienie są jedynie facjami sedymentacyjnymi. Do podziału stratygraficznego Roemera nawiązał Siemiradzki [45], który zaproponował nowy podział utworów górnej jury okolic Krakowa. Po II wojnie światowej badania nad skałami jurajskimi regionu krakowskiego prowadził Różycki [42], który dokonał nowego podziału stratygraficznego.

„Kamieniami milowymi” w poznaniu wykształcenia, genezy, procesów diagenety i przestrzennych relacji między odmianami skał jurajskich, a także obserwowanych w nich tektonicznych zaburzeń były prace Stanisława Dżułyńskiego [6, 7]. Opisał on m.in. składniki ziarnowe i szkieletowe utworów jury górnej oraz przedstawił stosowany często do dzisiaj podział wapieni jurajskich na trzy główne odmiany litologiczne: (i) wapienie płytowe, (ii) wapienie uławiczone z krzemieniami oraz (iii) wapienie skaliste. W drugiej połowie XX wieku w licznych pracach można spotkać ogólne opisy wapieni, w znacznej części opierające się na pracach Dżułyńskiego [np. 1, 2, 11, 43, 44]. Liczne są również prace poświęcone stratygrafii jury w rejonie krakowskim, które współcześnie oparte są głównie o amonity [np. 9, 22, 53]. Od lat 80. XX wieku badania nad wykształceniem, genezą i procesami diagenety w skałach górnourajskich są specjalnością zespołu pracowników Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie, czego wyrazem jest bogaty cykl szczegółowych publikacji naukowych dotyczących stanowisk geologicznych w Krakowie i okolicy [np. 16, 17, 19, 23–34, 50].

Celem niniejszej publikacji jest przybliżenie czytelnikom problematyki wykształcenia, genezy i procesów diagenety skał górnourajskich, których liczne kamieniołomy i naturalne odsłonięcia stanowią cenne stanowiska przyrody nieożywionej w okolicach Krakowa.

Zarys geologii rejonu Krakowa

Pod względem geologicznym rejon Krakowa położony jest w szczególnym miejscu na granicy kilku dużych jednostek strukturalnych [1, 7, 11, 13, 44], tj. monokliny śląsko-krakowskiej i niecki miechowskiej na północy oraz zapadliska przedkarpackiego i Karpat na południu [Ryc. 2]. Wyżyna Krakowsko-Częstochowska stanowi część monokliny śląsko-krakowskiej zbudowanej w rejonie Krakowa głównie z różnych odmian litologicznych utworów jury środkowej i górnej oraz fragmentarycznie zachowanych utworów kredy górnej [Ryc. 2, 3]. Zachodnia granica zwartego występowania utworów kredy przebiega przez wschodnie dziel-

nice Krakowa, wyznaczając umowną granicę między nieką miechowską a monokliną śląsko-krakowską. Centralna i południowa część Krakowa położona jest w większości w obrębie zapadliska przedkarpackiego [Ryc. 2]. Podłoże geologiczne stanowią lokalnie zachowane skały permu, które z utworami mezozoiku wchodzi w skład tzw. permo-mezozoicznego kompleksu strukturalnego [7, 20]. Monoklina śląsko-krakowska zapada pod niewielkim kątem w kierunku NE, pod utwory kredowe niecki miechowskiej [Ryc. 2]. Utwory monokliny zalegają niezgodnie na urozmaiconym paleozoicznym lub prekambryjskim podłożu [3, 11]. Paleozoiczne podłoże przecięte jest przez rozległą strefę uskokową Kraków-Lubliniec, będącą częścią większej strefy tektonicznej Kraków-Hamburg. Strefa ta dzieli podłoże na dwa bloki tektoniczne: masyw górnośląski i małopolski [3, 54], będące odrębnymi elementami skorupy ziemskiej (terranami). Wzdłuż tej strefy rozwinięte są liczne intruzje skał magmowych, głównie wieku permu [np. 3, 11, 43, 54], które można obserwować w kamieniołomach na zachód od Krakowa.

Na współczesny obraz budowy geologicznej rejonu Krakowa duży wpływ wywarła tektonika neogenna, w szczególności okresu miocenowego [6, 11, 20, 43, 44]. Południowa część wyżyny w rejonie Krakowa w wyniku miocenowej tektoniki została włączona w obręb zapadliska przedkarpackiego (Ryc. 2, 3). Obszar Krakowa przecina szereg uskoku o różnych wartościach przemieszczenia. Główna faza rozwoju tektoniki uskokowej związana jest z tzw. ruchami alpejskimi o dominujących kierunkach NW-SE i W-E, które często reaktywowały starsze waryscyjskie kierunki strukturalne [3, 20]. Najczęściej strefy tektoniczne reprezentują system uskoku schodowych o zróżnicowanych wartościach i kierunkach zrzutów z licznymi załomami, tworząc megabrekcie tektoniczne [Ryc. 4] o łącznym zrzucie około 200 m [7, 11, 29, 43, 44]. Strefy te tworzą najczęściej obrzeżenia licznych zrębów i rowów tektonicznych, do których należą np. zręby Podgórze, Wawelu, Zakrzówka, Kajasówki, Sowińca, Podgórek Tynieckich oraz rowy krzeszowicki i Cholerzyn-Półwieś. Zarysy zrębów i rowów są wydłużone równoleżnikowo, a granice pasm wzniesień posiadają często charakter tektoniczno-erozyjny o nieregularnym przebiegu, związanym z istnieniem licznych załomów tektonicznych [7, 20]. Oprócz uskoku głównych ograniczających zręby, można obserwować liczne zaburzenia tektoniczne występujące w ich obrębie (Ryc. 3). Najczęściej są to rowy tektoniczne wypełnione marglami górnej kredy, które obserwować można m.in. w kamieniołomie Libana czy na Zakrzówku w Krakowie (Ryc. 1, 3). Rozległe rowy

tektoniczne obejmujące w okolicach Krakowa obszary między zrębowymi wzgórzami wypełnione są głównie iłami miocenijskimi oraz osadami czwartorzędowymi (Ryc. 2, 3). Na utworach jurajskich z niezgodnością erozyjną, podkreśloną powierzchniami abrazyjnymi, zalegają płyty skał osadowych kredy górnej, które można obserwować np. w rezerwacie Bonarka w Krakowie [np. 4, 11].

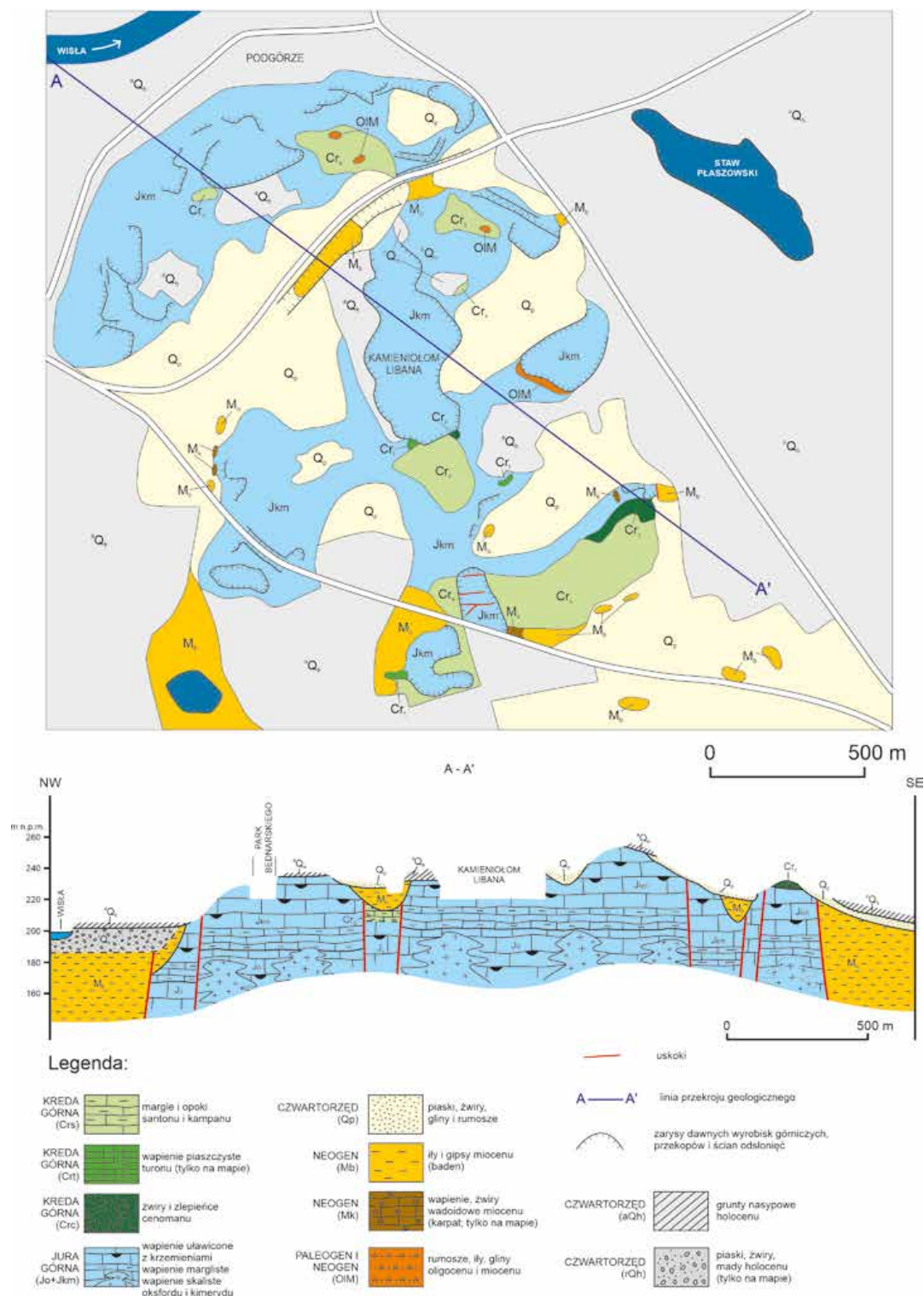
Przejawami procesów tektonicznych w wapieniach górnourajskich jest gęsta sieć spękań stromych i połączonych (Ryc. 5), które często posiadają podobne kierunki i kąty nachylenia, tworząc oddzielne zespoły spękań. Spękania te są poszerzone w wyniku oddziaływania procesów krasowych [7, 13, 20]. Część pionowych szczelin w wapieniach jurajskich (Ryc. 4) jest rozmytymi krasowo powierzchniami uskokowymi,



Ryc. 2. Mapa geologiczna rejonu Krakowa wg Gradzińskiego [12]; zmodyfikowana.

w pobliżu których można obserwować fleksury przydyslokacyjne i strefy brekcji tektonicznych [20, 29]. Istnienie różnych zespołów spękań i uskokuw w wapieniach skalistych jest jednym z najważniejszych czynników, które kształtowały rozwój podziemnych i powierzchniowych procesów krasowych [8, 10, 11, 13] oraz obecną morfologię kompleksów skalnych w rejonie Krakowa [2, 7, 29, 37]. Wspomniane

czynniki geologiczne wskazują, iż obecna morfologia zrębowych wzgórz oraz dolinek podkrakowskich, zbudowanych ze skał jurajskich, ma charakter poligenetyczny i jest efektem oddziaływania szeregu czynników geologicznych. Do najważniejszych należą: zróżnicowanie litologiczne wapieni (wapienie płytkowe, skaliste i uławiczone), tektonika, procesy krasowe, rozwój wąwozów i dolin rzecznych oraz współczesne



Ryc. 3. Mapa geologiczna wraz z przekrojem zrębu Podgórze wg Krajewski i in. [18]; zmodyfikowane.

Zrąb tektoniczny budowany głównie przez osady jurajskie



Rów tektoniczny wypełniony osadami miocenu

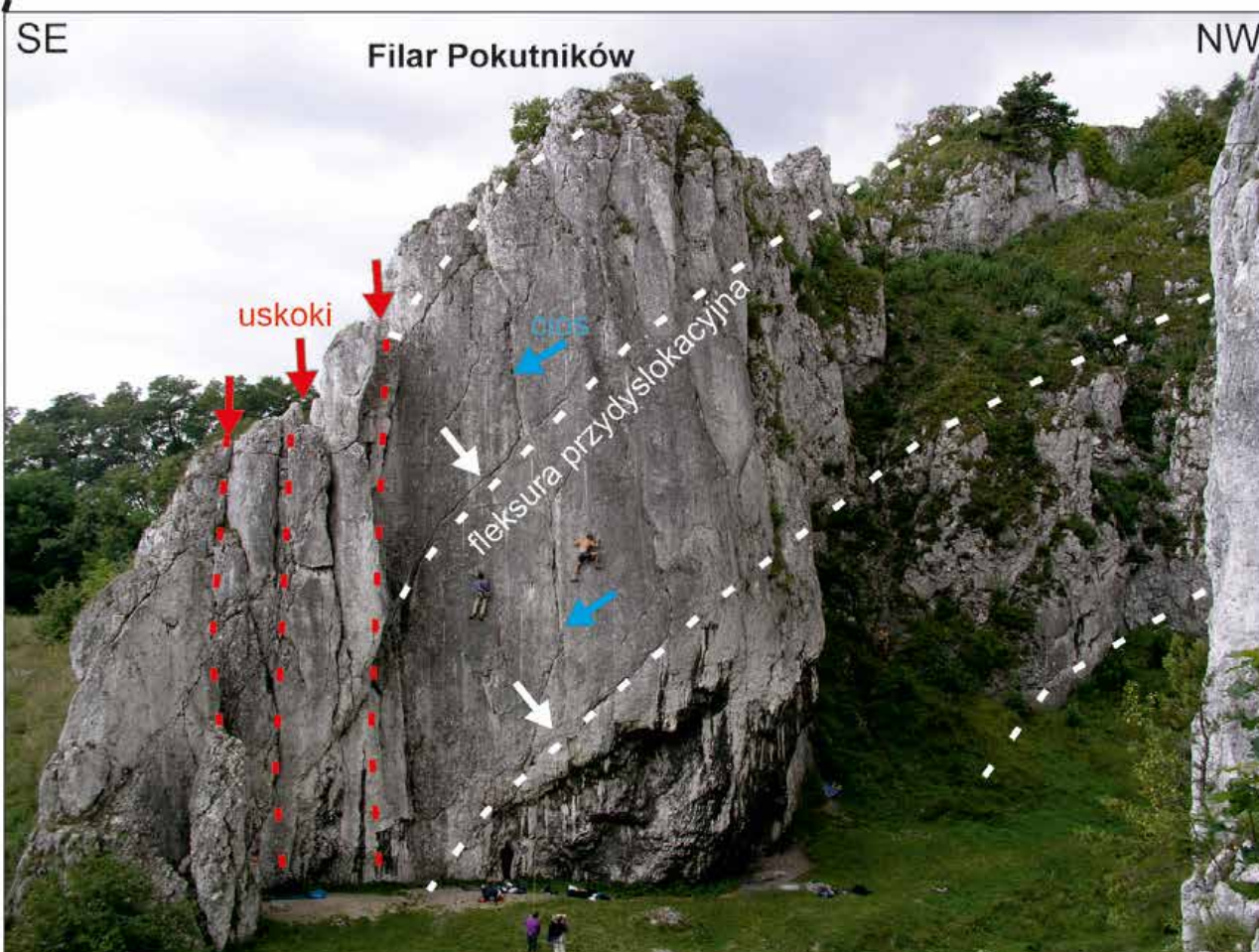


wapienie skaliste mikrobialno-gąbkowe

wapienie ulawiczone pelityczne z bioklastami



wapienie ulawiczone detrytyczne
osady spływów gruzowo-błotnych



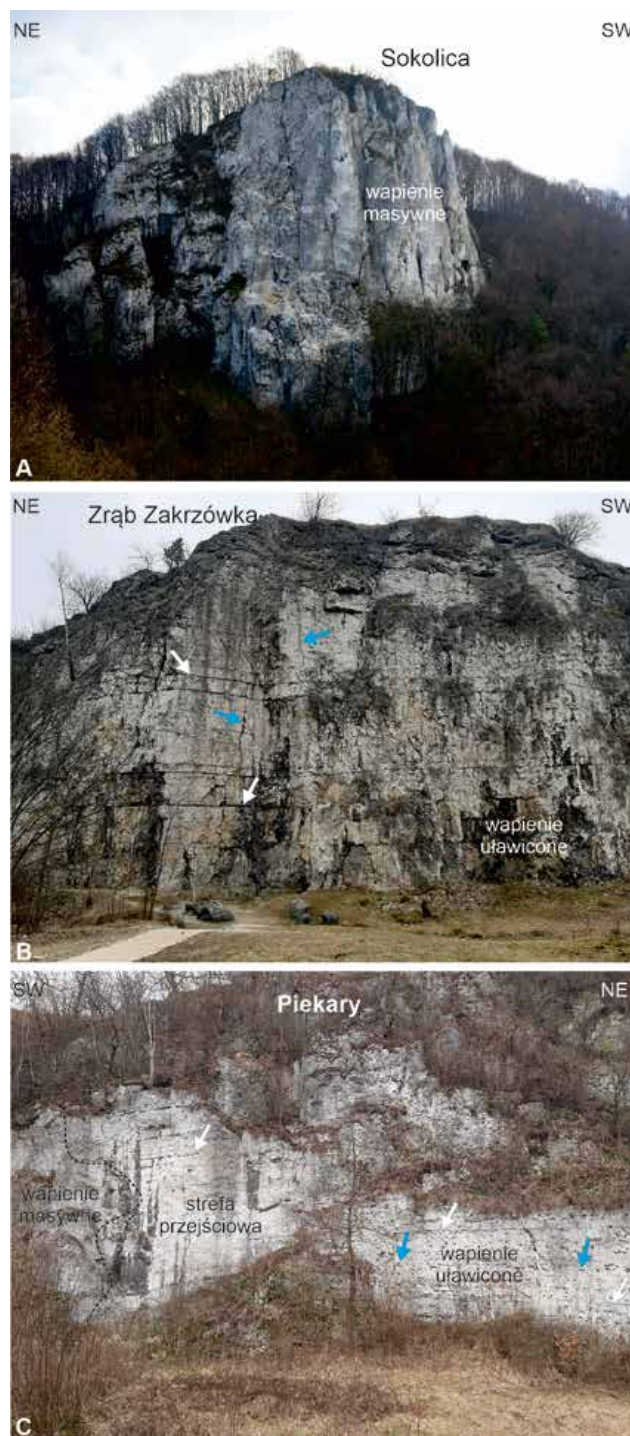
Ryc. 4. Przykład interpretacji krawędzi bloku w strefie uskokowej oddzielającej zrąb tektoniczny od rowu tektonicznego wg Matyszkiewicz, Krajewski [29]; zmodyfikowane i uzupełnione.

ruchy masowe, do których przykładowo należą obrywy skalne czy spływy gruzowo-błotne powstające po intensywnych lub długotrwałych opadach deszczu.

Utwory jury górnej okolic Krakowa

W rejonie Krakowa w budowie geologicznej licznych wzgórz zrębowych oraz tzw. dolinek podkrakowskich dominują wapienie jury górnej, które ze względu na ścieżkę erozyjne posiadają zróżnicowaną miąższość sięgającą około 250 m (Ryc. 6). Utwory górnourajskie zalegają najczęściej zgodnie na piaskowcach, zlepieńcach i wapieniach piaszczystych jury środkowej, rzadziej bezpośrednio na paleozoicznym podłożu [6, 22, 27, 33, 42]. Wieko jura górna reprezentowana jest przez piętra stratygraficzne oksford oraz kimeryd dolny (Ryc. 6). W sukcesji sedymentacyjnej utworów jury górnej okolic Krakowa wyróżniono szereg odmian litologicznych skał węglanowych, głównie wapieni (Ryc. 5, 6). W uproszczonym ujęciu można je podzielić na tzw. wapienie masywne oraz ulawicone (Ryc. 5), które wykazują spore urozmaicenie w wykształceniu litologicznym. Wśród wspomnianych typów litologicznych wyróżnić można szereg odmian, np. wapienie pelityczne, detrytyczne, mikrobialno-gąbkowe, mikrobialne czy gąbkowe, w których wydzielić można szereg odmian mikrofacjalnych [5, 17, 19, 24, 25–33]. Podstawowe znaczenie skałotwórcze w osadach jurajskich posiada szerokie spektrum organizmów bentonicznych, struktur tworzonych przez mikroorganizmy oraz różnego typu ziarna węglanowe. Do łatwo rozpoznawalnych makroskopowo należą struktury mikrobialne, często charakteryzujące się wyraźną laminacją (Ryc. 7A) i skalcyfikowane gąbki krzemionkowe oraz ramienionogi, szkarłupnie, amonity i belemnity [6, 13, 17, 26, 27, 42, 47, 48], których bogate kolekcje można oglądać na wystawach muzeów geologicznych w Krakowie (Ryc. 7B–G). Oprócz wapieni masywnych i ulawionych, licznie obserwuje się utwory genetycznie związane z rozwojem jurajskich podmorskich spływów gruzowo-błotnych (tzw. debrytów), ziarnowych oraz kalciturbidytów (Ryc. 6) [6, 25, 26]. Pierwotna przestrzenna zmienność litologiczna jest silnie zaburzona tektonicznie, w efekcie czego zarówno w skali wzgórz zrębowych lub dolinek podkrakowskich, jak i w obrębie poszczególnych stanowisk obserwować można utwory należące do różnych horyzontów stratygraficznych i odmienne wykształconych litologicznie (Ryc. 4) [np. 29]. W efekcie prawidłowa charakterystyka i interpretacja poszczególnych stanowisk geologicznych powinna opierać się o szczegółową analizę wykształcenia lito-

logicznego ze szczególnym uwzględnieniem i interpretacją zjawisk tektonicznych w każdym stanowisku badawczym, edukacyjnym czy informacyjnym.



Ryc. 5. Przykłady najważniejszych odmian litofacjalnych wapieni jurajskich okolic Krakowa. A – nieulawicone rafowe wapienie masywne; skała Sokolica w Dolinie Będkowskiej [17]. B – wapienie ulawicone z krzemieniami; Kamieniołom na Kapelance w Krakowie [19]. C – wapienie masywne i wapienie ulawicone z krzemieniami wraz z wyraźną strefą przejściową między oboma typami wapieni; odsłonięcie w Piekarach k. Tyrńca [24].

Wapienie ulawicone

Sekwencję utworów jury górnej rozpoczynają cienkoławicowe margle i alternacje marglisto-wapienne o miąższościach do kilkunastu metrów (Ryc. 6). Reprezentują one warstwy oksfordu dolnego i środkowego i zawierają bogatą faunę skalcyfikowanych gąbek krzemionkowych [47, 48], amonitów i belemnitów (Ryc. 7B) [9, 22]. Utwory te przechodzą ku górze w gruby kompleks wapieni płytowych, skalistych i ulawiconych z krzemieniami (Ryc. 6).

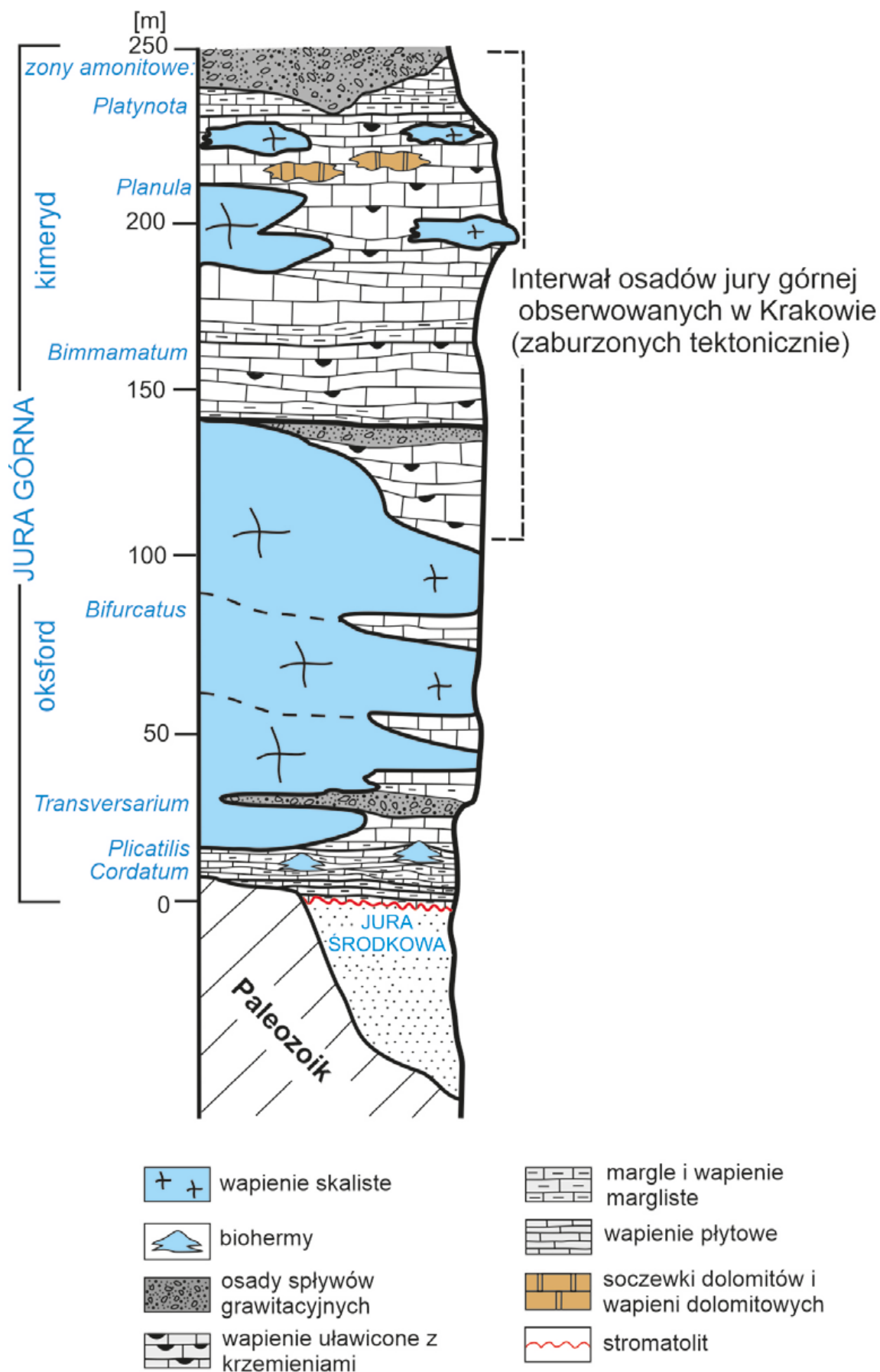
Początkowo w sekwencji sedymentacyjnej dominują wapienie płytowe, stratygraficznie reprezentujące część piętra środkowego oksfordu (Ryc. 6). Są to utwory cienko, rzadziej średnioławicowe, względnie miękkie, porowate, o nierównym przełamie. Posiadają barwę żółtawo-szarą na świeżym przełamie, natomiast na zwietrzałych powierzchniach są szare. W obrazie mikroskopowym najczęściej wykształcone są jako bioklastyczne waki węglanowe (*wackestone* [5]). Licznie występują w nich skamieniałości amonitów i belemnitów, rzadziej gąbek krzemionkowych, ramienionogów, ślimaków, małży, krabów oraz tzw. skamieniałości śladowe (Ryc. 7) [6, 11, 14, 35]. Pomiędzy ławicami obserwuje się niekiedy wkładki żółtawych margli. W strefie przejścia do wyżej leżących wapieni ulawiconych z krzemieniami i wapieni skalistych liczniej pojawiają się ziarnity i ziarnity mikrytowe (*packstone-grainstone*) oraz struktury mikrobialne [6, 32], natomiast wyraźnie spada ilość skamieniałości, np. amonitów. Wśród wapieni płytowych występują twardsze, nieulawicone elipsoidalne ciała skalne, tzw. biohermy gąbkowe o rozmiarach do kilku metrów [26, 32, 33]. Biohermy te tworzone są głównie przez płaskie lub kielichowate gąbki krzemionkowe (Ryc. 7C, D), najczęściej w pozycjach przyżyciowych, tworzące waki węglanowe (*wackestone-floatstone*) i biolityty (*boundstone*). Na powierzchniach gąbek obserwuje się naskorupienia mikrobialne. W Krakowie zarówno margle dolnego i części oksfordu środkowego oraz wapienie płytowe oksfordu środkowego znane są z wierceń. Na powierzchni terenu można je obserwować na zachód od Krakowa, np. w rejonie Dubia, Szklar, Kamienia czy Młynki.

Ku górze sekwencji sedymentacyjnej wapienie płytowe przechodzą w wapienie ulawicone z krzemieniami lub w wapienie skaliste (Ryc. 6). Wapienie ulawicone z krzemieniami reprezentują średnio bądź gruboławicowe osady pelityczno-bioklastyczne, ziarnity bioklastyczne oraz biostromy gąbkowo-mikrobialne (Ryc. 5B). Wapienie pelityczno-bioklastyczne stanowią często gruboławico-

we i monotennie wykształcone utwory, najczęściej ubogie w faunę i charakteryzujące się dużą zwięzłością. W obrazach mikroskopowych wykształcone są jako bioklastyczne waki węglanowe (*wackestone*) lub podrzędnie ziarnity mikrytowe (*packstone*), w których powszechnie obserwować można drobne bioklasty, tuberoidy i peloidy (Ryc. 8A). Ziarnity bioklastyczne (*grainstone*) tworzone są przez bardzo liczne bioklasty skorupowe, intraklasty, drobne onkoidy i ooidy, peloidy, szkarłupnie, mszywioly oraz mikrytowe bądź sparytowe tło skalne (Ryc. 8B). Wśród fauny powszechnie obserwować można gąbki wapienne i krzemionkowe oraz nieliczne koralowce. Wśród wapieni ziarnistych obserwować można struktury mikrobialne wiążące osady ziarniste podczas sedymentacji. W obrębie wapieni ulawiconych z krzemieniami obserwuje się także średnio- lub gruboławicowe wapienie charakteryzujące się wyraźną gruzłowatością, utworzone głównie przez gąbki. Są one interpretowane jako biostromy gąbkowo-mikrobialne (Ryc. 8C) [19, 24]. W obrazie mikroskopowym wapienie te wykształcone są jako biolityty (*boundstone*) oraz waki wapienne (*wackestone-floatstone*). Dominują w nich skalcyfikowane gąbki krzemionkowe, na których powszechnie rozwijała się epifauna oraz struktury mikrobialne (Ryc. 8C). Często obserwuje się mszywioly, otwornice bentoniczne (*Nubecularia*, *Bullopore*), serpule i wieloszczety, głównie *Terebella lapilloides*. W Krakowie utwory te można obserwować w licznych kamieniołomach, np. w Podgórzu, Zakrzówku, Pychowicach, Bodzowie czy w rejonie Tyńca (Ryc. 1). W najwyższych partiach profilu utworów górnourajskich okolic Krakowa pojawiają się szare cienkoławicowe margle i wapienie margliste (Ryc. 6) wykształcone głównie jako waki bioklastyczne (*wackestone*), zaliczane do kimerydu dolnego [53]. Ich obecność na powierzchni terenu stwierdzono np. w rejonie Sudołu czy Giebułtowa [53].

Wapienie masywne

Wapienie masywne, zwane też skalistymi pod względem stratygraficznym, rozwijały się głównie w późnym oksfordzie i wczesnym kimerydzie (Ryc. 6). Wapienie skaliste tworzą najbardziej charakterystyczne formy skałkowe w krajobrazie wyżyny, często o charakterze ostańców skalnych oraz wychodni w zboczach dolin (Ryc. 5A). Skałki jurajskie utworzone są ze zwięzłych lub gruzłowatych wapieni, w których nie obserwuje się krzemieni. W przeciwieństwie do facji ulawiconych, na ogół nie ma w nich poziomych powierzchni oddzielności. Wyjątkowo tworzyły one wapienie gruboławicowe, np. w kompleksach



Ryc. 6. Profil litostratigraficzny utworów górnej jury okolic Krakowa wg Matyszkiewicz i in. [34]; zmodyfikowane.

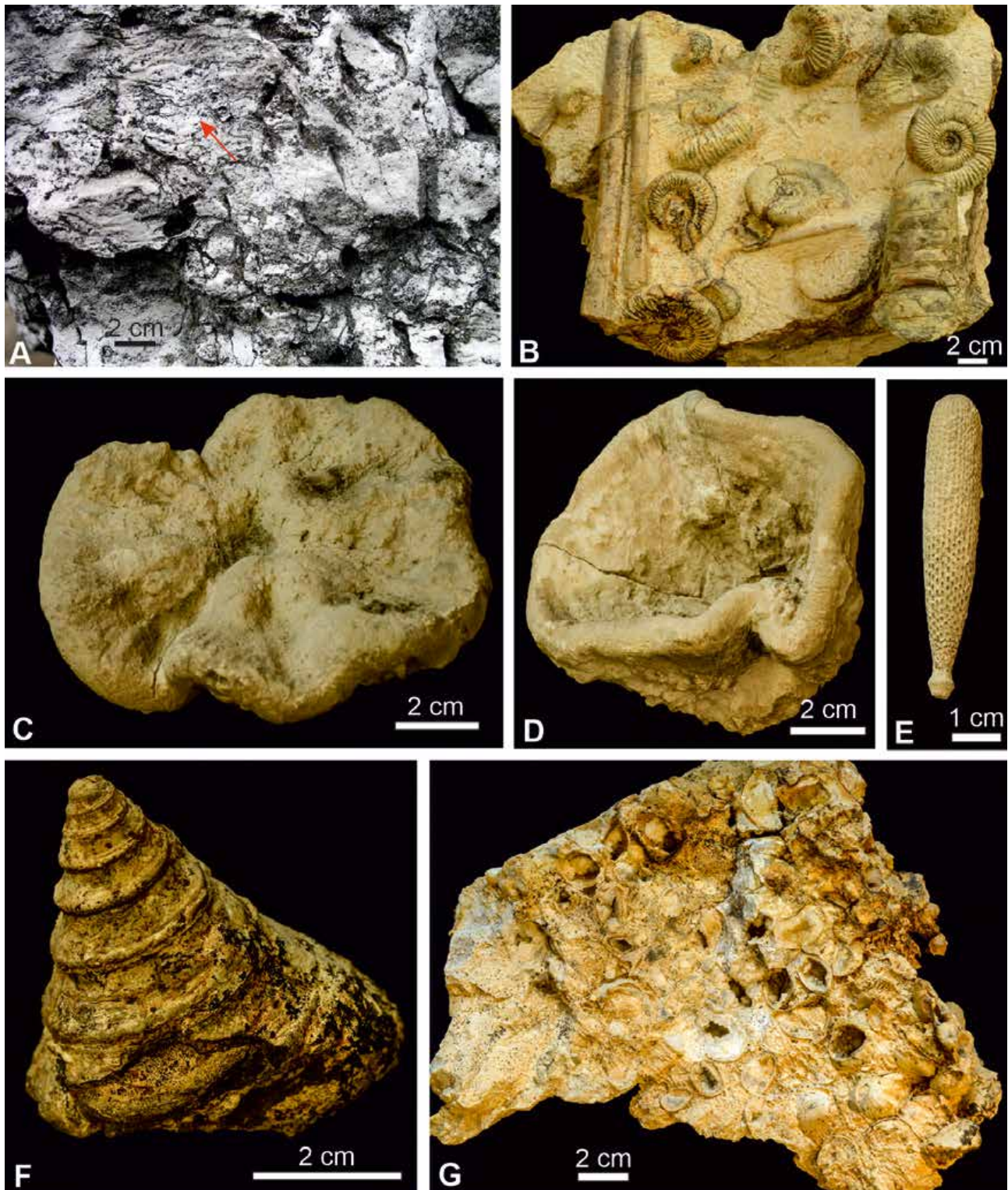
skalnych Bramy Krakowskiej w Dolinie Prądnika lub Dupy Słonia w Dolinie Będkowskiej. Reprezentują one fragmenty tzw. budowli węglanowych tworzących w późnej jurze rozległe kompleksy rafowe, w których wyróżnić można różnego typu rafy gąbkowe, gąbkowo-mikrobialne i mikrobialno-gąbkowe czy mikrobialne, z licznym udziałem tzw. mikroinkrusterów, w tym szczególnie *Crescentiella morronensis* i serpul [17, 24, 26, 28, 32]. Wapienie skaliste przechodzą wertykalnie i lateralnie w uławicone utwory zewnętrznych stoków kompleksów rafowych, tworzone głównie przez wapienie detrytyczne oraz w utwory międzyrafowe, reprezentowane głównie przez opisane powyżej wapienie uławicone z krzemieniami (Ryc. 5C, 6). Tego typu przejścia jednych skał w drugie można obserwować m.in. w odsłonięciu w Piekarach k. Tyńca, Jeziorzanach k. Krakowa czy na skale Brodło w Szklarach. W obrazie mikroskopowym w wapieniach masywnych wyróżnić można szeroką gamę odmian mikrofacjalnych wapieni [17, 24, 26, 28–34]. Do najważniejszych należą biolityty (*boundstone*), w których obserwować można charakterystyczny dla raf tzw. sztywny szkielet, czyli rodzaj konstrukcji tworzonej przez narastające na sobie kolejne generacje organizmów i mikroorganizmów bentonicznych, głównie gąbek, mikroinkrusterów (Ryc. 8D–F) oraz struktur pochodzenia organicznego zwanych mikrobialitami. W tego typu biolitytach powszechne są charakterystyczne dla raf tzw. kawerny wzrostowe i drażnienia [np. 17, 26, 29, 31]. Znacząca część wapieni skalistych tworzona jest również przez ziarnity z licznymi bioklastami, drobnymi onkoidami i ooidami, intraklastami, agregatami ziarnowymi i peloidami, najczęściej wiązany przez struktury mikrobialne (Ryc. 7A) [17, 26, 32]. Ponadto w wapieniach masywnych powszechnie są skamieniałości mszyciołów, szkarłupni, serpul, krabów, ramienio-nogów, otwornic bentonicznych i charakterystycznych mikroinkrusterów *Crescentiella morronensis* [14, 17, 28, 31]. W rejonie Krakowa rafowe wapienie masywne można przede wszystkim obserwować w dolinkach podkrakowskich (Ryc. 5A), np. w dolinach Bolechowickiej, Kobylańskiej, Szklarki, Kłuczwoły, Będkowskiej i Prądnika oraz w okolicach Tyńca i Podgórek Tynieckich [np. 13, 17, 29, 32]. Na obszarze Krakowa ta odmiana wapieni występuje rzadziej niż wapienie uławicone z krzemieniami. Można je m.in. obserwować na obrzeżach zrębów tektonicznych, np. w rejonie Przegorzał, Paniańskich Skał czy u podnóża zamku na Wawelu [Ryc. 1].

Zarys rozwoju sedymentacji utworów jury górnej okolic Krakowa

Późnojurska sedymentacja utworów węglanowych, w tym głównie osadów wapiennych obserwowanych na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej, odbywała się na północnym szelfie mezozoicznego Oceanu Tetydy, stanowiąc współcześnie część rozległego pasa wychodni skał wapiennych ciągnących się od Portugalii poprzez Hiszpanię, Francję i Niemcy w kierunku Polski i Rumuni [26]. Na rozległych obszarach Europy szelf ten miał najczęściej postać łagodnie nachylonej ku południowi platformy węglanowej, na której licznie rozwijały się wspomniane rafy, głównie mikrobialno-gąbkowe. Rafy te są współcześnie obserwowane w rejonie Krakowa w postaci kompleksów skalnych [19, 27, 29, 31]. Początek sekwencji utworów jurajskich na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej związany jest z transgresją morską pod koniec jury środkowej [np. 33]. Utwory margliste dolnego oksfordu reprezentują maksimum transgresji przy niskim tempie sedymentacji, czego efektem jest kondensacja stratygraficzna osadów [20, 33]. W rezultacie miąższości utworów oksfordu dolnego, a także środkowego najczęściej nie przekraczają kilkunastu metrów (Ryc. 6). Zasadniczy rozwój sedymentacji zachodził w oksfordzie późnym i kimerydzie wczesnym w warunkach cyklicznych wahań poziomu morza [17]. W oksfordzie późnym szereg budowli połączyło się ze sobą w rozległe mikrobialno-gąbkowe kompleksy rafowe [26, 31], będące obszarami alimentacyjnymi dla osadów spływów podmorskich. We wczesnym kimerydzie rozwój kompleksów rafowych uległ ograniczeniu na korzyść rozwoju facji wapieni uławiconych (Ryc. 6). Proces ten przy współudziale erozji i spływów podmorskich prowadził do stopniowego wyrównania reliefu dna, a następnie stopniowego przejścia w sedymentację marglistą, odzwierciedlającą tzw. zatopienie platformy węglanowej (Ryc. 6) [19, 26, 27]. W rejonie Krakowa głównie rozwijały się rafy mikrobialnogąbkowe charakteryzujące się wyraźnym, choć generalnie niewielkim reliefem na dnie zbiornika morskiego [26]. Występują tu liczne odmiany tych budowli, od niewielkich tzw. inicjalnych bioherm gąbkowych do rozległych mikrobialno-gąbkowych i mikrobialnych kompleksów rafowych [17, 26, 27, 32]. Znacząca część raf tworzona była zasadniczo przez osady detrytyczne z licznymi bioklastami, peloidami, onkoidami, ooidami oraz intraklastami, które wiązane były przez struktury mikrobialne [17, 31, 32]. Według współczesnych badań, środowisko sedymentacji raf na Wyżynie Krakowsko-Często-

chowskiej najczęściej wiązane jest z głębokościami do kilkudziesięciu metrów, pomiędzy tzw. sztormową i normalną podstawą fałowania, a w niektórych interwałach ich rozwój zachodził w zasięgu normalnej podstawy fałowania [np. 17, 26, 28, 31].

Jednym z kluczowych problemów współczesnych badań jest geneza rozmieszczenia kompleksów budowli węglanowych. W przypadku Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, inicjacja intensywnego rozwoju budowli związana była z obecnością elewacji



Ryc. 7. Przykłady najbardziej typowych struktur i organizmów obserwowanych w utworach górnej jury okolic Krakowa. A – Struktury mikrobialne typu stromatolitu aglutynującego; wapień masywny. B – Nagromadzenie amonitów *Perisphinctes* sp. i belemnitów w wapieniu płytowym. C–D – Skalcyfikowane mumie krzemionkowych gąbek *Cnemidiasium* sp. i *Platychonia* sp.; wapień marglisty. E – kolec jeżowca. F – Muszla ślimaka. G – Fragment wypełnienia dajki neptunicznej ze zlepek muszlowym ramienionogów *Lacunosella* sp.; wapień masywny. Zdjęcia B-G Piotr Olejniczak; zbiory Muzeum Geologicznego Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie.

na dnie zbiornika [26, 31]. Powstanie tych elewacji miało związek z budową paleozoicznego podłoża, zwłaszcza z obecnością intruzji przebijających paleozoiczne skały osadowe [31–33]. Innym ważnym czynnikiem kształtującym zróżnicowanie litologiczne na wyżynie była ekstensywna tektonika synsedymenacyjna [25, 26, 34]. Przejawem synsedymenacyjnej tektoniki są powszechnie występujące utwory reprezentujące osady spływów podmorskich, których inicjacja mogła zachodzić wskutek ruchów tektonicznych [25, 26, 33]. Morfologiczne wyniesienie kompleksów rafowych, w połączeniu z okresową aktywnością tektoniczną przebiegającej w pobliżu strefy uskoku Kraków-Lubliniec, była przyczyną przemieszczania przez spływy grawitacyjne partii osadu w niżej położone części basenu morskiego, w których dominują wapienie uławicone. Utwory spływów grawitacyjnych można obserwować w licznych odsłonięciach i kamieniołomach w rejonie Krakowa (Ryc. 1), np. w rejonach Ujazdu, Tomaszowic, Bolechowic, Zabierzowa, Młynki, Pychowic, Sudołu czy Tyńca. Na ekstensyjne jurajskie ruchy tektoniczne wskazują również spektakularne przykłady tzw. dajek neptunicznych, które reprezentowały rozwarne na dnie zbiornika szczeliny, zasiedlane przez ramienionogi, a następnie wypełnione w krótkim czasie ich muszlami lub osadami detrytycznymi [Ryc. 7G] [34]. Ich rozwój wiązany jest z późnojurajską aktywnością tektoniczną wzdłuż strefy Kraków-Lubliniec. Wzdłuż szczelin przepływały roztwory hydrotermalne modyfikujące warunki środowiskowe na dnie morza jurajskiego. Przykłady dajek neptunicznych w rejonie Krakowa są znane z kilku stanowisk, np. z Młynki, Doliny Klucz wody, Czajowic czy Grodziska k. Ojcowa [34].

Wybrane zjawiska diagenety obserwowane w wapieniach górnourajskich

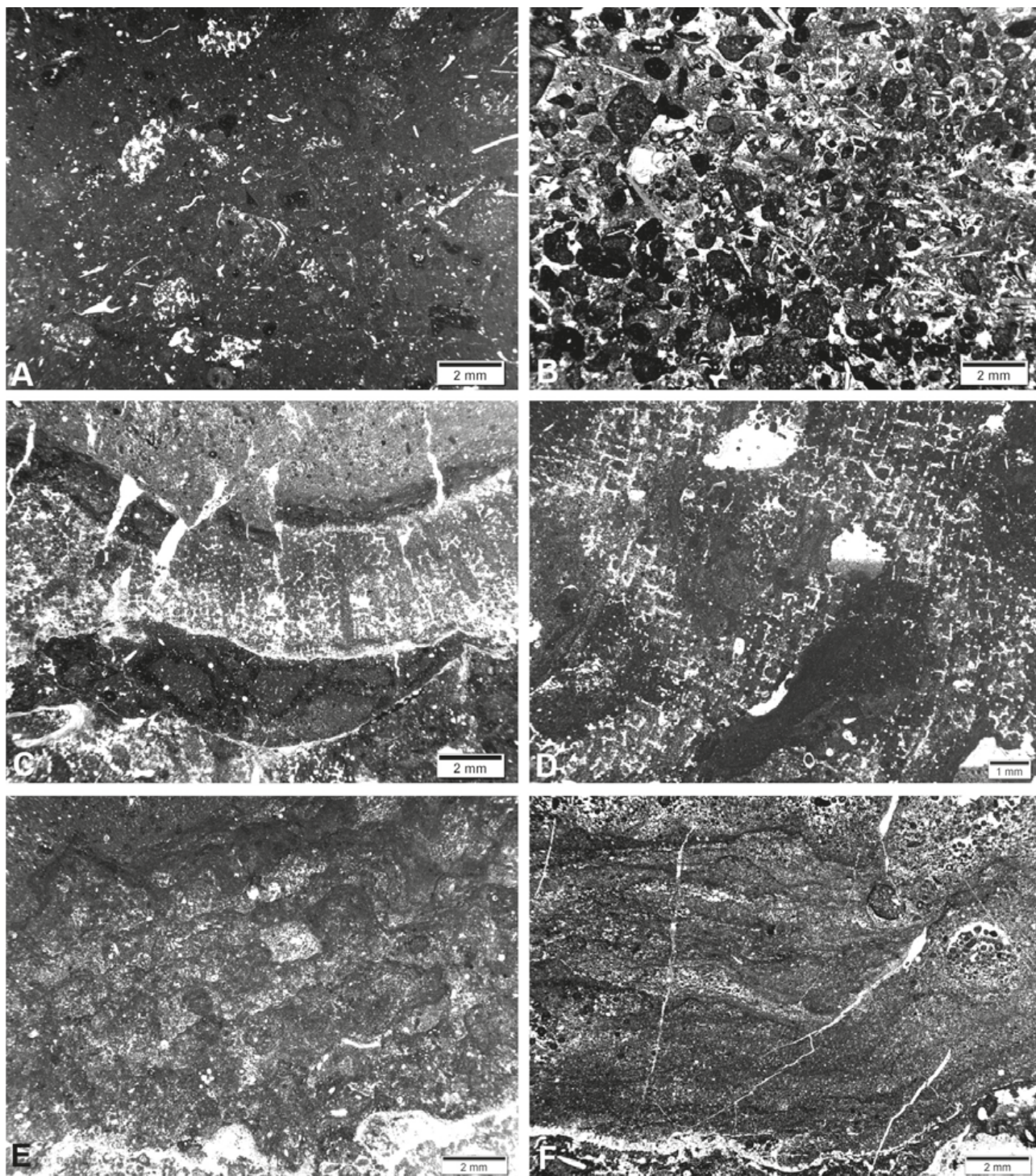
Istotnymi zjawiskami geologicznymi obserwowanymi powszechnie w okolicy Krakowa są przejawy diagenety w wapieniach jurajskich. Do najważniejszych z nich należą procesy dolomityzacji i sylikfikacji, które w istotny sposób wpływają na twardość wapieni i ich wytrzymałość na procesy wietrzenia. W najwyższych partiach sekwencji jury krakowskiej część wapieni uległa częściowej lub całkowitej dolomityzacji i dedolomityzacji (Ryc. 6) [19, 21, 49]. Problematyka dolomityzacji wapieni podkrakowskich, choć kilkakrotnie poruszana w literaturze, nadal budzi wiele wątpliwości i nie jest ostatecznie wyjaśniona [19]. Przejawy dolomityzacji można obserwować w formie pojedynczych kryształów dolo-

mitu lub w postaci soczewek dolomitów i wapieni dolomitowych tkwiących w wapieniach uławiconych (Ryc. 6) [19, 24]. Skały dolomitowe charakteryzują się brunatną lub żółtawą barwą, cukrowatym (nierównym) przełamem, wysoką porowatością, słabszą zwięzłością w stosunku do otaczających je wapieni oraz pozostałością reliktyw wapieni [19, 21, 49]. Powierzchnia skały zawiera liczne plamiste i nieregularne skupienia żółtych lub brunatnych dolomitów, wyróżniających się na jaśniejszym, wapiennym tle. Tego typu struktury są efektem selektywnego procesu dolomityzacji, omijającego elementy szkieletowe i obejmującego głównie tło skały. W obrazie mikroskopowym wapień zdolomityzowany wykształcony jest jako waka dolomitowa lub ziarnit (*dolowackestone-dolograinstone*), a w przypadku kompletnej dolomityzacji jako sparyt dolomitowy (*dolosparstone*). Proces dolomityzacji w wapieniach jurajskich okolic Krakowa wiązany jest z wczesnym etapem diagenety [19, 21, 47]. Możliwym źródłem jonów Mg^{2+} mogła być zróżnicowana podatność różnych typów wapieni na procesy kompaktacji, przez co wody dolomityzujące przepływały między wapieniami uławiconymi i masywnymi, w efekcie prowadząc do dolomityzacji niektórych typów wapieni [19]. Obecnie przejawy dolomityzacji wapieni obserwuje się w uławiconych wapieniach górnourajskich w rejonie Zakrzówka, Tyńca, Bodzowa, Pychowic, Krzemionek i Podgórze (Ryc. 1) [19, 24, 49].

Innym charakterystycznym zjawiskiem obserwowanym w utworach jury jest sylikfikacja (Ryc. 1) [11, 16, 23, 30]. Wyróżnia się dwa rodzaje sylikfikacji, wykazujące różne cechy petrograficzne [16, 23]. Pierwszy rodzaj związany jest z procesami wczesnej diagenety osadu, czego efektem są buły i płaskury krzemionkowe, charakterystyczne dla wapieni uławiconych z krzemieniami (Ryc. 5C) [np. 11, 16, 23, 30]. Drugi rodzaj sylikfikacji ograniczony jest do najwyższej części utworów jurajskich i stanowi efekt wtórnej, znacznie późniejszej, epigenetycznej sylikfikacji [16, 23]. Sylikfikacja ta przejawia się występowaniem stref skrzemionkowanych wapieni oraz brunatno-szarych naskorupień krzemionki. Są one rozwinięte w postaci koncentrycznych, ciemnoszarych obwódek na krzemieniach lub nieregularnych gniazd i żył przecinających wapienie [16]. Często obserwuje się skorupy epigenetycznej krzemionki na powierzchniach spękań ciosowych lub kredowych powierzchni abrazyjnych w stropowych częściach wapieni. Występowanie epigenetycznych utworów krzemionkowych w skałach górnourajskich ogranicza się do kilkunastu metrów profilu poniżej spągu utworów kredy, a w odsłonięciach, gdzie utwory kredy zostały

erozyjnie usunięte, do ich przystropowej części [16, 23]. Od wczesnodiagenetycznych buł i płaskur krzemieni, epigenetyczne utwory krzemionkowe różnią się porowatością oraz zawartością licznych enklaw niezsylifikowanych wapieni. Jednym z najciekaw-

szych rejonów występowania zjawisk epigenetycznej sylifikacji jest zrąb Zakrzówka, zwłaszcza rejon Skał Twardowskiego i Księżej Góry (Ryc. 1). Szczegółowe badania wskazują, że opisane ciała krzemionkowe są prawdopodobnie efektem mineralizacji hydrotermal-



Ryc. 8. Przykłady odmian mikrofacjalnych typowych dla utworów górnej jury okolic Krakowa. A – Waka węglanowa (wackestone); w mikrytowym tle skalnym widoczne liczne bioklasty i tuberoidy; wapień ulawiczny. B – Ziarnit węglanowy (packstone-grainstone) z licznymi intraklastami, bioklastami, mikroinkrusterami, onkoidami i peloidami; wapień ulawiczny. C – Biolityt gąbkowo-mikrobiałny (boundstone-floatstone) z szkieletami skalcyfikowanych gąbek krzemionkowych z oskorupieniami mikrobiałnymi; biostroma w wapieniach ulawionych. D – Biolityt mikrobiałno-gąbkowy (boundstone) z widoczną strukturą wewnętrzną gąbki krzemionkowej; wapień masywny. E – Biolityt mikrobiałny (boundstone) wykształcony w formie struktury trombolitowej; wapień masywny. F – Biolityt mikrobiałny (boundstone) wykształcony w formie struktury stromatolitowej z drążeniem; w górnej części zdjęcia ziarnit (grainstone) peloidowy; wapień masywny.

nej z wód wykorzystujących jako drogi przepływu spękania [16]. Otwartą do wyjaśnienia jest kwestia wieku epigenetycznych utworów krzemionkowych. Powiązanie epigenetycznego skrzemionkowania ze strefami dyslokacji tektonicznych w lokalnym reżimie ekstensyjnym najprawdopodobniej zachodziło podczas głównej fazy kenozoicznego stadium uskokowania utworów jury górnej [16, 30].

Podsumowanie

W powierzchniowej budowie geologicznej Krakowa i okolic dominują skały górnourajskie zaliczane do różnych odmian litologicznych wapieni. Do najważniejszych typów należą tzw. wapienie masywne, reprezentujące różnego typu rafy, głównie mikrobialno-gąbkowe. Podczas późnej jury tworzyły one na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej rozległe kompleksy rafowe, do których współcześnie nawiązują główne jednostki geograficzne Wyżyny. Drugą najważniejszą odmianę stanowią wapienie uławiczone z krzemieniami, deponowane w nieckach między kompleksami wapieni masywnych. Są one budowane przez utwory pelityczne, detrytyczne, bądź reprezentują biostromy gąbkowo-mikrobialne. W wapieniach jury górnej obserwować można liczne przejawy diagenetyzacji wapieni, wśród których najbardziej spektakularne są zjawiska sylikfikacji oraz dolomityzacji.

Przestrzenne zróżnicowanie litologiczne utworów jurajskich zostało silnie zaburzone na skutek oddzia-

ływania tektoniki miocenowej. W efekcie, w poszczególnych stanowiskach obserwować można skały jury górnej należące do różnych horyzontów stratygraficznych i zróżnicowane litologicznie. Prawdopodobna charakterystyka i interpretacja stanowisk geologicznych, zarówno w badaniach naukowych bądź pracach geoinżynierskich, jak i w opracowaniach edukacyjno-informacyjnych powinny opierać się na szczegółowej analizie sedymentologicznej ze szczególnym uwzględnieniem tektoniki, istotnie zaburzającej przestrzenny obraz zmienności litologicznej skał jurajskich. Morfologia zrębnych wzgórz oraz dolinek podkrakowskich obejmujących kompleksy skał jurajskich ma charakter poligenetyczny i jest efektem łącznego oddziaływania szeregu czynników geologicznych takich m.in. jak: zróżnicowanie litologiczne wapieni, tektonika, procesy krasowe, erozja rzeczna oraz współczesne ruchy masowe.

Podziękowania

Autorzy dziękują Panu Piotrowi Olejniczakowi za wykonanie części fotografii okazów geologicznych ze zbiorów Muzeum Geologicznego Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie oraz recenzentowi Michałowi Gradzińskiemu za cenne uwagi do artykułu. Praca została wykonana w ramach subwencji badawczej AGH nr 16.16.140.315.

Bibliografia

1. Alexandrowicz S.W. (1960) Budowa geologiczna okolic Tyńca. *Biuletyn Instytutu Geologicznego* 152:5-93.
2. Alexandrowicz S.W., Aleksandrowicz Z. (2004) Ewolucja rzeźby i środowiska Płaskowyżu Ojcowskiego w Partyka, J., eds., *Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej: Ojcowski Park Narodowy Special Publication*, v.1, p. 47-54.
3. Buła Z., Habryn R., Krieger W., Kurek S., Maćkowiak M., Woźniak P. (2002) Atlas geologiczny paleozoiku bez permu w strefie kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. 1:200000. *PIG*.
4. Bromley R.G., Kędzierski M., Kołodziej B., Uchman A. (2009) Large chambered sponge borings on a Late Cretaceous abrasion platform at Cracow, Poland. *Cretaceous Research* 30:149-160.
5. Dunham R.J. (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture, W Ham E.E. ed. *Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir* 1:108-121.
6. Dżułyński S. (1952) Powstanie wapieni skalistych jury krakowskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 21:125-180.
7. Dżułyński S. (1953) Tektonika południowej części Wyżyny Krakowskiej. *Acta Geologica Polonica* 3:325-440.
8. Felisiak I. (1992) Oligocene-early Miocene karst deposits and their importance for recognition of the development of tectonics and relief in the Carpathian Foreland, Kraków region, Southern Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 62:173-207.
9. Głowniak E., Wierzbowski A. (2007) Taxonomical revision of the perisphinctid ammonites of the Upper Jurassic (Plicatilis to Planula zones) described by Józef Siemiradzki (1891) from the Kraków Upland. *Volumina Jurassica* 5: 28-137.

10. Gradziński R. (1962) Rozwój podziemnych form krasowych w południowej części Wyżyny Krakowskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 31:429-492.
 11. Gradziński R. (1972) Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa. Wydawnictwa Geologiczne, 355 pp.; Warszawa.
 12. Gradziński R. (1993) Mapa geologiczna obszaru krakowskiego. Instytut Nauk Geologicznych PAN.
 13. Gradziński M., Gradziński R., Jach R. (2008) Geologia, rzeźba i zjawiska krasowe okolic Ojcowa. Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego, Przyroda red., Klasa A., Partyka J. Ojców str. 31-95.
 14. Hoffmann M., Uchman A. (1992) Skamieniałości śladowe w oksfordzkich wapieniach płytowych okolic Krakowa. *Przegląd Geologiczny* 40:651-655.
 15. Holcer Z., Krajewski M. (2001) Wykorzystanie górnajurajskich wapieni biohermalnych jako materiału zdobniczego w XVII-wiecznym budownictwie sakralnym. *Zeszyty Naukowe AGH Geologia* 27:207-216.
 16. Kochman A., Kozłowski A., Matyszkiewicz J. (2020) Epigenetic siliceous rocks from the southern part of the Kraków-Częstochowa Upland (Southern Poland) and their relation to Upper Jurassic early diagenetic chert concretions. *Sedimentary Geology* 401, 105636.
 17. Krajewski M., Olchowy P., Rudziński D. (2018) Sedimentary successions in the Middle–Upper Oxfordian reef deposits from the southern part of the Kraków–Częstochowa Upland (Southern Poland). *Geological Quarterly* 62:653-668.
 18. Krajewski M., Matyszkiewicz J., Sokołowski T., Świąder J. (2019) Mapa geologiczna zrębu Podgórze (niepublikowana; Archiwum WGGiOŚ AGH).
 19. Krajewski M., Olchowy P. (2021) Upper Jurassic bedded limestones and early diagenetic dolomitized limestones in the light of mineralogical, geochemical and sedimentological studies; Kraków area, Poland. *Minerals* 11, 462.
 20. Krokowski J. (1984) Mezoskopowe studia strukturalne w osadach permsko-mezozoicznych południowo-wschodniej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 54:79-121.
 21. Łaptaś A. (1974) The dolomites in the Upper Jurassic limestones in the area of Cracow (Southern Poland). *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 34:247-273.
 22. Matyja B.A., Tarkowski R. (1981) Lower and Middle Oxfordian ammonite biostratigraphy at Zalas in the Cracow Upland. *Acta Geologica Polonica* 31:1-14.
 23. Matyszkiewicz J. (1987) Epigenetic silification of the Upper Oxfordian limestones in the vicinity of Kraków. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 57:59-87.
 24. Matyszkiewicz J. (1989) Sedimentation and diagenesis of the Upper Oxfordian cyanobacterial-sponge limestones in Piekary near Kraków. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 59:201-232.
 25. Matyszkiewicz J. (1996) The significance of *Saccocoma*-calciturbidites for the analysis of the Polish Epicontinental Late Jurassic Basin: an example from the Southern Cracow-Wieluń Upland (Poland). *Facies* 34:23-40.
 26. Matyszkiewicz J. (1997) Microfacies, sedimentation and some aspects of diagenesis of Upper Jurassic sediments from the elevated part of the Northern peri-Tethyan Shelf: a comparative study on the Lochen area (Schwäbische Alb) and the Cracow area (Cracow-Wielun Upland, Polen). *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen E* 21:1-111.
 27. Matyszkiewicz J. (2001) Rola obszaru krakowskiego w sedymentacji osadów górnej jury Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. *Przegląd Geologiczny* 49:724-727.
 28. Matyszkiewicz J., Felisiak I. (1992) Microfacies and diagenesis of an Upper Oxfordian carbonate buildup in Mydlniki (Cracow area, Southern Poland). *Facies* 27:179-190.
 29. Matyszkiewicz J., Krajewski M. (1996) Lithology and sedimentation of Upper Jurassic massive limestones near Bolechowice, Kraków-Wieluń Upland, South Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 66:285-301.
 30. Matyszkiewicz J., Kochman A. (2020) The provenance of siliceous rocks from the Kraków-Częstochowa Upland (Poland) used as raw-materials in the manufacture of siliceous artefacts from Central-Eastern Europe; An old problem in new light. *Journal of Archaeological Science: Reports* 34, 102600
 31. Matyszkiewicz J., Krajewski M., Kędzierski J. (2006) Origin and evolution of an Upper Jurassic complex of carbonate buildups from Zegarowe Rocks (Kraków-Wieluń Upland, Poland). *Facies* 52:249-263.
 32. Matyszkiewicz J., Kochman A., Duś A. (2012) Influence of local sedimentary conditions on development of microbialites in the Oxfordian carbonate buildups from the southern part of the Kraków-Częstochowa Upland (south Poland). *Sedimentary Geology* 263-264:109-132.
-

33. Matyszkiewicz J., Felisiak I., Hoffmann M., Kochman A., Kołodziej B., Krajewski M., Olchowy P. (2015) Transgressive Callovian succession and Oxfordian microbial-sponge carbonate buildups in the Kraków Upland. In: Guide book for Field Trips Accompanying 31st IAS Meeting of Sedimentology Held in Kraków on 22nd–25th of June (ed. G. Haczewski): 51–74. Polskie Towarzystwo Geologiczne.
34. Matyszkiewicz J., Krajewski M., Kochman A., Kozłowski A., Duliński M. (2016) Oxfordian neptunian dykes with brachiopods from the southern part of the Kraków-Częstochowa Upland (southern Poland) and their links to hydrothermal vents. *Facies* 62:12.
35. Müller P., Krobicki M., Wehner G. (2000) Jurassic and Cretaceous primitive crabs of the family Prosopidae (Decapoda: Brachyura) - Their taxonomy, ecology and biogeography. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 70:49–79.
36. Quenstedt F.A. (1858) *Der Jura*. 842 pp Laup, Tübingen
37. Pawelec H. (2011) Periglacial evolution of slopes – Rock control versus climate factors (Cracow Upland, S. Poland). *Geomorphology* 132:139–152.
38. Piskorski S. (1691) *Flores Vitae B. Salomeae Virginis...*, Auctore M. Sebastiano Piskorski, A.D.M.DC. XCI Cracoviae, Typis Universitatis 225 pp.
39. Pusch J.B. (1836) *Geognostische Beschreibung von Polen, so wie der übrigen Nordkarpathenländern*. Bd. 1–2. 340 pp. Stuttgart.
40. Rajchel J. (2005) *Kamienny Kraków. Spojrzenie geologa*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
41. Roemer F. (1870) *Geologie von Oberschlesien*. Wrocław 120 pp.
42. Różycki S.Z. (1953) Górny dogger i dolny malm Jury Krakowsko-Częstochowskiej. *Prace Instytutu Geologicznego* 17:1–412.
43. Rutkowski J. (1989) Budowa geologiczna regionu Krakowa. *Przegląd Geologiczny* 6:302–308.
44. Rutkowski J. (1993) *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50000* Arkusz Kraków (973). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa: 5–46.
45. Siemiradzki J. (1893) Der obere Jura in Polen und seine Fauna. *Zeitschrift für Deutsche Geologisches Gesellschaft* 45:103–144.
46. Staszic S. (1815) *O ziemioródtwie Karpatów i innych gór i równin Polski*. Drukarnia Rządowa, Warszawa.
47. Trammer J. (1985) Biohermy gąbkowe warstw jasnogórskich (oksford Jury Polskiej). *Przegląd Geologiczny* 2:78–81.
48. Trammer J. (1989) Middle to Upper Oxfordian sponges of the Polish Jura. *Acta Geologica Polonica* 39:49–91.
49. Vierek A. (2003) Upper Jurassic limestone metasomatic processes in the Kraków area. *Przegląd Geologiczny* 51:507–516.
50. Woźniak T., Bania G., Mościcki W.J., Ćwilik, M. (2018) Electrical resistivity tomography (ERT) and sedimentological analysis applied to investigation of Upper Jurassic limestones from the Krzeszowice Graben (Kraków Upland, southern Poland). *Geological Quarterly* 62: 287–302.
51. Zaręczny S. (1894) *Mapa geologiczna okolic Krakowa i Chrzanowa*. Kraków, 280 pp.
52. Zejszner L. (1864) Die Entwicklung der Jura – formation in westlichen Polen. *Zeitschrift für Deutsche Geologisches Gesellschaft* 16: 573–580.
53. Ziółkowski P. (2007) Stratygrafia i zróżnicowanie facjalne górnej jury wschodniej części Wyżyny Krakowskiej. *Tomy Jurajskie* 4:25–38.
54. Żelaźniewicz A., Aleksandrowski, P., Buła Z., Karnkowski P.H., Konon A., Oszczytko N., Ślęczka A., Żaba J., Żytka K. (2011) *Regionalizacja tektoniczna Polski*. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.

ZJAWISKA KRASOWE KRAKOWA

Karst phenomena in the city of Kraków

Michał Gradziński, Andrzej Górny, Jakub Wcisło (Kraków)

Streszczenie

Zjawiska krasowe powszechnie występują na terenie Krakowa. Wymienić należy 59 jaskiń, formy powierzchniowej rzeźby krasowej, formy kopalnego krasu i źródła krasowe. Zjawiska te są rozwinięte w wapieniach jury górnej, które tworzą zręby na obszarze miasta. Najdłuższą jest Jaskinia Twardowskiego-Niska mierząca 610 m. Natomiast najbardziej znaną jest Smocza Jama, która była wzmiankowana już w średniowiecznych kronikach. Wynikało to z położenia jaskini w centrum miasta, u stóp wzgórza z Zamkiem Wawelskim. Większość znanych jaskiń to formy reliktowe. Smocza Jama została uformowana przez przepływ ascenzyjnych, ciepłych wód. Część jaskiń była zapewne w przeszłości zalewana wodami Wisły, na co wskazują żwiry i piaski znajdowane w ich wnętrzu.

Abstract

Karst phenomena commonly occur in the city of Kraków. They are represented by 59 caves, forms of surface relief, palaeokarst forms and karst springs. They are formed in the Upper Jurassic limestones which built horsts within the city area. Twardowskiego-Niska Cave with the length of 610 m is the longest one in the city. The most known cave is Smocza Jama which is mentioned even in medieval chronicles. This results from its location in the city centre at the foot of the hill crowned by the Royal Wawel Castle. Most of the caves are of relict type. Smocza Jama originated as a result of ascending flow of water of elevated temperature. The former Vistula river may have flown through some caves, which is suggested by internal gravel and sand deposits.

Wstęp

Kraków jest jedynym dużym miastem w Polsce, na którego terenie znajdują się stosunkowo liczne zjawiska krasowe – formy krasu kopalnego, jaskinie – w liczbie 59 (Tab. 1), powierzchniowe formy rzeźby krasowej i źródła krasowe (Ryc. 1). Jest to związane z budową geologiczną podłoża miasta, gdzie występują skały węglanowe jury górnej i historią geologiczną sprzyjającą wieloetapowemu rozwojowi zjawisk krasowych.

Przegląd jaskiń i innych zjawisk krasowych

Formy krasowe na terenie Krakowa są rozwinięte w wapieniach jury górnej, stąd też ich przestrzenne rozmieszczenie nawiązujące do wychodni tych skał, które skoncentrowane są głównie wzdłuż zachodniego odcinka doliny Wisły, na obu brzegach rzeki. Wychodnie wapieni występują także w północnej i pół-

nocno-zachodnich rejonach miasta, a jako izolowane, punktowe odkrywki, także w jego południowej części. Z geologicznego punktu widzenia wapienie jury górnej budują zręby obrzeżone uskokami i wyniesione ponad rowy tektoniczne z drobnoklastycznymi osadami miocenu [23, 24].

Zrąb Wawelu

Przegląd zjawisk krasowych Krakowa należy rozpocząć od Wawelu. Wzgórze Wawelskie jest niewielkim, izolowanym zrębem zbudowanym z wapieni jury górnej, których naturalne wychodnie w formie skałek można oglądać na jego zachodniej krawędzi, wzdłuż bulwarów wiślanych. Izolowane wystąpienia wapieni są widoczne także u podnóży wschodnich murów Wawelu. Zrąb Wawelu jest otoczony osadami miocenu nie odsłaniającymi się na powierzchni terenu. We Wzgórzu Wawelskim znana jest tylko jedna jaskinia, **Smocza Jama**, licząca 276 m długości i 12 m deniwelacji (Ryc. 2) [44]. Jest to bez wątpienia jedna

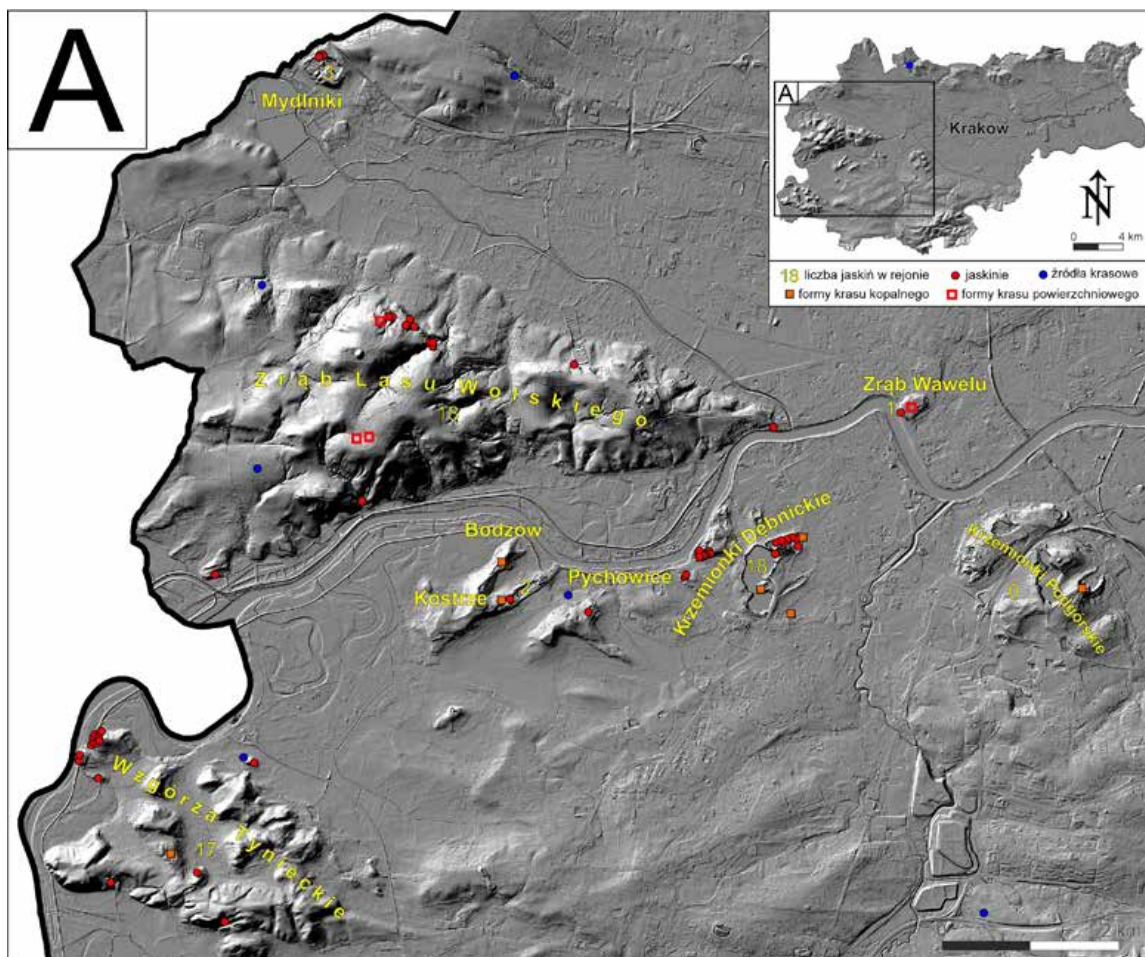
Tabela 1. Jaskinie Krakowa o długości ponad 20 m.

Nazwa	Długość
Jaskinia Twardowskiego-Niska	610 m
Smocza Jama	276 m
Jaskinia w Szpitalce	ok. 200 m*
Jaskinia z Kulkami	ok. 200 m**
Jaskinia Pychowicka	122 m
Jaskinia Jasna	82 m
Jaskinia Mydlnicka	75 m***
Jaskinia pod Grabem	50 m
Jaskinia Zwierzyniecka	50 m
Jaskinia w Lesie Wolskim	30 m
Jaskinia Musza	25 m
Jaskinia Wywiew	24 m
Jaskinia Koguta	23 m

* jaskinia niepomierzona, długość szacunkowa

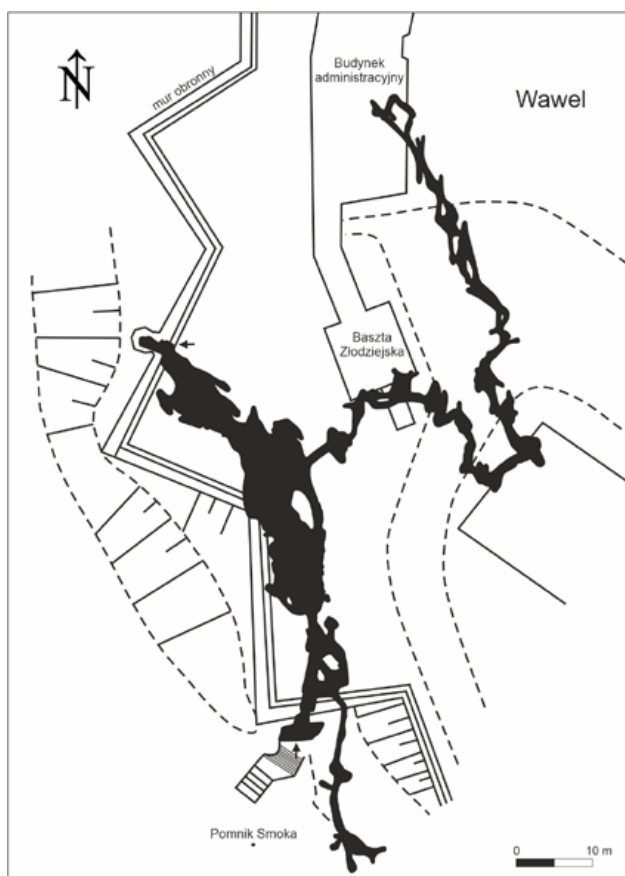
** pomierzone jedynie 100 m, dodano ciągi niepomierzone o szacunkowej długości 100 m

*** jaskinia obecnie niedostępna, otwór zasypany hałdą kamieniołomu



Ryc. 1. Rozmieszczenie zjawisk krasowych Krakowa na cyfrowym modelu terenu [położenie otworów jaskiń wg 14, 16, 44, 47 i niepublikowanych materiałów autorów, położenie źródeł wg 7].

z najbardziej znanych jaskiń w Polsce, głównie z powodu swojego położenia, a także powszechnie znanej legendy o smoku wawelskim [9]. Jaskinia składa się z tak zwanych starych i nowych partii. Stare partie są dostępne dla ruchu turystycznego. Trasa zaczyna się wewnątrz Zamku Królewskiego, w pobliżu Baszty Złodziejskiej i sprowadza w dół stromą klatką schodową liczącą 135 stopni do poziomych i stosunkowo przestronnych partii jaskini. Następnie poprzez trzy sale wiedzie do otworu wyjściowego (Ryc. 3), wyprowadzającego na bulwary wiślane w pobliżu umiejscowionej tam rzeźby smoka wawelskiego.



Ryc. 2. Zarys korytarzy Smoczej Jamy na tle zabudowań Wawelu, strzałki oznaczają otwory jaskini [wg 44].

Od starych partii, poprzez wykuty w 1974 r. krótki tunel, można przedostać się do nowych partii. Składają się one z niewielkich salek rozdzielonych wąskimi przegrodami skalnymi; komunikacja między poszczególnymi salkami jest możliwa poprzez ciasne otwory w tych przegrodach [43]. W dnie niektórych salek znajdują się ciasne szczeliny, których najniższe części są wypełnione stojącą wodą. Istniejące tam jeziora mają do kilku metrów głębokości.

Poza Smoczą Jamą zjawiska krasowe w obrębie zrębu Wawelu reprezentowane są przez niewielkie leje uformowane w szczytowej części wzgórza w wapieniach jury górnej i odsłonięte podczas badań wy-

kopaliskowych prowadzonych w połowie zeszłego wieku [41]. Można je zobaczyć zwiedzając wystawę „Wawel zaginiony”.



Ryc. 3. Dolny otwór Smoczej Jamy. Fot. M. Gradziński.

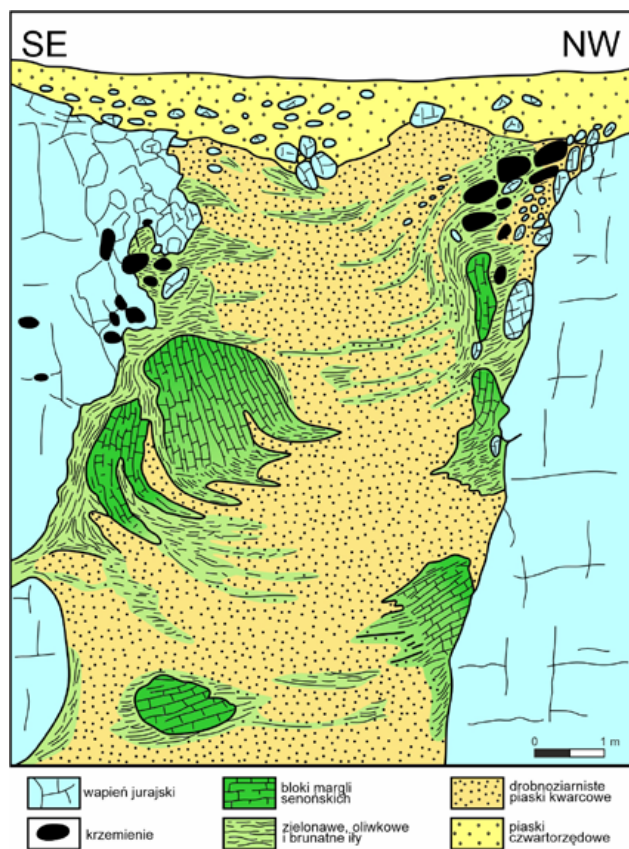
Krzemionki Podgórskie

Mianem Krzemionek Podgórskich są tutaj nazywane wszystkie wzniesienia wapienne usytuowane na południowym brzegu Wisły, w dzielnicy Podgórze, i mieszczące się pomiędzy ulicami Kalwaryjską, Limanowskiego, Wielicką i Kamińskiego. Na terenie tym znajdują się liczne wyrobiska nieczynnych kamieniołomów. Obecnie nie są tam znane żadne dostępne jaskinie. Natomiast w kamieniołomach stwierdzono liczne interesujące formy krasu kopalnego. Najlepiej zostały rozpoznane studnie w nieczynnym kamieniołomie w Płaszowie. Są to pionowe formy o szerokości kilku metrów głębokości, do 30 m, wypełnione rumoszem wapiennym, krzemieniami, a głównie piaskami i w różnym stopniu zwietrzałymi, redeponowanymi marglami kredowymi (Ryc. 4) [22]. Studnie te powstały i zostały wypełnione przed transgresją morza miocenu. Swego rodzaju ciekawostką jest, że podczas budowy kościoła przy Rynku Podgórskim, w końcu XIX w. odkryto i zniszczono próżnię [3]. Jeśli obiekt ten był naturalnego pochodzenia, byłaby to jedyna jaskinia odnotowana na obszarze Krzemionek Podgórskich.

Krzemionki Dębnickie

Obszar ten obejmuje wzgórze na południowym brzegu Wisły, pomiędzy ulicami Norymberską, św. Jacka, Salezjańską i Tyniecką. W jego skład wchodzi Zakrzówek z dużymi nieczynnymi kamieniołomami, Skałki Twardowskiego i Księża Góra.

Na tym obszarze znajduje się najliczniejsze skupisko jaskiń na terenie Krakowa (18 obiektów), a wśród nich również najdłuższa znana krakowska jaskinia – **Jaskinia Twardowskiego-Niska** (Ryc. 5). Udokumentowana dzisiaj próżnia o długości 610 m jest



Ryc. 4. Przekrój kopalnej studni krasowej z kamieniołomu w Płaszowie [wg 22, zmodyfikowany].

efektem połączenia w 2015 r. znanej od dawna Jaskini Twardowskiego z usytuowaną w pobliżu Jaskinią Niską [15]. Poza główną salą Jaskini Twardowskiego, mającą 30 m długości (Ryc. 6), jaskinię tworzą nieobszerne, a miejscami bardzo ciasne korytarze i niewielkie salki położone na kilku poziomach (Ryc. 7). W większości są rozwinięte wzdłuż powierzchni międzyławicowych.

W sąsiedztwie jest usytuowana również **Jaskinia z Kulkami** (długość 100 m + ok. 100 m partii niepomierzonych). Otwory tych jaskiń, a także dwie mniejsze jaskinie są usytuowane w niewielkich ściankach skalnych po południowej stronie grzbietu Skał Twardowskiego, w pobliżu muru jednostki wojskowej (Ryc. 8). Natomiast na północnym stoku wspomnianego grzbietu, od strony doliny Wisły, znajdują się **Jaskinia Jasna** (długość 82 m), położona za przestronnym, sztucznie poszerzonym otworem widocznym z ul. Tynieckiej i **Jaskinia Wywiew** (długość 22 m). Otwory obu znajdują się w nieczynnych wyrobiskach kamieniołomów.

W położonym nieopodal (u zbiegu ulic Tynieckiej i Norymberskiej) nieczynnym kamieniołomie na Księżej Górze znajduje się **Jaskinia Pychowicka** (długość 122 m), wyeksplorowana w latach dziewięćdziesiątych XX w., oraz niewielkie dwuotworowe schronisko.

Natomiast w rozległych kamieniołomach na Zakrzówku, we wschodniej części omawianego obszaru jest usytuowanych osiem niewielkich jaskiń. Najdłuższe z nich to **Jaskinia Musza** (długość 25 m) i **Jaskinia Koguta** (długość 22 m). Większość z tych jaskiń jest rozwinięta wzdłuż powierzchni międzyławicowych; do wyjątków należy Jaskinia Musza (Ryc. 9) [8]. Wszystkie jaskinie zostały odkryte podczas eksploatacji wapienia; niewątpliwie wówczas też zniszczeniu uległy ich fragmenty o nieznanym dzisiaj długości.

W kamieniołomie wysuniętym najdalej na północny wschód, zwanym kamieniołomem na Kapelance, występują liczne formy anastomoz (Ryc. 10). Są to rozmyte krasowo powierzchnie międzyławicowe. Rozwój anastomoz następował w strefie freatycznej, na znacznych głębokościach pod zwierciadłem wód podziemnych, w warunkach kiedy ponad wapieniami jurajskimi znajdował się nadkład skał kredowych lub miocennych. Wiek powstania tych form krasowych nie jest jasny. W obrębie anastomoz odnotowano występowanie miocennego wapienia słodkowodnego typu *caliche* [21, 22], co sugeruje przedmiocenną wiek przynajmniej części z tych form. Niektóre ze wspomnianych powyżej niewielkich jaskiń to najszersze, dostępne dla człowieka, części anastomoz. Ponadto z kamieniołomu na Kapelance opisano niewielkie, kopalne leje krasowe, rozwinięte w wapieniu jurajskim i wypełnione miocennym *caliche* [21]. Stosunkowo duże formy paleokrasowe, zapewne także leje, stwierdzono w ścianach rozległego kamieniołomu, obecnie wypełnionego wodą (Jacek Motyka, Mariusz Paszkowski, inf. ustna, 2023 r.). Natomiast niewielkie, lecz ciekawe formy paleokrasowe zostały zidentyfikowane w wykopach podczas budowy domów mieszkalnych na ulicy Pychowickiej, w południowo-wschodniej części omawianego obszaru. Formy te były wypełnione osadami z mikrofauną kredową (turon–koniak), co wskazuje na ich powstanie na przełomie kredy wczesnej i późnej [27].

Wartym odnotowania jest istnienie źródła krasowego zlokalizowanego na północnym stoku Krzemionek Dębnickich, w dolinie Wisły (Ryszard Gradziński, inf. ustna, 2013 r.). Źródło to jest obecnie zalane na skutek spiętrzenia wód w Wiśle w latach sześćdziesiątych XX w.

Rejon Pychowic, Bodzowa i Kostrza

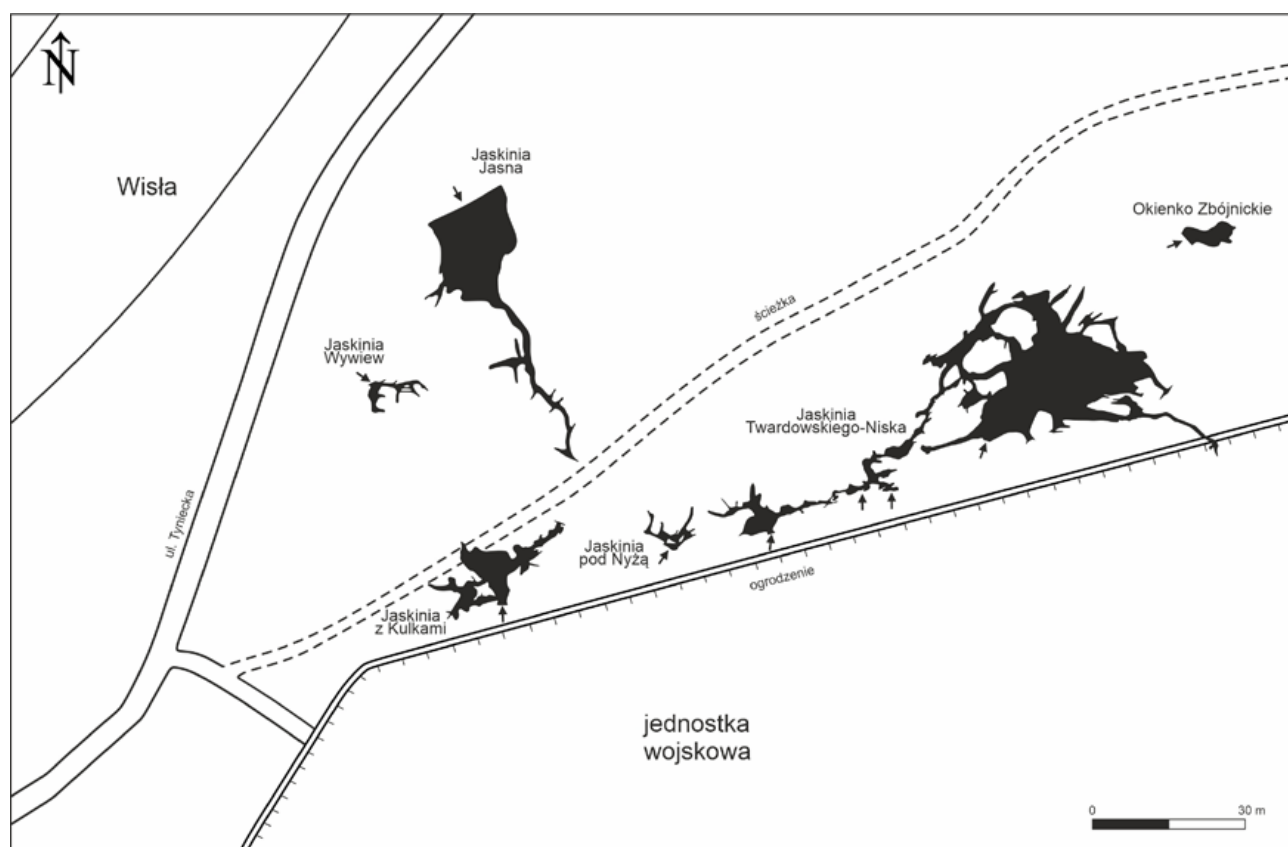
Rejon ten obejmuje izolowane zrębowe wzgórza wapienne położone między Krzemionkami Dębnickimi a odcinkiem autostradowej obwodnicy Krakowa w sąsiedztwie Tyńca. Dotychczas rozpoznane tam zostały jedyne dwie jaskinie. Jedna, niewielka w Górze św. Piotra. Drugą jest wyeksplorowana w latach 80.

zeszłego wieku, również stosunkowo krótka **Jaskinia pod Fortem**.

W nieczynnych kamieniołomach położonych koło fortu w Bodzowie (kamieniołomy w Pychowicach i w Bodzowie) zostały stwierdzone kopalne studnie krasowe. Są one wypełnione głównie piaskami, ale także iłami, blokami wapieni jurajskich i pokruszonymi naciekami kalcytowymi [22, 23].

Stwierdzono tam studnię krasową wypełnioną osadami klastycznymi, wśród których znajdowały się także fragmenty pól naciekowych podrażone przez skałotocza.

Na omawianym obszarze występuje także relatywnie dobrze zachowane źródło krasowe nazywane Źródłem św. Jana z Kęt lub Źródłem Świętojańskim. Jest ono usytuowane u północnej podstawy wzgórza



Ryc. 5. Rozmieszczenie jaskiń na obszarze Skałek Twardowskiego; zarysy jaskiń [wg 15, 44]; strzałki oznaczają otwory jaskiń; pominięte są Jaskinia Dolomitowa i Jaskinia pod Ławkę.

Wzgórza Tynieckie

W licznych wzgórzach wapiennych położonych w Tyńcu i w jego sąsiedztwie stwierdzono 17 jaskiń. Większość z nich (10 jaskiń) jest zlokalizowana we wzgórzu Winnica (dawna lokalna nazwa Zwierzyniec) położonym bezpośrednio nad Wisłą. Największe znajdujące się tam jaskinie to: **Jaskinia Zwierzyniecka** (długość 50 m) [17], **Jaskinia pod Grabem** (długość 50 m) [14] i **Jaskinia Zalewowa** (długość 18 m) [17]. Te wszystkie trzy jaskinie zostały wyeksplorowane w ostatnich kilkunastu latach. W pozostałych wzgórzach w okolicach Tyńca znajduje się dalszych siedem jaskiń. Poza obecnie eksplorowaną **Jaskinią w Szpitalce** (ok. 200 m długości) są to obiekty o niewielkich rozmiarach.

Interesujące formy krasu kopalnego zostały opisane z kamieniołomu na wzgórzu Bogucianka położonym na południowy wschód od centrum Tyńca [22].

Biedzina. Suma składników rozpuszczonych w wodzie wynosi tam 0,67 g/l [39]. Znaczna zawartość jonów siarczanowych, chlorkowych i sodowych sugeruje udział wód przepływających przez osady miocenu. Źródło to jest objęte ochroną prawną; ma rangę pomnika przyrody.

Zrąb Lasu Wolskiego

Na obszarze obejmującym wzgórze położone pomiędzy Wisłą a Rudawą, między innymi Wzgórze św. Bronisławy, Sikornik i Sowiniec położonych jest 18 jaskiń. Największe ich skupisko jest zlokalizowane na północnym stoku Sowińca w wąwozach Panieńskie Skały i Zielony Dół. Znajduje się tam **Jaskinia w Lesie Wolskim** (długość 30 m; Ryc. 11) i 11 innych, niewielkich obiektów. Największym z nich jest dwuotworowa jaskinia **Tunelik w Panieńskich**

Skalach (długość 12 m). Na zboczu wąwozu Łupany Dół, w południowej części obszaru znajduje się **Jaskinia Zaręczynowa** (długość 19 m) wyeksplorowana w latach 2015–2016 [16]. Podczas badań

Na terenie Lasu Wolskiego zostały stwierdzone formy rzeźby krasowej; są to reprodukowane w pokrywie lessowej leje krasowe i niewielkie zapadliska [19]. Największy lej znajduje się ponad wąwozem



Ryc. 6. Główna sala w Jaskini Twardowskiego-Niskiej. Fot. Jakub Nowak.



Ryc. 7. Boczne ciągi w Jaskini Twardowskiego-Niskiej. Fot. z archiwum A. Górnego.

hydrogeologicznych wewnątrz studni zlokalizowanej w klasztorze na Bielanach stwierdzono istnienie niewielkich kawern krasowych i form naciekowych [34]. Z uwagi na rozmiary, kawerny te nie zasługują na miano jaskiń.

Zielony Dół; w jego dnie jest usytuowany górny otwór Jaskini w Lesie Wolskim (Ryc. 11).

Na tym obszarze stwierdzano także różnorakie formy paleokrasu [10, 11, 49]. Nie odsłaniają się one na powierzchni terenu, zostały opisane z wierceń. W północno-zachodniej części omawianego obszaru, w Olszanicy, tuż przy administracyjnej granicy miasta, znajduje się wydajne źródło krasowe [7].

Pozostałe rejony miasta

Zjawiska krasowe są notowane także z innych części miasta. W nieczynnym kamieniołomie w Mydlnikach znajduje się Jaskinia Mydlnicka (długość 75 m) oraz dwie inne, mniejsze jaskinie [28]. Jaskinia Mydlnicka jest obecnie niedostępna. Jej otwór został zasypany hałdami podczas prac eksploatacyjnych. Na terenie Kurdwanowa odnotowano niewielką formę paleokrasową przedmiocześnego wieku, uformowaną w wapieniach jurajskich i wypełnioną czerwonymi ilami z krzemieniami [45]. Relacja wiekowa tej formy do form odsłaniających się w kamieniołomie podgórskim nie jest jasna. Wspomnieć trzeba także

o źródłach znajdujących się zarówno w północnej (Bronowice Małe, Witkowice) jak i w południowej (Piaski Wielkie) części Krakowa [2, 7, 38]. Źródła te odwadniają zrębowe wzgórza zbudowane z wapieni jury górnej i najprawdopodobniej posiadają komponentę krasową.

Historia poznania jaskiń Krakowa

Najstarsze pisemne informacje dotyczą oczywiście Smoczey Jamy. Jest ona wzmiankowana w kronice Wincentego Kadłubka powstałej na przełomie XII i XIII w. i w kolejnych kronikach, w tym autor-

ła ponownie otwarta w 1976 r. W ramach wspomnianych prac, po uprzednim stwierdzeniu metodami geofizycznymi nieznanych pustek, wykonano tunel wiodący do nowych partii jaskini [44]. Partie te były eksplorowane w kilku etapach w latach siedemdziesiątych, osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku [43, 44]. W XIX w. były w literaturze odnotowane jeszcze Jaskinia Twardowskiego i jedna z niewielkich jaskiń w wąwozie Panieńskie Skały [25, 28, 50].

Wiele jaskiń zostało odkrytych podczas prac eksploatacyjnych w kamieniołomach. Jaskinie te nie były jednak na bieżąco rejestrowane. Pewne ich frag-



Ryc. 8. Jeden z otworów Jaskini Twardowskiego-Niskiej, widoczna szadź na gałęziach związana z intensywnym wywiewem ciepłego powietrza z jaskini, fotografia wykonana w lutym 2012 r. podczas ekstremalnie niskich temperatur. Fot. M. Gradziński.

stwa Jana Długosza i Marcina Bielskiego [9, 28, 43]. Jednak jaskinia pojawia się w nich jedynie jako tło dla legendy o zamieszkującym ją smoku. Stare partie jaskini były od bardzo dawna w różnoraki sposób użytkowane, między innymi jako karczma i zamtuż. Jest to udokumentowane w literaturze i potwierdzone znaleziskami archeologicznymi. Z czasem jaskinia znalazła się w obrębie rozbudowanych fortyfikacji wawelskich, a potem stała się lokalną atrakcją [18]. W czasach międzywojennych Smocza Jama była już oświetlona elektrycznie i dostępna dla turystów. Po dłuższej przerwie i pracach zabezpieczających zosta-

menty zostały zmodyfikowane podczas wydobywania wapieni (np. Jaskinia Jasna) lub zupełnie zniszczone. Można przypuszczać, że niektóre jaskinie były całkowicie niszczone wraz z postępem eksploatacji.

Po I wojnie światowej w latach międzywojennych systematyczne poszukiwania jaskiń prowadził w Lesie Wolskim Tadeusz Fischer. Wyniki jego prac pozostały w materiałach rękopiśmiennych. W okresie powojennym ze zmiennym natężeniem prowadzone są prace eksploracyjne. Realizują je lokalni entuzjaści, często niezrzeszeni w klubach. Efektem ich prac jest poznanie wielu nowych jaskiń oraz odkrycie

znaczących partii w jaskiniach wcześniej znanych. Najlepszym przykładem jest Jaskinia Twardowskiego (obecnie Jaskinia Twardowskiego-Niska); długość jej znanych korytarzy wzrosła od 1950 r. do czasów obecnych ze 150 m [28] do 610 m [15]. Od kilkunastu lat najaktywniejsza jest nieformalna grupa entuzjastów skupiona wokół jednego z autorów tego tekstu (AG), działająca pod nieco przewrotną nazwą „Przedsiębiorstwo Budowy Jaskiń”.

Geologiczna charakterystyka zjawisk krasowych Krakowa

Licznie występujące na obszarze Krakowa kopalne formy krasowe zostały uformowane w paleogenie lub miocenie wczesnym, przed transgresją morza miocenijskiego [10, 22]. Osady je wypełniające to różnorodne zwietrzeliny pochodzące z wapieni jurajskich lub skał kredowych, głównie margli senonu. Nielicz-



Ryc. 9. Otwór Jaskini Muszej rozwiniętej na pionowym pęknięciu ciosowym, wysokość otworu ok. 1,5 m. Fot. M. Gradziński.

Wspomnieć trzeba również o inwentarzach podsumowujących stan wiedzy o jaskiniach Krakowa. Pierwszym był inwentarz Kazimierza Kowalskiego, w którym opisane jest 13 jaskiń z terenu miasta [28]. W 1986 r. Mariusz Szelerewicz i Andrzej Górny w książce „Jaskinie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej” opisują trzy jaskinie, a 25 wymieniają w wykazie [43]. W końcu ubiegłego wieku systematyczne prace inwentaryzacyjne na omawianym obszarze prowadzili Mariusz Szelerewicz, Andrzej Górny, Marcin Pruc, Bogdan Słobodzian i Janusz Baryła. Udokumentowano wówczas 42 jaskinie i odnotowano także trzy dalsze, niedostępne. Po pewnych uzupełnieniach opracowane materiały ukazały się drukiem w 2011 r. [44].

ne i relatywnie niewielkie są kopalne formy krasowe powstałe przed transgresją kredową [11, 27].

Większość jaskiń znanych z obszaru Krakowa ma charakter reliktowy. Są to fragmenty dawnych próżni powstałych w odmiennych warunkach hydrologicznych niż panujące dzisiaj. Pozostałe części tych jaskiń zostały zniszczone wraz z postępującą denudacją terenu, a w wielu przypadkach także wskutek prac eksploatacyjnych w kamieniołomach. Zdecydowana większość jaskiń jest rozwinięta wzdłuż pęknięć ciosowych lub powierzchni międzyławicowych [22].

Spośród istniejących obecnie jaskiń bardzo szczególną genezę ma Smocza Jama. Szczegółowe studium wykazało, że jest to jaskinia typu hipogenicznego, związana z ascenzyjnymi przepływami ciepłych wód z głębszego podłoża [20]. Świadczą o tym przede wszystkim korozyjne formy kotłów stropowych ufor-

mowane w warunkach freatycznych, które są doskonale widoczne w starych partiach jaskini i możliwe do obserwowania przez turystów ją zwiedzających (Ryc. 12), a także układ przestrzenny korytarzy w nowych partiach jaskini powstały w warunkach cyrkulacji konwekcyjnej. Znamienna jest też obecność w Smocznej Jamie jedynie drobnoziarnistych osadów przy braku jakichkolwiek osadów związanych z przepływem Wisły, jak również brak szczątków plejstoceń-

dla jaskiń hipogenicznych. Położenie jaskini w izolowanym zrębie zbudowanym z wapieni i otoczonym przez zapadliska wypełnione osadami drobnoklastycznymi doskonale tłumaczy warunki paleohydrogeologiczne sprzyjające powstaniu Smocznej Jamy.

Można przypuszczać, że część jaskiń była uformowana przez dawne przepływy Wisły lub przynajmniej była wykorzystywana przez tą rzekę. Nie można wykluczyć, że jaskinie te były zalewane wyłącznie



Ryc. 10. Anastomozy powstałe wzdłuż powierzchni międzylawicowych; kamieniołom na Kapelance. Fot. M. Gradziński.



Ryc. 11. Lej krasowy na północnym stoku Sowińca; widoczny górny otwór Jaskini w Lesie Wolskim. Fot. M. Gradziński.

skiej fauny i znalezisk archeologicznych z paleolitu i neolitu. Te cechy dowodzą długotrwałej izolacji jaskini od środowiska zewnętrznego, co jest typowe

w warunkach wezbrań. Dowodem na przepływy wód wiślanych jest stwierdzenie relatywnie gruboziarnistych osadów w tych jaskiniach. Za przykład mogą tu służyć Jaskinia Zwierzyniecka, gdzie znaleziono warstwy żwirów z otoczkami kwarcu żyłowego dochodzącymi do 10 cm średnicy, Jaskinia Pychowicka wypełniona głównie piaskami, a także Jaskinia Twardowskiego, gdzie w pewnych partiach także występują osady piaszczyste i Jaskinia w Szpitalce. Geneza i pochodzenie tych osadów nie były przedmiotem szczegółowych badań. Niewątpliwie pomocna byłaby tu analiza petrograficzna żwirów oraz analiza minerałów ciężkich w piaskach.

Część niewielkich jaskiń, zwłaszcza te występujące w zrębie Lasu Wolskiego, jest związana z lokalnymi systemami odwodnienia krasowego. Jaskinie te zazwyczaj są w znacznej części wypełnione

redeponowanym lessem. Doskonałym przykładem jest Jaskinia w Lesie Wolskim, której górny otwór znajduje się w dnie leja krasowego. Natomiast Tunelik w Panieńskich Skałach to fragment dawnego przepływu równoległego do osi wąwozu.

z rejonu historycznego centrum Krakowa i (iv) wód perkolacyjnych ze szczytowej części Wzgórza Wawelskiego [32]. Pewnym analogiem wód ascenzyjnych występujących w obrębie wapiennego zrębu są wody wypływające w sadzawce św. Stanisława przed kościołem na Skałce [51]. Natomiast dolne par-



Ryc. 12. Kotły w stropie starych partii Smoczej Jamy; fotografia pionowo w górę, szerokość rzeczywista ok. 0,7 m. Fot. M. Gradziński.

Powstanie niektórych jaskiń, na przykład niewielkich form występujących w wąwozie Zielony Dół, było efektem rozwierania szczelin ciosowych na skutek procesów grawitacyjnej dezintegracji skałek wapiennych. Jaskinie te mają zatem niekrasową (pseudokrasową) genezę.

Nacieki w jaskiniach krakowskich są bardzo liczne i mają niewielkie rozmiary (Ryc. 13). Są to stalaktyty, stalagmity, kolumny, polewy naciekowe i nacieki grzybkowy. Najlepiej rozwinięte są w głębszych i trudno dostępnych partiach Jaskini Twardowskiego-Niskiej. Wyniki pojedynczych datowań metodą radiowęglową wskazują na młody, holoceniński wiek nacieków z tej jaskini, a także ze Smoczej Jamy [29, 37].

W trzech z omawianych jaskiń stwierdzono stałe lub okresowe zbiorniki wód. Ewenementem są stałe jeziora w nowych partiach Smoczej Jamy. Analiza chemiczna wód wykazała, że są one efektem mieszania się przynajmniej dwóch składowych spośród: (i) ascenzyjnych wód z głębszego podłoża, (ii) wód wiślanych, (iii) wód napływających w stronę Wisły

z rejonu historycznego centrum Krakowa i (iv) wód perkolacyjnych ze szczytowej części Wzgórza Wawelskiego [32]. Pewnym analogiem wód ascenzyjnych występujących w obrębie wapiennego zrębu są wody wypływające w sadzawce św. Stanisława przed kościołem na Skałce [51]. Natomiast dolne par-

tie Jaskini pod Grabem i Jaskini Zalewowej położone są w zasięgu fluktuacji zwierciadła wód podziemnych [14]. Poziom wody podnosi się tam w czasie wysokich stanów Wisły. Podobnie stare partie Smoczej Jamy były zalane w 1997 r. podczas ekstremalnej powodzi [48].

W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych zeszłego wieku zespół pod kierownictwem Jacka Motyki zajął się problematyką chemizmu wód strefy wadycznej jaskiń południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, w tym obszaru Krakowa (Smocza Jama, wybrane jaskinie Skał Twardowskiego) [13, 30, 32]. Wykazano, że wody perkolacyjne w krakowskich jaskiniach zawierają anomalne zawartości m.in. siarczanów, chlorków i azotanów, będące wskaźnikami antropogenicznego zanieczyszczenia. Wysokie stężenie tych jonów związane jest z potencjalnymi ogniskami zanieczyszczeń powstałymi podczas wielowiekowego użytkowania terenu ponad jaskiniami oraz ze współczesnymi źródłami zanieczyszczeń typowymi dla obszarów zurbanizowanych. Jak wska-

zują obecnie prowadzone badania, mimo upływu ponad dwudziestu lat, wody te nadal zawierają anomalne stężenia niektórych jonów [46]. Ich zawartości zmniejszają się jednak z upływem czasu, co najprawdopodobniej jest efektem samooczyszczania się strefy wadycznej ponad badanymi jaskiniami.

tworzące galaretowate skupienia [4, 33, 42]. W tej samej jaskini stwierdzono występowanie trzech gatunków pajaków [40], a także nielicznych nietoperzy [26, 35, 36]. Podczas prowadzenia prac inwentaryzacyjnych została oznaczona flora przyotworowa wielu jaskiń. Składają się na nią gatunki pospolicie zasie-



Ryc. 14. Nacieki w Jaskini Twardowskiego-Niskiej. Fot. A. Górny.

W jaskiniach położonych na Skalkach Twardowskiego wykonano ciekawy eksperyment dotyczący tempa i kierunku migracji wód w strefie wadycznej krasu węglanowego [31]. Wykorzystano do tego stosunkowo duże zagęszczenie dostępnych i rozpoznanych pustek podziemnych rozwiniętych na różnych poziomach pod powierzchnią terenu. Stwierdzono, że tempo migracji wód wzdłuż subhoryzontalnych powierzchni międzyławicowych sięgające 9 m/dzień jest równe, a w niektórych przypadkach większe od tempa pionowej perkolacji typowej dla strefy epikrasu.

Organizmy żywe w jaskiniach

Organizmy żywe w jaskiniach Krakowa były badane jedynie incydentalnie. W jeziorach Smoczej Jamy poza fauną bezkręgowców typowych dla wód powierzchniowych stwierdzono stygobiontycznego skorupiaka *Niphargus tatrensis* [5, 6]. Natomiast badania algologiczne wykazały, że na ścianach Jaskini Twardowskiego występują zespoły sinic i glonów

dlaające tego typu siedliska na Wyżynie Krakowskiej. Wewnątrz Smoczej Jamy, w pobliżu sztucznych źródeł światła także stwierdzono występowanie skupisk flory (tzw. *Lampenflora*).

W osadach Jaskini Zwierzynieckiej podczas prowadzenia prac eksploracyjnych zostały znalezione kości kręgowców. Przekazano je do Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN w Krakowie [16]. Są to kości wieku plejstocénskiego, m.in. szczątki renifera (Piotr Wojtal, inf. ustna, 2023 r.).

Znaleziska archeologiczne

Prace archeologiczne w jaskiniach Krakowa były bardzo nieliczne, zwłaszcza w porównaniu z innymi jaskiniami Wyżyny Krakowskiej. Pierwsze badania przeprowadzono w Smoczej Jamie, która budziła zainteresowanie ze względu na swoje położenie [1]. Znalaziono tam jedynie materiały z czasów historycznych. Potwierdziły to późniejsze badania archeologiczne [44]. Negatywny skutek przyniosły



Ryc. 13. Kule do falkonety znalezione w Jaskini z Kulkami; średnica każdej z kul 3 cm; okazy z kolekcji Muzeum Geologicznego AGH. Fot. Piotr Olejniczak.

też sondażowe prace w Jaskini Twardowskiego przeprowadzone przez Michała hrabiego Soltana [25]. Rekonesans archeologiczny w niewielkich jaskiniach w okolicy Tyńca przyniósł znaleziska ceramiki neolitycznej z epoki brązu i ze średniowiecza, a także odłupków krzemiennych [12]. Podczas eksploracji Jaskini z Kulkami dokonano niezwykle ciekawego odkrycia. Znalezione tam żelazne kule do falkonety i ołowiane kule do muszketu; znaleziska te datowane są na czas wojen szwedzkich (Ryc. 14).

Podsumowanie

Powyżej przedstawione zagadnienia dokumentują w zarysie aktualny stan poznania jaskiń i innych zja-

wisk krasowych Krakowa. Można mieć nadzieję, że w miarę postępu prac eksploracyjnych i badań naukowych wiedza w tym zakresie będzie stale znacząco rosła, tak jak to miało miejsce w latach ubiegłych.

Podziękowania

Autorzy dziękują Jakubowi Nowakowi i Piotrowi Olejniczakowi za udostępnienie fotografii, a Jackowi Motyce za cenne uwagi dotyczące pierwotnej wersji artykułu.

Bibliografia

1. Alth A. (1877) Sprawozdanie z badań geologiczno-antropologicznych przedsięwziętych w tak zwaną „Smoczą Jamie” na Wawelu w Krakowie. Zbiór Wiadomości do Antropologii Krajowej, 1: 2–7.
2. Baścik M. (2012) Źródła i zdroje w krajobrazie Krakowa. W: Eseje o Krakowie, Partyka J. red. Oficyna Wydawnicza „Wierchy”, Kraków, ss. 101–120.
3. Bąkowski K. (1909) Przewodnik po okolicach Krakowa. Kraków, Spółka Wydawnicza Polska w Krakowie.
4. Czerwik-Marcinkowska J., Mrozińska T. (2011). Algae and cyanobacteria in caves of the Polish Jura. Polish Botanical Journal, 56: 203–243.
5. Dumnicka E. (2000) Studies on Oligochaeta taxons in streams, interstitial and cave waters of southern Poland with remarks on Aphanoneura and Polychaeta distribution. Acta Zoologica Cracoviensia, 43: 339–392.
6. Dumnicka E., Wojtan K. (1990) Differences between cave water ecological systems in the Kraków–Częstochowa Upland. Stygologia, 5: 241–247.

7. Dynowski J. (1974) Stosunki wodne obszaru miasta Krakowa. *Folia Geographica Seria Geographica-Physica*, 8: 103–144.
8. Dżułyński S. (1953) Tektonika pd. części Wyżyny Krakowskiej. *Acta Geologica Polonica*, 3: 325–440.
9. Firlet E. M. (1996) Smocza Jama na Wawelu. Historia, legenda, smoki. Kraków, Universitas.
10. Felisiak I. (1992) Osady krasowe oligocenu i wczesnego miocenu oraz ich znaczenie dla poznania rozwoju tektoniki i rzeźby okolic Krakowa. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 62: 173–207.
11. Felisiak I. (2016) Fossil karst in the Jurassic of the Kościuszko Mound in Kraków (southern Poland): discussion. *Geological Quarterly*, 60: 252–255.
12. Fraś M., Olszowski M. (1971) Grottes récemment decouvertes à Tyniec au bord de la Vistule. *Acta Archaeologica Carpathica*, 12: 73–78.
13. Goc P., Górny A., Kłojzy-Karczmarczyk B., Motyka J. (2000) Azotany w wodach jaskiń południowej części Wyżyny Krakowskiej. *Kras i Speleologia*, 10: 66–82.
14. Górny A. (2015) Jaskinia pod Grabem. *Jaskinie*, 81: 32–33.
15. Górny A. (2016) Jaskinia Twardowskiego-Niska ma 600 m. *Jaskinie*, 82: 34–35.
16. Górny A. (2016) Nowe jaskinie w Lasku Wolskim – Zaręczynowa i Wyrobników. *Jaskinie*, 83–84: 39–41.
17. Górny A. (2016) Pięćdziesiąt lat działalności KKTJ w jaskiniach Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. W: Jamnik. 50 lat Krakowskiego Klubu taternictwa Jaskiniowego, Niwak J., Szelerewicz-Gładysz P., Ciszewski M. red. *Krakowski Klub Taternictwa Jaskiniowego*, Kraków, ss. 26–38.
18. Grabowski A. (1866) Kraków i jego okolice opisał historycznie Ambroży Grabowski. Kraków, Nakładem Księgarni D. E. Friedleina.
19. Gradziński M. (2008) Lasek Wolski. *Jaskinie*, 52: 6.
20. Gradziński M., Motyka J., Górny A. (2009) Artesian origin of a cave developed in an isolated horst: a case of Smocza Jama (Kraków Upland, Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 79: 159–168.
21. Gradziński R. (1953) Kras na Kapelance. *Grotolaz*, 11: 7–9.
22. Gradziński R. (1962) Rozwój podziemnych form krasowych w południowej części Wyżyny Krakowskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 32: 429–492.
23. Gradziński R. (1972) Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne.
24. Gradziński R. (1993) Mapa geologiczna obszaru krakowskiego bez osadów czwartorzędowych i lądowych utworów trzeciorzędowych. Kraków, Muzeum Geologiczne, Instytut Nauk Geologicznych PAN.
25. Gruszecki A. (1878) O jaskiniach na przestrzeni od Karpat po Bałtyk. *Biblioteka Warszawska*, 152: 329–352.
26. Harmata W. (1992) Przeloty i wędrówki podkowców małych, *Rhinolophus hipposideros* (Bechst.) (*Chiroptera*, *Rhinolopidae*) w południowej Polsce. *Zeszyty Naukowe UJ, 1045, Prace Zoologiczne*, 39: 47–60.
27. Kołodziej B., Szulc J., Machaniec E., Kędzierski M., Duda M. (2010) Injection dykes as evidence of Campanian synsedimentary tectonics on the Kraków Swell, southern Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 80: 285–301.
28. Kowalski K. (1951) Jaskinie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. Warszawa, Państwowe Muzeum Archeologiczne.
29. Molenda R., Górny A., Polonius A. (2000) Datowanie nacieków jaskiniowych na przykładzie Jaskini Ciesień koło Klucza (i in.) jako wskaźnik przemian morfologicznych i geologicznych w jaskiniach. W: V Ogólnopolska Konferencja „Datowanie Mineralów i Skał” Kraków 10–12.02.2000, Kusiak M., Paszkowski M. red. *Instytut Nauk Geologicznych PAN*, Kraków, ss. 41–43.
30. Motyka J., Boreczak S., Górny A., Kłojzy-Karczmarczyk B., Knap W., Rózkowski K. (1999) Prędkość migracji zanieczyszczeń w strefie aeracji utworów szczelinowo-krasowych zrębu Zakrzówka, W: Prędkość migracji zanieczyszczeń przez strefę aeracji na podstawie badań polowych i laboratoryjnych, Kleczkowski, A. (red.), *Akademia Górniczo-Hutnicza*, Kraków, ss. 69–108..
31. Motyka J., Górny A., Rózkowski A. (2001) Výsledky výskumu rýchlosti vodného toku v zóne vápenatej aerácie hornej jury v oblasti Zakrzówka pri Krakove. *Slovenský Kras*, 38: 53–66.
32. Motyka J., Gradziński M., Rózkowski K., Górny A. (2005) Chemistry of cave water in Smocza Jama, city of Kraków, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 75: 189–198.
33. Mrozińska-Broda T., Czerwik-Marcinkowska J. (2004) Epilityczne glony eukariotyczne znalezione w jaskiniach na terenie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. W: Zróznicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Tom 1. Przyroda, Partyka J. red. *Ojcowski Park Narodowy, Ojców*, ss. 171–178.

34. Nałęcki P. (1999) Prędkość migracji zanieczyszczeń w strefie aeracji utworów szczelinowo-krasowych zrębu Bielán. W: Prędkość migracji zanieczyszczeń przez strefę aeracji na podstawie badań polowych i laboratoryjnych, Kleczkowski, A. S. (red.). Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Kraków, ss. 109–127.
35. Nowak J., Kozakiewicz K. (2000) Zimowe spisy nietoperzy na Wyżynie Krakowskiej. *Studia Chiropterologica*, 1: 43–56.
36. Nowak J., Kozakiewicz K. (2001) Nietoperze hibernujące w jaskiniach Wyżyny Krakowskiej w latach 1950–2000. W: *Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej*, Partyka J. red. Ojcowski Park Narodowy, Ojców, ss. 281–288.
37. Pazdur A., Pazdur M. F., Hercman H., Górny A., Olszewski M. (1994) Wstępne wyniki badań nad chronologią powstawania nacieków w jaskiniach Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Matematyka-Fizyka*, 71: 61–79.
38. Pociąg-Karteczka J. (2015) Wody podziemne. W: *Środowisko przyrodnicze Krakowa. Zasoby, ochrona, kształtowanie*, Baścik M., Degórska B. red. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, ss. 67–80.
39. Rajchel L. (1997) Źródło Świętego Jana z Kęt. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 53: 70–76.
40. Sanocka-Wołoszynowa E. (1981) Badania pajęczaków (*Aranei*, *Opiolines*, *Pseudoscorpionida*) jaskiń Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. *Acta Universitatis Wratislaviensis Prace Zoologiczne*, 11: 1–92.
41. Sawicki L. (1955) Stanowisko paleolitu dolnego na Wawelu. *Studia do Dziejów Wawelu*, 1: 1–70.
42. Starmach K. (1963) Nowe gatunki z rzędu *Dinococcales* (Pyrrhophyta) z Groty Twardowskiego w Krakowie. *Acta Hydrobiologica*, 5: 337–342.
43. Szelerewicz M., Górny A. (1986) Jaskinie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. Kraków, Wydawnictwo „Kraj”.
44. Szelerewicz M., Górny A., Pruc M., Słobodzian B., Baryła J. (2011) Jaskinie Pomostu Krakowskiego, Jaskinie Bramy Krakowskiej i Garbu Tenczyńskiego. Warszawa, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi.
45. Tyczyńska M. (1958) The pre-Tortonian surface of karst planation in the vicinity of Cracov. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Série des Sciences Géologiques et Géographiques*, 6: 399–401.
46. Wcisło J., Gradziński M., Jelonkiewicz Ł., Motyka J., Żelazny M. (2022) Wpływ czynników antropogenicznych na chemizm wód wybranych jaskiń południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. W: *Materiały 56. Sympozjum Speleologicznego Podlesice 13–16.10.2022*, Tyc A., Krajcarz M. T., Sudoł-Procyk M., Krajcarz M. red. Sekcja Speleologiczna Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, Kraków, ss. 92–93.
47. Wiśniewski M. (2012) Schronisko w Pękniętym Filarku. *Jaskinie*, 68: 7.
48. Wiśniewski W. W. (1997) Powódź a Smocza Jama. *Jaskinie Wyżyny Informator*, 17: 1–2.
49. Wójcik A., Garecka M., Olszewska B., Wódka M. (2015) Fossil karst in the Jurassic of the Kościuszko Mound in Kraków (southern Poland). *Geological Quarterly*, 59: 61–70.
50. Zaręczny S. (1894) *Atlas geologiczny Galicyi. Tekst do zeszytu trzeciego*. Kraków, Akademia Umiejętności.
51. Zuber A., Weise S. M., Motyka J., Osenbrück K., Różański K. (2004) Age and flow pattern of groundwater in a Jurassic limestone aquifer and related Tertiary sands derived from combined isotope, noble gas and chemical data. *Journal of Hydrology*, 286: 87–112.

Michał Gradziński, Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie. E-mail: michal.gradzinski@uj.edu.pl, ORCID – 0000-0001-7866-1376

Jakub Wcisło, Uniwersytet Jagielloński, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Wydział Geografii i Geologii. E-mail: jakub.wcislo@doctoral.uj.edu.pl, ORCID – 0000-0002-8730-9961.

Andrzej Górny, Muzeum Geologiczne, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków. E-mail: a.gorny@op.pl

GLEBY KRAKOWA

Soils of the Kraków area

Stefan Skiba, Marek Drewnik, Wojciech Szymański (Kraków)

Streszczenie

W artykule przedstawiono rozmieszczenie i charakterystykę gleb obszaru Krakowa na bazie wcześniejszych oraz aktualnych badań własnych. Przeprowadzone badania wykazały, że w Krakowie przeważają powierzchniowo gleby antropogeniczne (Anthrosols, Technosols). W dolinie Wisły i jej dopływów występują głównie mady (Fluvisols), a w dzielnicy Nowa Huta – czarnoziemy (Chernozems). W opracowaniu uwzględniono propozycje ochrony ważniejszych gleb obszaru Krakowa.

Abstract

The distribution and the properties of soils in Kraków area were presented in this study based on previous and recent works. Anthrosols and Technosols clearly prevail in the area. However, the Vistula River valley and other river valleys are covered mainly with Fluvisols, whereas in the Nowa Huta area Chernozems are very common. Some suggestions concerning protection of the most important soils of the Kraków area were also presented in the this study.

Wprowadzenie

Gleba (łac. *gleba*) jest ważnym komponentem środowiska przyrodniczego i stanowi powierzchniową warstwę skorupy ziemskiej (litosfery). Gleba tworzy się w wyniku przemian wietrzeniowych podłoża geologicznego przy udziale wody i warunków klimatycznych, zbiorowisk roślinnych i procesów geomorfologicznych, a także działalności człowieka. Rozwijająca i przekształcająca się w czasie pokrywa glebowa stanowi ogniwo pośrednie łączące środowisko abiotyczne ze światem organicznym. To właśnie umożliwia glebie jej wielofunkcyjność w środowisku przyrodniczym. Dla potrzeb rolnictwa gleba stanowi podstawową bazę produkcji żywności. Dla zasobów wodnych jest naturalnym i odnawialnym magazynem (zbiornikiem) retencyjnym. Gleba pełni również – dzięki żyjącym w niej drobnym organizmom (edafon) – funkcję sanitarną, poprzez przemianę obumarłej materii organicznej i tworzenie ważnego składnika, jakim jest próchnica glebowa. Duże możliwości sorpcyjne próchnicy oraz występujących w masie glebowej minerałów ilastych określają glebę jako naturalny filtr zatrzymujący niektóre składniki toksyczne dla organizmów żywych. Powstają w ten sposób siedliska dla roślin, a w efekcie różnorodność krajobrazowa. Morfologia profilu glebowego

stanowi czytelny obraz zachodzących procesów biogeochemicznych i jest naturalnym zapisem dziejów, w którym chronologicznie ukazane są ewolucyjne przemiany zachodzące na badanym obszarze. Zapis ten jest bardzo przydatny w badaniach archeologicznych i paleogeograficznych.

Przedstawiane tu informacje o glebach Krakowa obejmują dane z wcześniejszych opracowań (m.in. [1], [2]) oraz pochodzą z ostatnich badań własnych prowadzonych dla potrzeb przygotowywanej strategii zagospodarowania miasta Krakowa (mapa gleb w skali 1:20 000 + opracowanie) [3]. Materiały te zostały opublikowane w tomie *Środowisko przyrodnicze Krakowa – zasoby-ochrona-kształtowanie* wydanym przez Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ – Urząd miasta Krakowa i Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej [4]. W rozdziale 6. Gleby tejże monografii przedstawiono szczegółowy przegląd literatury przedmiotu oraz dane z badań własnych. Z tego powodu w tym syntetycznym opisie, ze względów redakcyjnych pominięto pełną bibliografię wcześniejszych opracowań. Prezentowana tu mapa gleb Krakowa (Ryc. 1) jest zgeneralizowana (uproszczona), a szczegółowe oryginały mapy w skali 1:20 000 są dostępne w Instytucie Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz w Urzędzie Miasta Krakowa.

Gleby i ich rozmieszczenie

Pokrywa glebowa obszaru miasta Krakowa jest powiązana z podłożem geologicznym, rzeźbą i procesami morfogenetycznymi oraz ze stosunkami wodnymi. Wykazuje także ścisły związek z rozwojem urbanizacji i przemysłu.

Na zgeneralizowanej mapie (Ryc. 1) przedstawiono gleby w dużych jednostkach systematycznych i dodano im nazwę w klasyfikacji międzynarodowej.

Gleby słabo ukształtowane (*Leptosols*)

Gleby bielicoziemne (*Podzols*)

Gleby płowoziemne (*Luvisols*)

Gleby brunatnoziemne (*Cambisols*)

Gleby czarnoziemne (*Chernozems*, *Phaeozems*)

Gleby hydrogeniczne (*Gleysols*, *Histosols*)

Gleby aluwialne – mady (*Fluvisols*)

Gleby antropogeniczne (*Anthrosols*)

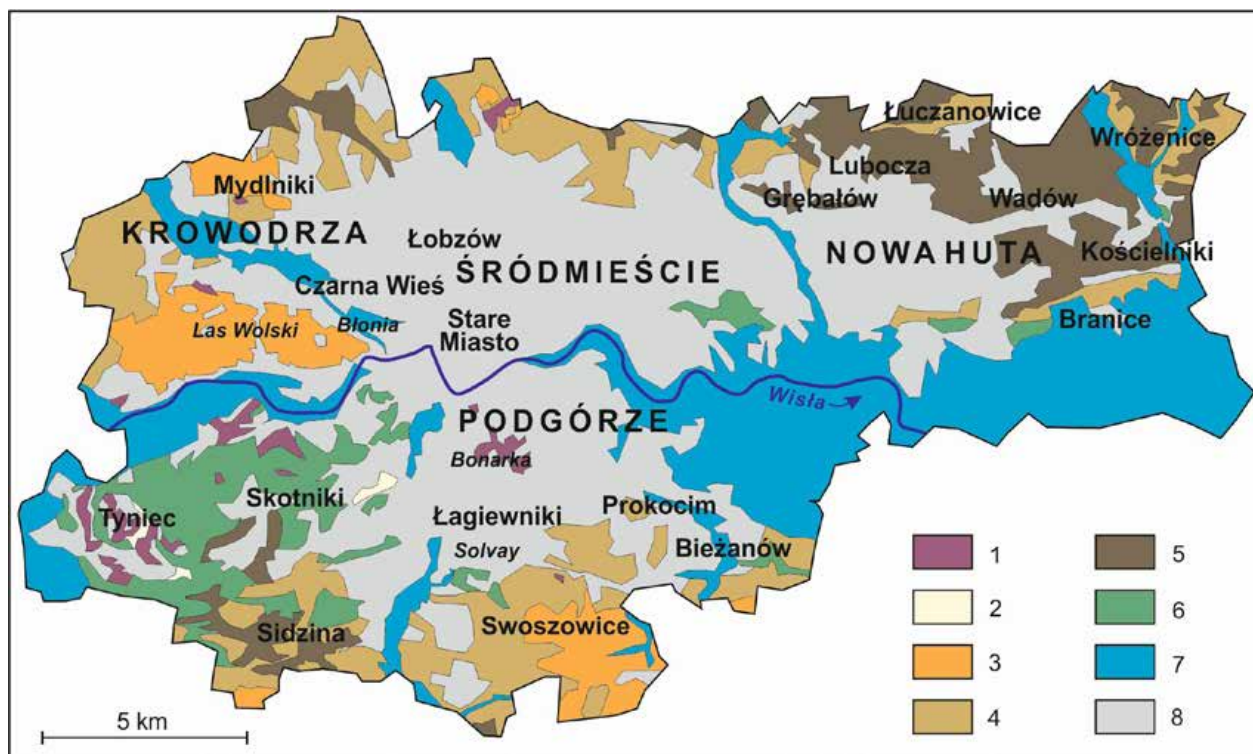
W strukturze pokrywy glebowej miasta Krakowa przeważają **gleby antropogeniczne**, czyli utwory zmienione lub utworzone przez człowieka (Ryc. 2).

wierzchnia gleb antropogenicznych występuje na terenie kombinatu metalurgicznego oraz przyległych kolejowych stacji rozrządowych i hałd oraz odstojników. Na Podgórzu znaczącą powierzchnię gleby antropogeniczne zajmują w sąsiedztwie węzła kolejowego (Prokocim, Bieżanów) oraz na dawnych terenach przemysłowych (Łagiewniki, Bonarka, Solvay).

Dużą powierzchnię miasta zajmują również **gleby aluwialne – mady**, ponieważ zajmują one około 19% powierzchni miasta. Występują one w szerokich odcinkach doliny Wisły oraz w dnach dolin jej dopływów, a zwłaszcza na terenie Nowej Huty (m.in. okolice Branic) i Podgórza (okolice Bieżanowa).

Gleby brunatnoziemne zajmują około 13% powierzchni miasta. Na terenie Krowodrzy i Nowej Huty są to gleby powstałe przede wszystkim z lessów, zaś na terenie Podgórza (Siedzina, Skotniki, Swoszowice) z mioceńskich iłów i plejstocieńskich osadów fluwioglacjalnych.

Znaczącą powierzchnię obszaru miasta Krakowa zajmują również **gleby czarnoziemne**, które zajmują



Ryc. 1. Uproszczona mapa gleb Krakowa. Legenda: 1 – gleby słabo ukształtowane (*Leptosols*) - rędziny (*Calcaric Leptosols*); 2 – gleby bielicoziemne (*Podzols*); 3 – gleby płowoziemne (*Luvisols*); 4 – gleby brunatnoziemne (*Cambisols*); 5 – gleby czarnoziemne (*Chernozems*); 6 – gleby hydrogeniczne (*Histosols*, *Gleysols*); 7 – gleby aluwialne (mady) (*Fluvisols*); 8 – gleby antropogeniczne (*Anthrosols*, *Technosols*).

Zajmują one około 45% powierzchni miasta. Gleby te dominują w Śródmieściu, zajmując prawie całą powierzchnię tej dzielnicy, a także w starszych, gęsto zabudowanych częściach Krowodrzy i Podgórza oraz w zachodniej części dzielnicy Nowa Huta. We wschodniej części Nowej Huty bardzo duża po-

około 10% powierzchni miasta. Są to **czarnoziemy typowe** występujące przeważnie na terenie Nowej Huty oraz w miejscowościach ostatnio przyłączonych do miasta (Grębałów, Lubocza, Łuczanowice, Wadów, Wrózenie, Kościelniki).

Czarne ziemie, jako gleby pobagienne wytworzyły się głównie z ilów mioceńskich lub utworów piaszczysto-gliniastych. Występują one głównie na terenie Krowodrzy (dawna dzielnica Czarna Wieś i rejon ul.

Gleby bielicoziemne występują na niewielkich płatach utworów piaszczystych Podgórze i zajmują około 0,3% powierzchni miasta.



Ryc. 2. Gleby antropogeniczne (Urbisols) – Rynek Główny. Fot. S. Skiba.

Czarnowiejskiej, Piastowskiej, Park Jordana, Park Krakowski). Liczne płaty czarnych ziem występują również w Skotnikach i w Sidzinie.

Gleby płowe zajmują około 6% powierzchni miasta. Na terenie Krowodrzy (Mydlniki, Las Wolski) i Śródmieścia są to gleby płowe wykształcone z лесów, zaś na terenie Podgórze (Swoszowice) są to gleby płowe utworzone z osadów lessopodobnych.

Podobną powierzchnię jak gleby płowe zajmują **gleby hydrogeniczne**, które zajmują około 6% powierzchni miasta. Gleby te występują głównie na Podgórzu (Skotniki, Ruczaj, Sidzina) oraz na nowohuckich łakach w dolinie Wisły.

Gleby słabo ukształtowane reprezentowane są przez rędziny, czyli gleby płytkie występujące na skałkach wychodni wapieni. Zajmują bardzo niewielką powierzchnię, bo tylko około 1% i występują one w zachodniej części miasta na terenie Krowodrzy (Mydlniki, Las Wolski) i Podgórze (Tyniec, Bonarka, Ruczaj).

Charakterystyka gleb

Gleby słabo ukształtowane (*Leptosols*) (Ryc. 3) są reprezentowane głównie przez **rędziny** (*Calcaric Leptosols*). Występują one na wychodniach skał węglanowych (wapienie, dolomity, margle). Gleby te są utworami płytkimi i zawierają w masie glebowej znaczące ilości węglanowych okruchów zwierzelinowych. Odznaczają się zazwyczaj gliniastym uziarnieniem i lekko zasadowym odczynem. Bardzo często gleby te zawierają znaczne domieszki piasków plejstocieńskich lub lessu i z tego powodu nazywane są rędzinami mieszanymi. Rędziny mieszane charakteryzują się uziarnieniem piaszczystym i kwaśniejszym odczynem w porównaniu z rędzinami tzw. „czystymi”. Rędziny „czyste” wykształcone na zwierzelinach skał węglanowych (wapieniach, dolomitach i marglach) bez znaczących domieszek materiału nie węglanowego są w Krakowie rzadkością.

Rzędziny tworzą niewielkie powierzchniowo płyty i stanowią ważne pod względem krajobrazowym i siedliskowym obszary porośnięte m.in. przez mury kserotermiczne.

gdzie stagnująca woda gruntowa wywołuje procesy redukcyjne (oglejenie). Gleby te w zależności od zasobności skały macierzystej w węglany wykazują odczyn lekko kwaśny, obojętny lub lekko zasadowy.



Ryc. 3. Gleby słabo ukształtowane – rzedziny (Calcaric Leptosols) – Zakrzówek. Fot. M.Drewnik.

Gleby brunatnoziemne (*Cambisols*) (Ryc. 4) są reprezentowane przez 4 typy: gleby brunatne właściwe, gleby brunatne kwaśne oraz gleby brunatne oglejone i gleby brunatne deluwialne. Gleby tego rzędu charakteryzują się występowaniem dobrze rozwiniętego poziomu przemian wietrzeniowych barwy brunatnej, w którym produkty wietrzenia tworzą otoczki na ziarnach mineralnych (zazwyczaj kwarcowych). Dzięki temu barwa tego poziomu jest jednolicie brunatna. Gleby brunatne występujące w obszarze miasta Krakowa wytworzone są z różnych materiałów macierzystych i wykazują różne właściwości fizyczne i chemiczne. Gleby brunatne kwaśne najczęściej występują na utworach piaszczystych i wykazują odczyn kwaśny lub silnie kwaśny w całym profilu. Gleby brunatne właściwe występują najczęściej na lessach i charakteryzują się odczynem lekko kwaśnym, obojętnym lub nawet lekko zasadowym. Gleby brunatne oglejone występują zazwyczaj na iłach,

Gleby brunatne deluwialne występują lokalnie u podnóży stoków lub w dnach suchych dolinek w terenach narażonych na procesy erozyjne i cechują się zróżnicowanym uziarnieniem i odczynem gleby.

Gleby płowe (*Luvisols*) (Ryc. 5) powiązane są z procesem lessivage'u. Proces ten polega na mechanicznym (grawitacyjnym) przemieszczeniu zdyspergowanej frakcji koloidalnej (poniżej 0,002 mm) z poziomów powierzchniowych do poziomów leżących poniżej. Z tego powodu poziom stropowe zawierają mniej cząsteczek frakcji iłowej. Poziomy zubożone we frakcję iłową są przejaśnione, ponieważ wraz z minerałami ilarnymi przemieszczają się również uwodnione związki żelaza. Poniżej nagromadzone są przemieszczone składniki mineralne wzbogacające masę glebową w koloidy mineralne.

Gleby płowe, zwane wcześniej glebami pseudobielicowymi lub nawet bielicowymi, występują w obszarach lessowych i lessopodobnych. Charakteryzują

się one dobrymi właściwościami użytkowymi i dlatego – podobnie jak czarnoziemy – od zarania dziejów były użytkowane rolniczo, co jest dokumentowane w badaniach archeologicznych. Gleby te wykazują uziarnienie pyłowe i odczyn lekko kwaśny lub obojętny. Poza obszarami leśnymi, na stokach o niewielkim nawet nachyleniu są często wyraźnie zerodowane.



Ryc. 4. Gleba brunatna (Cambisol) – Mydlniki. Fot. S. Skiba.

Gleby bielcowe (*Podzols*) powstały w wyniku procesu bielcowania, który polega na przemieszczeniu związków żelaza i glinu wraz z kwasami organicznymi z górnej części profilu glebowego w głąb. Są glebami silnie kwaśnymi, odznaczają się piaszczystym uziarnieniem oraz są ubogie w składniki pokarmowe.

Gleby czarnoziemne (*Chernozems*, *Phaeozems*) (Ryc. 6) charakteryzują się głębokim poziomem próchnicznym (ponad 30 cm) zawierającym próch-

nicę dobrze przekształconą przez mikroorganizmy glebowe oraz wysyconą kationami wapnia i magnezu. Do gleb czarnoziemnych występujących w obszarze Krakowa zalicza się czarnoziemy oraz czarne ziemie. **Czarnoziemy** (*Chernozems*) pod względem rolniczym należą do najlepszych gleb w Polsce. Na obszarze Krakowa wytworzone są one z węglanowe-



Ryc. 5. Gleba płowa (Luvisol) – Las Wolski. Fot. M. Drewnik.

go lessu. Poziom próchniczny tych gleb mierzy zazwyczaj około 0,4–0,5 m i zawiera 2–3% próchnicy. Poniżej poziomu próchnicznego występują poziome przejściowe ze śladami bioturbacji, które przechodzą w podłoże lessowe nie zmienione przez procesy glebotwórcze. **Czarne ziemie** (*Phaeozems*), podobnie jak czarnoziemy, charakteryzują się głębokim poziomem próchnicznym. Różnią się od czarnoziemów występowaniem w profilu glebowym poziomów glebowych (plamiste przebarwienia sino-rdzawe). Gleby

te rozwinęły się jako gleby pobagienne na utworach gliniastych lub piaszczysto-gliniastych w miejscach, gdzie w ramach melioracji obniżono zwierciadło wód gruntowych. Występują one także na łąkach mioceńskich, których skład mineralny i uziarnienie sprzyjają stagnowaniu wody.



Ryc. 6. Czarnoziem (Chernozem) – Nowa Huta. Fot. W. Szymański.

Gleby hydrogeniczne zostały ukształtowane pod dominującym wpływem wody. Na terenie Krakowa we wszystkich tych glebach poziom wody gruntowej występuje (lub występował) nie głębiej niż 0,5 m. Charakterystyczną cechą gleb hydrogenicznych jest akumulacja materii organicznej oraz przebarwienia sino-rdawe w obrębie mineralnej części gleby. Wśród gleb hydrogenicznych miasta Krakowa wyróżniono gleby organiczne, mineralno-organiczne i mineralne.

Do gleb organicznych zaliczono **gleby torfowe i murszowe** (*Histosols*) powstałe w obszarach o utrudnionym drenażu, sprzyjającym rozwojowi roślinności hydrofilnej i akumulacji martwej materii organicznej. Z jednej strony gleby torfowe stanowią cenne przyrodniczo siedliska dla rzadkich roślin, a z drugiej strony są ważnym magazynem



Ryc. 7. Gleba murszowa z kredą jeziorną (*Histosol*) – Ruczaj. Fot. M. Drewnik.

wody w środowisku przyrodniczym. W większości przypadków – na skutek obniżenia zwierciadła wody gruntowej – torfowiska znajdują się w fazie decesji. W takich miejscach występują przesuszone gleby torfowe albo gleby torfowo-murszowe i murszowe. Wspólną cechą wszystkich tych gleb jest występowanie organicznego poziomu, którego właściwości wynikają z rodzaju i stopnia rozkładu materii organicznej. Właściwości chemiczne gleb hydrogenicz-

nych zależą przede wszystkim od składu chemicznego wody gruntowej. W niektórych przypadkach w profilu glebowym występują poziomy gytii węglanowej lub kredy jeziornej (Ryc. 7). Wówczas gleba charakteryzuje się odczynem zasadowym.

Do gleb organiczno-mineralnych zaliczono **gleby murszowate i murszaste**. Stanowią one ewolucyjne ogniwo między glebami organicznymi a glebami mineralnymi na podłożu piaszczystym. Powstały z utworów organicznych, w których – po obniżeniu lustra wody gruntowej, w warunkach pełnej aeracji – nastąpiła mineralizacja wcześniej zakumulowanej masy organicznej. Poziom próchniczny w tych glebach jest głęboki, ale zawiera mniej materii organicznej: około 5–15% w glebach murszowatych i około 1–3% w glebach murszastych. Murszasta substancja organiczna nie tworzy połączeń z częścią mineralną gleby. Odczyn takich gleb jest zazwyczaj kwaśny lub lekko kwaśny.

Do mineralnych gleb znajdujących się w grupie gleb hydrogenicznych należą **gleby glejowe** (*Gleysols*). Występują one na niewielkich powierzchniach w obniżeniach terenu, gdzie woda gruntowa zalega blisko powierzchni gleby, ale nie następuje zabagnianie. Towarzyszą one z reguły glebom organicznym, chociaż występują również wyspowo wśród innych gleb. Gleby glejowe tworzą siedliska naturalne dla roślinności hydrofilnej nie torfiejącej i wykazują zróżnicowane właściwości fizyczne i chemiczne wynikające ze zróżnicowanego podłoża macierzystego tych gleb.

Gleby aluwialne, czyli **mady** (*Fluvisols*), zajmują duże powierzchnie w dolinach Wisły i jej dopływów (np. Rudawy, Prądnika i in.) (Ryc. 8). W czasach geografii Wincentego Pola nazywane były rędzinami, a jeszcze w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia geomorfolodzy określali je rzeczными terasami rędzinnymi. Profil glebowy mad charakteryzuje się wyraźnym warstwowaniem wynikającym z cyklu powodziowego.

Właściwości mad zależą od naniesionych osadów. W Krakowie są to zazwyczaj utwory pyłowe pochodzące z erodowanych lessów. Mady krakowskie należą do gleb żyznych i urodzajnych, ale zagrożonych przez możliwe kolejne zdarzenia powodziowe. Jest to ważne również dla urbanistów, by ograniczać budownictwo w nadrzecznych terenach potencjalnie zalewowych.

Gleby antropogeniczne (*Anthrosols*) są utworami zmienionymi lub ukształtowanymi przez człowieka w ramach działalności osadniczej, gospodarczej i przemysłowej. W obszarach każdej aglomeracji miejskiej gleby takie zajmują duże powierzchnie.

Wśród nich należy wymienić **urbanoziemy** (*Urbi-sols*), które powstały w obszarach gęstej zabudowy miejskiej. Charakterystyczne dla Krakowa są urba-



Ryc. 8. Gleba aluwialna – mada (Fluvisol) – Branice. Fot. W. Szymański.

noziemy powstałe w miejscach wyburzonych budynków i fortyfikacji. Gleby takie są silnie przekształcone przez człowieka w wyniku wyrównywania terenu. Przykładem takich utworów są gleby Plant Krakowskich otaczających Stare Miasto. Występuje w nich powierzchniowa warstwa materiału próchnicznego wymieszana z gruzem budowlanym przykrywająca gruzowisko. Skład chemiczny masy glebowej takich utworów jest zróżnicowany i zależy od materiałów zdeponowanych i utrwalonych przez zasadzoną lub zasianą roślinność. Poziom próchniczny mierzy do 0,5 m, a węglany pochodzące z zaprawy murów miejskich regulują odczyn tych utworów, który waha się

w granicach pH 6,5–7,5. Z racji podłoża (gruz miejski) w glebach takich występują również metale ciężkie, szczególnie ołów pochodzący m.in. z resztek połamane go szkła witrażowego. W obszarach nowszej zabudowy dominują urbanoziemy zawierające 20–30-centymetrową warstwę materiału próchnicznego złożoną na pozostałościach resztek materiałów budowlanych.

Osobną grupę wśród gleb antropogenicznych stanowią **gleby ogrodowe** (*Hortisols*). Do specyfiki Krakowa należą ogrody przyklasztorne, które funkcjonują od średniowiecza. Występujące tam gleby są utworami silnie wzbogaconymi w materię organiczną oraz zawierającymi liczne artefakty. Drugim miejscem występowania hortisoli są ogródki działkowe. Właściwości tych gleb są kształtowane przez właścicieli pod kątem wymagań uprawianych tam krzewów i warzyw, a główną ich cechą charakterystyczną jest silne wzbogacenie gleby w materię organiczną pochodzącą z tzw. ziem ogrodniczych (m.in. z kompostów). Gleby takie są również charakterystyczne dla części parków miejskich i ulicznych skwerów.

Do gleb antropogenicznych zalicza się także **technosole** (*Technosols*). Są to utwory glebowe silnie zniekształcone (lub utworzone) w wyniku działalności przemysłowej oraz w wyniku budowy infrastruktury komunikacyjnej. W przypadku gleb nowoutworzonych nie posiadają one wykształconego profilu glebowego, a w całej głębokości (szczególnie w jej części stropowej) występują odpady przemysłowe. Do technosoli zalicza się także tzw. gleby zasklepione – przykryte asfaltem, warstwą kruszywa i betonem.

Przemiany, zagrożenia i propozycje ochrony gleb miasta Krakowa

W obszarach dużych aglomeracji miejskich środowisko przyrodnicze jest zazwyczaj podporządkowane celom urbanizacyjnym wynikających z ogólnego planu rozwoju miasta. Zajmowane są nowe obszary pod zabudowę mieszkaniową i przemysłową i to jest naturalny proces rozwoju miast. Należy jednak zwracać uwagę na poszczególne elementy środowiska przyrodniczego, które nie mogą być bezpowrotnie utracone.

Gleba zazwyczaj jest postrzegana jako miejsce do produkcji rolniczej lub ogrodniczej. Doceniane są jej walory produkcyjne (żyźność i urodzajność), rzadziej zwracana jest uwaga na jej inne funkcje, np. hydrologiczną, sanitarną, krajobrazową czy też dokumentującą zdarzenia i zmiany w środowisku przyrodniczym. Na obszarze miasta te pozaprodukcyjne funkcje mają szczególnie duże znaczenie, bowiem dają możliwość

lepszego wykorzystania przestrzeni tak, aby miasto rozwijało się harmonijnie i było miejscem przyjaznym dla mieszkańców.



Ryc. 9. Czarnoziem (Anthric Chernozem) – deformacje profilu glebowego wynikające z osadnictwa prehistorycznego – Cło. Fot. S. Skiba.

Do ważnych przekształceń pokrywy glebowej obszaru Krakowa zalicza się skutki osuszenia dużych powierzchni miasta przeprowadzane od połowy XIX wieku. Doprowadziło to do powstania znaczących powierzchni utworów mineralno-organicznych w miejsce gleb organicznych. Zabudowa hydrotechniczna doliny Wisły (obwałowania przeciwpowodziowe) spowodowały odcięcie większości mąd znajdujących się w dnie doliny od regularnego zalewania.

Innym działaniem człowieka są przekształcenia gleb związane z wielowiekową działalnością rolniczą. Krakowskie czarnoziemy były już użytkowane rolniczo w czasach prehistorycznych [6], co

obrazują odsłonięcia z badań archeologicznych (Ryc. 9). Czarnoziemy Krakowa zostały w szczególności w sposób zniszczone na znaczącej powierzchni. Przykładem planistycznej nieroztropności jest lokalizacja kombinatu metalurgicznego oraz osiedli mieszkaniowych Nowej Huty na tych najlepszych glebach, zarówno w skali Polski, jak i w skali światowej.

Osobnym zagadnieniem jest sprawa zanieczyszczenia chemicznego gleb miasta Krakowa. Najbardziej zanieczyszczone są gleby terenów przemysłowych (technosole), co – ze względu na przeznaczenie terenu – nie stanowi większego problemu. Przy rekultywacji terenów poprzemysłowych materiały odpadowe są wywożone (jak w przypadku Bonarki) lub są rekultywowane na miejscu. Pewnym zagrożeniem jest zjawisko rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń poprzez rozwiewanie i rozmywanie hałd odpadów poprzemysłowych, co skutkuje podwyższoną zawartością m.in. metali ciężkich w sąsiadujących bezpośrednio glebach. Na obszarze miasta stosowanie preparatów chemicznych do odśnieżania ulic i chodników nie pozostawia w glebach trwałych zmian [5], podobnie jak depozycja zanieczyszczeń komunikacyjnych i przemysłowych. Stwierdzono zwiększoną zawartość metali ciężkich w glebach przylegających do głównych tras komunikacyjnych [2].

Biorąc pod uwagę wartości ekologiczne należy rozważyć celowość ochrony niektórych gleb na terenie miasta Krakowa. Proponuje się, aby w ramach planowania rozwoju miasta zachować od zabudowy miejsca występowania rędzin oraz gleb hydrogenicznych. Utwory te zajmują niewielkie powierzchnie i mają bardzo duże znaczenie siedliskowe bezpośrednio dla roślinności, a pośrednio dla zwierząt. Pełnią zatem ważną funkcję krajobrazową i dokumentacyjną, co nie jest w konflikcie z tworzeniem terenów parkowo-rekreacyjnych. Gleby organiczne pełnią dodatkowo ważną funkcję hydrologiczną.

Ochroną powinno się też otoczyć czarnoziemy. Obszary ich występowania są obecnie intensywnie użytkowane rolniczo i w takiej funkcji powinny pozostać. Optymalny sposób wykorzystania tych terenów to pozostawienie ich w otwartej zabudowie. Mogą one stanowić „ogrody miejskie”. Ochroniona zostanie w ten sposób substancja przyrodnicza gleb unikatowych w Polsce i bardzo ważnych pod względem ekologicznym i krajobrazowym.

Bibliografia

1. Komornicki T. (1974) Gleby terytorium miasta Krakowa. *Folia Geographica et Geographia Phisica* 8: 145–151.
2. Komornicki T., Oleksynowa K. (1989) Zawartość ołowiu i cynku w glebach Plant Krakowskich. *Roczniki Gleboznawcze* 40:213–226.
3. Skiba S., Drewnik M., Szymański W., Żyła M. (2008) Mapa gleb miasta Krakowa skala 1:20 000. Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej (manuskrypt).
4. Skiba S., Drewnik M., Szymański W., Żyła M. (2013) Rozdz. 6. Gleby [w:] B. Degórska i M. Baścik (red.). *Środowisko przyrodnicze Krakowa. Zasoby – Ochrona – Kształtowanie*. Wyd. Urząd Miasta Krakowa - Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ – Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. 69–79.
5. Skiba S., Komornicki T. (1972) Wstępne badania nad glebami zieleńców miejskich w Krakowie. 19 Zjazd PTGleb., Kraków–Puławy. 537–544.
6. Wasylikowa K., Starkel L., Niedziałkowska E., Skiba S., Stworzewicz E. (1986) Environmental changes in the Vistula Valley at Pleszów caused by Neolithic Man. *Przegląd Archeologiczny* 33: 19–55.

OSUWISKA MIASTA KRAKOWA

Landslides of the city of Kraków

Sylwester Kamieniarz (Kraków)

Streszczenie

Na terenie Krakowa zidentyfikowano dotychczas (stan na 28.11.23 r.) 379 osuwisk. Są one skoncentrowane w kilkunastu rejonach o zróżnicowanych warunkach geologicznych i rzeźbie terenu. Najwięcej z nich występuje w południowej części miasta, co jest związane ze strefą nasunięcia karpackiego. Głównymi przyczynami uaktywniania osuwisk na obszarze miasta są intensywne i długotrwałe opady deszczu, deponowanie nasypów niekontrolowanych oraz dawna eksploatacja soli kamiennej.

Abstract

So far, 379 landslides have been identified in Kraków. They are concentrated in a dozen regions with a varied geological conditions and terrain. Most of them occur in the southern part of the city, which is related to the Carpathian overthrust zone. The main reasons for the landslides activation in the city are intense and long-lasting rainfall, depositing of uncontrolled embankments and the former rock salt exploitation.

Ponad 83% powierzchni Krakowa zajmują tereny płaskie i łagodnie nachylone (do 5°). Mogłoby się zatem wydawać, że jest to obszar wolny od zagrożeń związanych z ruchami masowymi ziemi. Tak jednak nie jest. Regionalne zróżnicowania budowy geologicznej i rzeźby terenu w obrębie miasta skutkują występowaniem obszarów podatnych na procesy osuwiskowe.

Ruchy masowe ziemi na terenie Krakowa są przedmiotem badań już od przeszło kilkudziesięciu lat, przy czym najwięcej opracowań ukazało się w ciągu ostatniej dekady [1, 3, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 22, 23, 27, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 39]. Dotychczas zarejestrowano 379 osuwisk różniących się wielkością, typem i stopniem aktywności. Zanim jednak omówimy ich najważniejsze uwarunkowania, zatrzymajmy się na chwilę przy samej definicji osuwiska, gdyż często jest ona źle rozumiana.

Co to jest osuwisko?

„Od 15 lat tutaj mieszkam i nic nigdy się nie osuwało!”, „Jakie osuwisko? Przecież tu jest płasko!” – to najczęstsze typy reakcji ludzi w momencie, kiedy dowiadują się, że mieszkają na osuwisku. Nic dziwnego. Pojawiające się stosunkowo rzadko doniesienia medialne o ruchach masowych ziemi dotyczą zazwy-

czaj „świeżych” osuwisk i zawierają fotografie bądź filmy przedstawiające spektakularne zniszczenia budynków czy dróg. Dlatego w świadomości ludzkiej osuwisko jest zwykle bezpośrednio utożsamiane z procesem osuwania, odbywającym się w czasie teraźniejszym lub niedalekiej przeszłości. Tymczasem osuwisko to **forma geologiczna** przejawiająca się w rzeźbie terenu, utworzona w wyniku grawitacyjnego przemieszczenia skał, zwietrzelin i gruntów wzdłuż powierzchni poślizgu (zsuw), spływu lub oderwania [24]. W wyniku przemieszczenia dochodzi do utraty ciągłości oraz zaburzenia pierwotnej struktury warstw skalnych i gruntów niezależnie od tego, kiedy zdarzenie to miało miejsce. Warto przy tym zaznaczyć, że wiele osuwisk w Polsce (zwłaszcza tych większych) to formy stare. Na obszarze Karpat niektóre z nich są datowane na kilka, a nawet kilkanaście tysięcy lat [16, 34]. To nie znaczy, że nie stwarzają one zagrożenia. Wręcz przeciwnie. Raz naruszone zbocze posiada większe predyspozycje do wystąpienia ruchów masowych ziemi niż obszary dotychczas nienaruszone.

O tym, czy mamy do czynienia z osuwiskiem decyduje przede wszystkim współwystępowanie charakterystycznych elementów rzeźby terenu, które utworzyły się w trakcie jego rozwoju (Ryc. 1). Na ich podstawie wyznaczane są granice osuwiska. Podczas

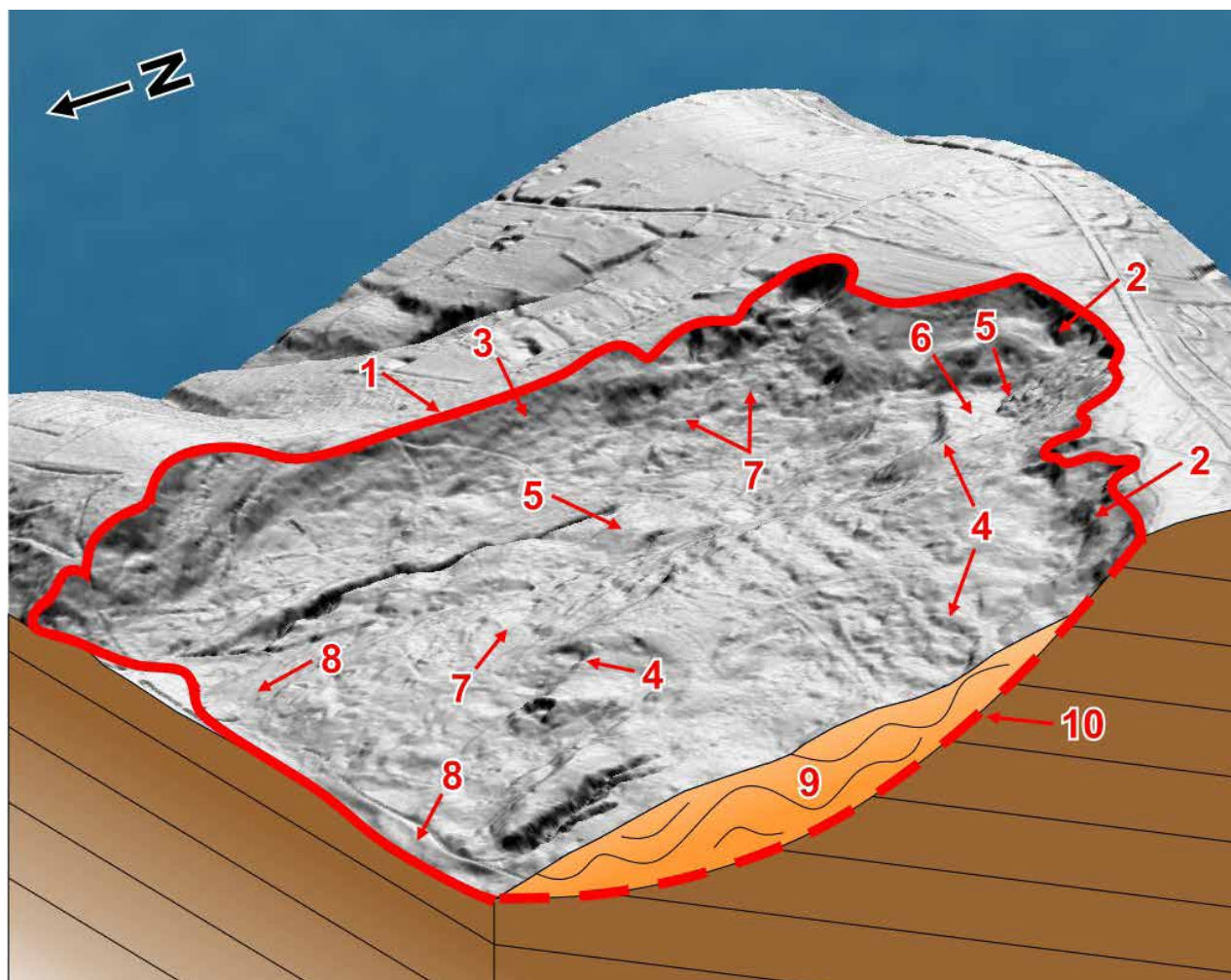
uaktywnienia dochodzi do oderwania mas ziemnych, następnie ich transportu i akumulacji. Przemieszczony materiał nazywany jest koluwiami. Strefa oderwania rozpoczyna się zazwyczaj wyraźnie zarysowanymi skarpami (Ryc. 1). Poniżej, w zależności od wielkości, typu i etapu rozwoju osuwiska oraz uwarunkowań geologicznych, morfologicznych i hydrologicznych obszaru, mogą znajdować się kolejne skarpy, progi akumulacyjne, szczeliny, wypłaszczenia, rowy rozpadlinowe, nieregularne nabrzmienia i obniżenia terenu. W tych ostatnich często tworzą się podmokłości lub jeziorka. Dolną granicę strefy akumulacji stanowi czoło (Ryc. 1). Wraz z upływem czasu rzeźba osuwiska jest stopniowo zacierana w wyniku procesów naturalnych i działalności człowieka. W wyniku ponownego uaktywnienia osuwiska (całości lub fragmentu) jego powierzchnia ulega odmłodzeniu, tworzą się nowe elementy rzeźby i cykl się powtarza.

Oprócz granic powierzchniowych, osuwisko ma określoną miąższość (zasięg wgłębny; Ryc. 1).

W większości przypadków nie da się jej zmierzyć w ramach terenowych prac kartograficznych. Podstawową metodą określania rzeczywistej głębokości osuwiska są badania geologiczno-inżynierskie oparte o pełnordzeniowe wiercenia. Analizując rdzeń z takiego otworu można wskazać głębokości zalegania powierzchni poślizgu. Miąższość koluwów zależy od typu i wielkości osuwiska oraz lokalizacji (w centralnej części jest ona na ogół największa). Może się ona wahać od kilku do nawet kilkudziesięciu metrów.

Charakterystyka obszarów osuwiskowych miasta Krakowa

Na terenie Krakowa osuwiska koncentrują się w kilkunastu rejonach (Ryc. 2). Najwięcej osuwisk (168) znajduje się w południowej części miasta na obszarze Swoszowic, Zbydniowic, Wróblowic, Rajska, Kosocic, Soboniowic i Bieżanowa w okolicach Wzgórza Kaim (Ryc. 2A). Choć w rejonie tym zlokalizowane

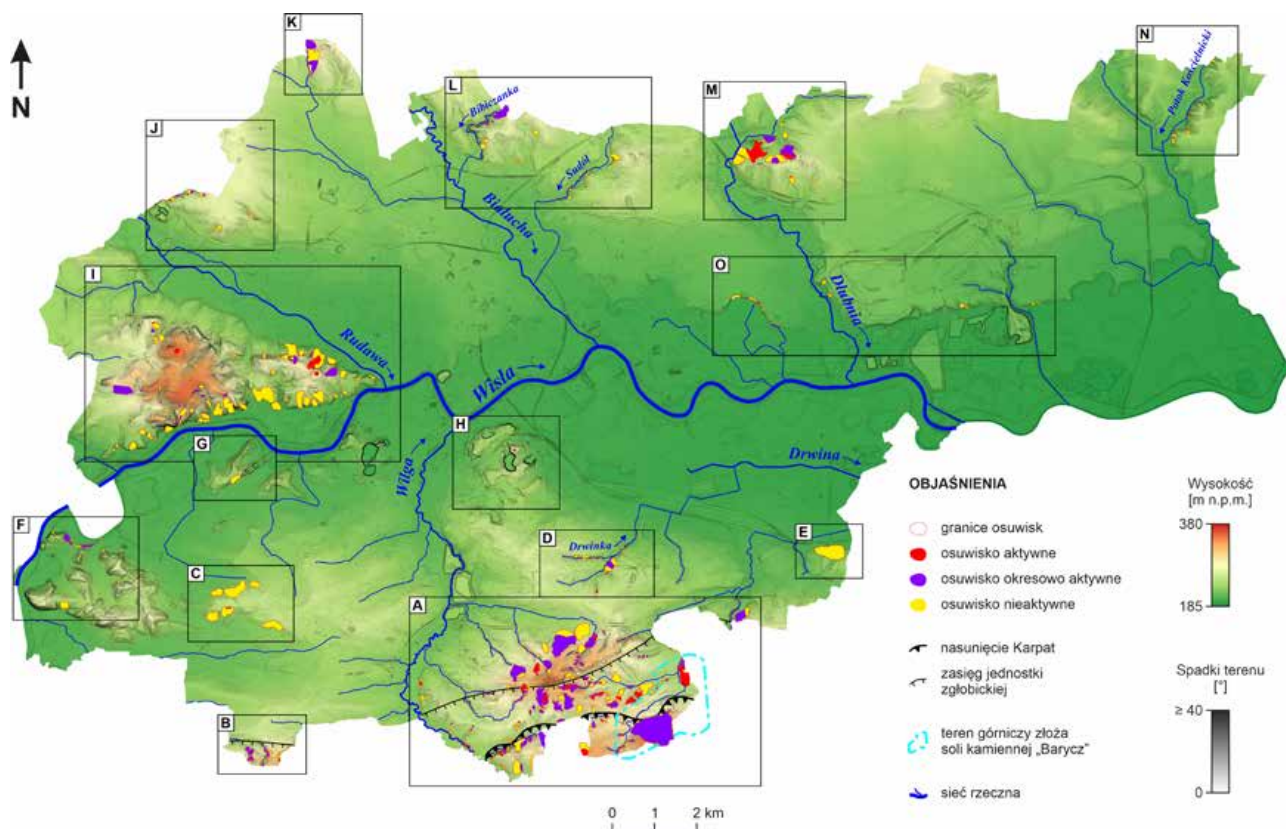


Ryc. 1. Model rzeźby osuwiska w Baryczy wraz z schematycznym przekrojem (źródło danych modelu rzeźby terenu: GUGiK): 1 – granica osuwiska; 2 – skarpa główna; 3 – skarpa boczna; 4 – skarpa drugorzędna; 5 – próg akumulacyjny; 6 – wypłaszczenie; 7 – nieregularne nabrzmienia i obniżenia terenu; 8 – czoło; 9 – koluwia; 10 – powierzchnia poślizgu.

są jedne z największych osuwisk Krakowa (np. przy składowisku odpadów komunalnych Barycz – 52 ha; przy ul. Szczawnickiej – 23 ha), przeważają na ogół formy o powierzchni 0,1–0,5 ha. Osuwiska występują głównie w obrębie zboczy o nachyleniu 5–15° i orien-

dzić nawet do 30 m [37].

W strefie zaburzonych osadów miocenu duże zagęszczenie osuwisk występuje na zachód od Wilgi, w obrębie Lasu Libertowskiego (Ryc. 2B). Są to głównie formy o powierzchni nieprzekraczającej 0,5 ha,



Ryc. 2. Rozmieszczenie osuwisk na terenie Krakowa (źródło danych modelu rzeźby terenu: GUGiK) [15, 18, 28, 40].

tacji północnej oraz północno-zachodniej. Zajmują tereny w zakresie rzędnych 240–320 m n.p.m. i wysokościach względnych do 15 m. Analizując pozycje osuwisk w obrębie zboczy obserwuje się zbliżony udział zajmowanych powierzchni zarówno w dolnych, jak i środkowych oraz górnych częściach stoków. Pod względem krzywizny powierzchni terenu najczęściej osuwiska występują w obrębie stoków prostych i wklęsłych. Tak duże nagromadzenie osuwisk w tej części miasta jest bezpośrednio związane z nasunięciem Karpat (płaszczowiny podśląskiej) i strefą silnie zdeformowanych tektonicznie osadów ilastych miocenu zapadliska przedkarpackiego (nazywaną jednostką złobicką), znajdującą się bezpośrednio przed nim [18, 28, 40] (Ryc. 2A). Wśród typów osuwisk dominują zsuwy rotacyjne, czyli takie, w których przemieszczenia zachodzą po cylindrycznych powierzchniach poślizgu, a koluwia ulegają obrotowi. Przeprowadzone dotychczas badania geologiczno-inżynierskie i analizy rdzeni wiertniczych wykazały miąższości osuwisk nieprzekraczające 15 m. Niemniej szacuje się, że w przypadku największych form miąższość ta może docho-

rozwinięte w skarpach przykorytowych i dolnych częściach zboczy dolin cieków będących dopływami Rzepnika (od zachodu) oraz Wilgi (od wschodu). Najwięcej osuwisk jest związanych ze spadkami terenu w przedziale 10–20°. Z uwagi na południkowy przebieg dolin, przeważają formy o orientacji wschodniej i zachodniej. Osuwiska te kumulują się głównie w przedziale rzędnych 260–300 m n.p.m. i obejmują na ogół zbocza wklęsłe do wysokości ok. 10 m. Zaliczono je do zsuwów rotacyjnych. Dotychczas nie wykonywano w ich obrębie badań geologiczno-inżynierskich, niemniej na podstawie parametrów morfometrycznych maksymalne miąższości koluwiów szacowane są na 7–8 m.

Dalej na północ, w rejonie Skotnik, na północnych i południowych stokach Góry Pastwiskowej rozpoznano 6 osuwisk (Ryc. 2C). Wzgórze to zbudowane jest z utworów ilastych miocenu zapadliska przedkarpackiego (warstw skawińskich i wielickich), które w wyższych partiach odsłaniają się bezpośrednio na powierzchni terenu [20, 29]. Występujące tam osuwiska to formy o powierzchni 3–11 ha. Utworzyły

się one w obrębie na ogół prostych zboczy o średnim nachyleniu $5\text{--}7^\circ$ i wysokości względnej do 20 m, w zakresie rzędnych 220–250 m n.p.m. Są to zsuwy rotacyjne o bardzo wyraźnych powierzchniach poślizgu (Ryc. 3). Wykonane dotychczas badania geologiczno-inżynierskie wykazały miąższości koluwiów do 15 m zarówno dla osuwisk znajdujących się po południowej, jak i północnej stronie wzgórza.



Ryc. 3. Zlustrowania z rysami ślizgowymi w ilach mioceniowych widoczne na przełamie rdzenia wiertniczego – osuwisko przy ul. Starzyńskiego. Fot. M. Wódka, 2017 r.

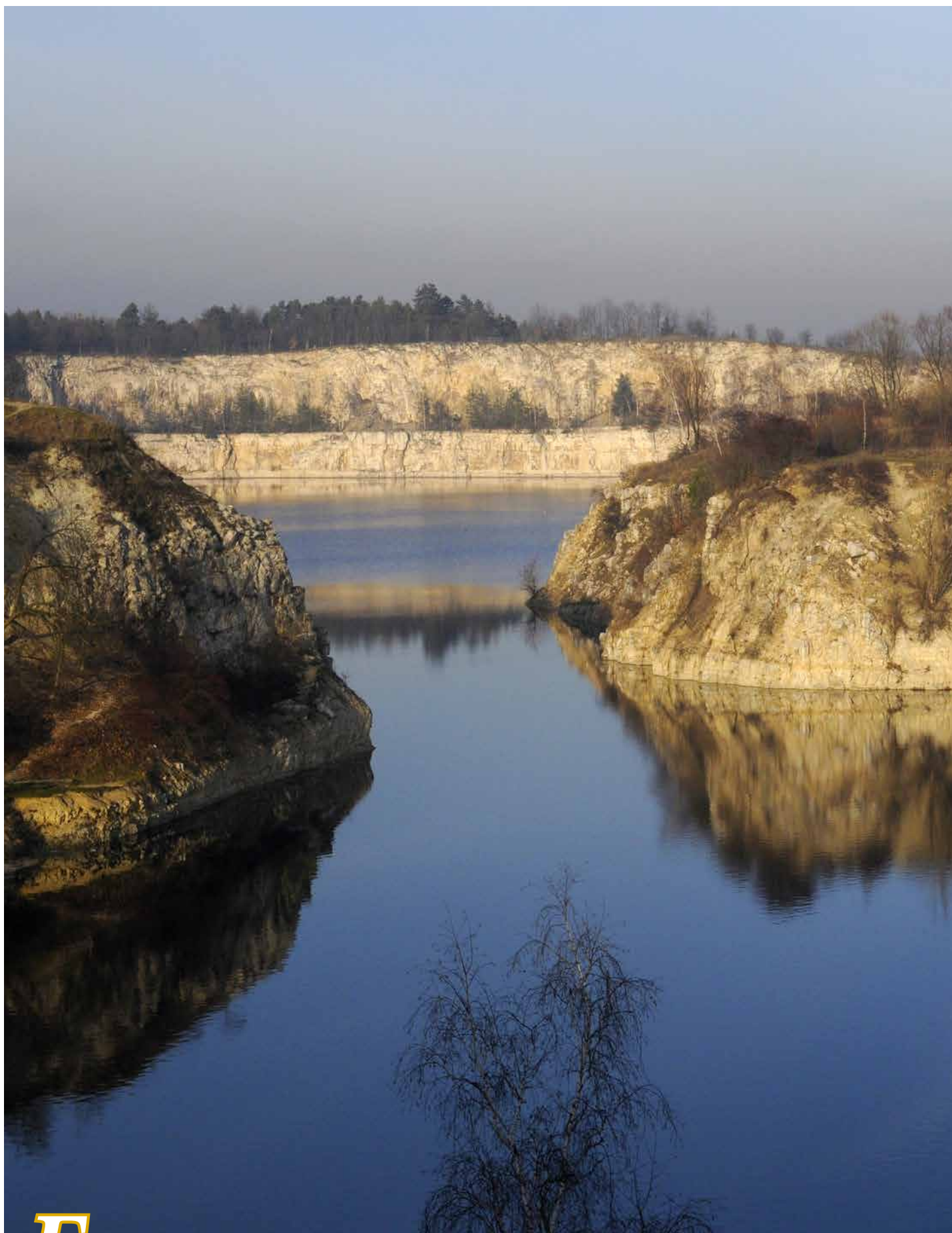
Na wschód od Wilgi, w rejonie Piasków Wielkich i Prokocimia zlokalizowano 12 osuwisk (Ryc. 2D). Są one związane z północnymi, północno-zachodnimi i południowymi zboczami górnego odcinka doliny Drwinki oraz jej prawobrzeżnego dopływu bez nazwy (rzędne 210–250 m n.p.m.). Na obszarze tym dominują osuwiska o powierzchni 0,1–0,5 ha, niemniej jedno z nich wyraźnie wyróżnia się wielkością (przy ul. Badurskiego – 5,7 ha; Ryc. 2D). Występują głównie w obrębie zboczy o nachyleniu $5\text{--}15^\circ$, na ogół prostych i wklęsłych, o wysokościach do 10 m. Podłoże stanowią mioceniowe utwory ilaste warstw chodenickich i grabowieckich oraz leżące na nich piaski bogucickie [20, 38]. Omawiane osuwiska można zaliczyć do zsuwów rotacyjnych. Szacunkowa miąższość koluwiów waha się w granicach 3–6 m. W przypadku osuwiska przy ul. Badurskiego, głębokość może osiągać 15 m. Około 5 km na wschód od omawianego obszaru, tuż przy granicy miasta znajduje się osuwisko o powierzchni 18 ha (Ryc. 2E). Jego rzeźba została niemal całkowicie przekształcona w wyniku prac ziemnych związanych z budową Węzła Kraków Bieżanów.

W obrębie izolowanych zrębów Bramy Krakowskiej występują osuwiska nieliczne i dość rozproszone. Najwięcej z nich (14) znajduje się w rejonie Tyńca (Ryc. 2F). Są to na ogół osuwiska o powierzchni

nieprzekraczającej 0,5 ha. Większe formy (0,3–3 ha) są zlokalizowane w obrębie skarpy erozyjnej Wisły na odcinku pomiędzy wzgórzami Winnica i Wielkanoc oraz na południowym zboczu wzgórza Grodzisko. W tym rejonie osuwiska obejmują głównie dolne części zboczy o wysokości do 10 m i nachyleniu $5\text{--}15^\circ$, najczęściej wklęsłych oraz prostych, w przedziale rzędnych 200–240 m n.p.m. Formy rozwinięte w obrębie skarpy erozyjnej Wisły to zsuwy rotacyjne w utworach ilastych warstw skawińskich. Pozostałe osuwiska można zaliczyć do zsuwów translacyjnych wzdłuż granicy utworów powierzchniowych (czwartorzęd, zwietrzelina) z podłożem wapiennym. W rejonie przełomu Wisły występują również dwa obrywy – pod Wzgórzem Klasztornym [1] i w obrębie północno-zachodniej ściany wzgórza Winnica. Miąższości koluwiów zsuwów translacyjnych szacowana jest na 3–6 m. W przypadku osuwisk w obrębie skarpy erozyjnej Wisły może ona dochodzić w części zachodniej do 8–10 m.

W pasmie izolowanych zrębów Bramy Krakowskiej pojedyncze osuwiska stwierdzono również w rejonie Bodzowa oraz Podgórze. W pierwszym przypadku, na południowo-wschodnim zboczu wzgórza Solnik przy ul. Tynieckiej znajduje się osuwisko o powierzchni 2,6 ha (Ryc. 2G). W górnej części jest to zsuw translacyjny na granicy zwietrzelina – wapień, a w środkowej i dolnej zsuw rotacyjny w obrębie utworów ilastych miocenu, gdzie udokumentowano powierzchnię poślizgu na głębokości przekraczającej 10 m. Z kolei w rejonie Podgórze występują 3 niewielkie osuwiska (Ryc. 2H). Pierwsze z nich znajduje się przy Rezerwacie Bonarka i jest rozwinięte w strefie kontaktu górnokredowych margli z mioceniowymi marglami i ilami [10]. Pozostałe są utworzone w obrębie form antropogenicznych (wiadukt na ul. gen. Kamińskiego oraz na zboczach Kopca Krakusa).

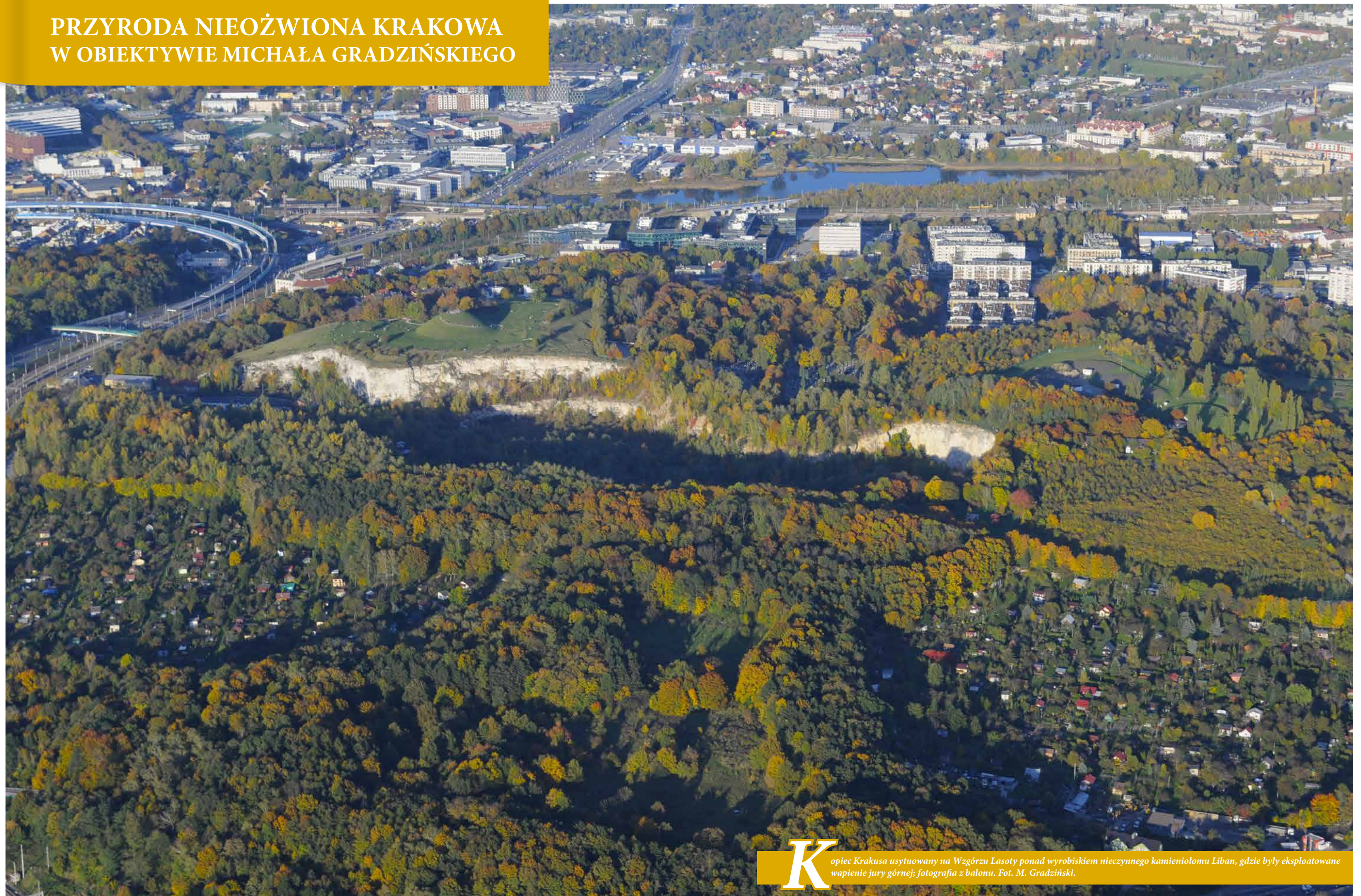
Na północ od Wisły stosunkowo dużo osuwisk (67) skoncentrowanych jest w zachodniej części miasta, w rejonie zrębu Lasu Wolskiego, zwanym również zrębem Sowińca (Ryc. 2I). Dominują tam formy o powierzchni 0,1–1 ha. Zajmują głównie stoki o orientacji południowej, południowo-zachodniej i południowo-wschodniej, a także północnej oraz północno-wschodniej, w przedziale rzędnych 200–280 m n.p.m. Obejmują na ogół zbocza płaskie i wklęsłe, o nachyleniu $5\text{--}20^\circ$ i wysokości do 15 m. Największe osuwiska zajmują całe długości stoków, których wysokość względna osiąga 50–100 m. Rejon zrębu Lasu Wolskiego jest najciekawszym i jednocześnie najtrudniejszym w interpretacji rejonem osuwiskowym miasta.



F

ragment wyrobiska nieczynnego kamieniołomu Zakrzówek. Eksploatowane tam były wapień jury górnej. Wyrobisko zostało wypełniony wodą na skutek zakończenia odpompowywania po zaprzestaniu eksploatacji; stan z grudnia 2014 r. Fot. M. Gradziński.

PRZYRODA NIEOŻWIONA KRAKOWA W OBIEKTYWIE MICHAŁA GRADZIŃSKIEGO



K

opiec Krakusa usytuowany na Wzgórzu Lasoty ponad wyrobiskiem nieczynnego kamieniołomu Liban, gdzie były eksploatowane wapienie jury górnej; fotografia z balonu. Fot. M. Gradziński.



Opactwo Benedyktynów w Tyńcu usytuowane nad Wisłą na wzgórzu zbudowanym z wapieni skalistych jury górnej. W ścianie wapiennej widoczne są poszerzone krasowo spękania ciosowe. U podstawy ściany znajduje się nagromadzenie kilkumetrowej wielkości bloków wapiennych będące efektem obrywu podczas trzęsienia ziemi w 1786 r. Fot. M. Gradziński.

Wapienie górnej jury nie są utworami o wysokiej podatności na osuwanie. Skąd zatem tyle osuwisk? Tak liczne nagromadzenie stosunkowo dużych form (zwłaszcza w strefach krawędzi morfologicznych zrębu) jest związane między innymi z utworami ilastymi miocenu, które w postaci swego rodzaju „zatków” sięgają wyższych partii zrębu [7, 20]. Przeprowadzone dotychczas badania geologiczno-inżynierskie osuwisk w południowej części zrębu wykazały występowanie stropu iłów mioceńskich do rzędnej 230 m n.p.m., tj. do około 25 m nad dolinę Wisły. Po północnej stronie zrębu wysoki zasięg iłów mioceńskich jest znany z badań przeprowadzonych w rejonie Kopca Kościuszki [36]. W górnej części osuwiska przy ul. Sawickiego strop utworów miocenu sięga do rzędnej 245 m n.p.m. (około 35 m nad dolinę Rudawy), a w otworze znajdującym się niecałe 150 m na wschód od bryły Kopca nawet do 270 m n.p.m. (około 60 m nad dolinę Rudawy). Osuwiska zlokalizowane w strefach brzeżnych zrębu Lasu Wolskiego, w górnych częściach są zazwyczaj zsuwami translacyjnymi (wzdłuż granicy wapień – zwietrzelina, ił, less), a w środkowych i dolnych zsuwami rotacyjnymi w obrębie iłów. Ich maksymalne miąższości dochodzą do 7–13 m po południowej stronie zrębu, a w części północno-wschodniej nawet do 28 m. Związek osuwisk z występowaniem iłów mioceńskich w obrębie zrębu Lasu Wolskiego stwierdzono również w północno-zachodniej części, w okolicach Chełmu. W wyższych partiach zrębu mniejsze formy są przypuszczalnie typami zsuwów translacyjnych wzdłuż granicy wapień – zwietrzelina, less. Większość osuwisk występujących w obrębie zrębu Lasu Wolskiego jest nadal nierozpoznana wglębnie, dlatego określenie ich uwarunkowań jest trudne. Niemniej spośród innych potencjalnych czynników mogących wpływać na występowanie osuwisk w tym obszarze z pewnością warto zwrócić uwagę na powszechnie występujące zjawiska krasowe, szczególnie formy kopalne [35].

Na północny wschód od Rudawy, w rejonach Mydlnik, Bronowic Małych i Bronowic Wielkich zlokalizowano 13 osuwisk (Ryc. 2J). Są to na ogół formy o powierzchni do 0,5 ha. Obejmują one głównie dolne i środkowe części zboczy prostych i wklęsłych (75%) o nachyleniu 5–15° i wysokości do 10 m, o orientacji północnej, północno-wschodniej oraz północno-zachodniej; zajmują one przeważnie rzędne w przedziale 240–260 m n.p.m. W rejonie Mydlnik osuwiska koncentrują się wzdłuż lewego zbocza doliny cieku bez nazwy wpływającego do stawów rybnych. Jest to próg morfologiczny związany z krawędzią zrębu wapiennego [20]. Występujące tam osuwiska to głównie zsuwy translacyjne wzdłuż granicy wapień

– zwietrzelina, less o szacunkowej miąższości 4–6 m. Niemniej formy znajdujące się w wyższej części doliny są już związane z podłożem ilastym. Są to zsuwy rotacyjne, których przypuszczalna głębokość osiąga 5–9 m. Drugim obszarem koncentracji osuwisk w tym rejonie jest dolina cieku bez nazwy, której bieg pokrywa się z ul. Tetmajera w Bronowicach Małych (Ryc. 2J). Formy osuwiskowe rozwinięte są w postaci zsuwów rotacyjnych w obrębie lessów i glin lessopodobnych oraz osadów den dolin rzecznych, a w południowo-wschodniej części doliny także nasypów antropogenicznych. Ich szacunkowa miąższość wynosi 3–5 m. Pozostałe osuwiska w tym rejonie mają charakter pojedynczych wystąpień.

W skrajnie północno-zachodniej części miasta, w okolicach Toni znajduje się duże (około 17 ha) osuwisko, rozwinięte w iłach mioceńskich [20] (Ryc. 2K). Zajmuje ono zachodnie zbocze o długości 282 m i wysokości 40 m. Jego maksymalna miąższość jest szacowana na ok. 15 m. Oprócz tego, na wschód od ul. Jurajskiej zidentyfikowano jedną, niewielką formę (0,3 ha) utworzoną w lessach i glinach lessopodobnych.

Dalej na wschód osuwiska koncentrują się w rejonach Witkowic i Mistrzejowic, szczególnie na lewych zboczach dolin Bibiczanki i Sudołu, które na tych odciinkach są tektonicznymi krawędziami morfologicznymi (Ryc. 2L). Na terenie Parku Leśnego Witkowice, po prawej stronie doliny Bibiczanki poniżej pokrywy czwartorzędowej znajdują się ily mioceńskie. Z kolei po lewej stronie występują strome ściany o wysokościach dochodzących do 18 m, w których odsłaniają się wapienie górnourajskie, zlepieńce i margle górnokredowe, przykryte cienką warstwą iłów mioceńskich [20], których miąższość stopniowo wzrasta w kierunku wschodnim. Utwory te są pocięte serią licznych uskoków poprzecznych. Niektóre z nich utworzyły lokalne obniżenia krawędzi morfologicznej, w których obserwuje się zwiększoną miąższość iłów. Uwarunkowania te spowodowały utworzenie się zróżnicowanych typów osuwisk. Występują tu zsuwy translacyjne wzdłuż powierzchni uwarstwienia i zsuwy rotacyjne w obrębie utworów ilastych. Podobne uwarunkowania występują w Mistrzejowicach. Po lewej stronie Sudołu w podłożu znajdują się tektonicznie wyniesione margle górnokredowe [20], tworząc wyższe i stromsze zbocze doliny, w obrębie którego zlokalizowane są osuwiska. Po stronie przeciwnej zbocze jest niższe i łagodniej nachylone, co ma związek z występowaniem w podłożu iłów mioceńskich (Ryc. 2L). Omawiane osuwiska w obu rejonach obejmują w przewadze dolne i środkowe części zboczy prostych i wklęsłych, o nachyleniu 5–15° i wysokości do 10 m, w zakresie rzędnych 220–260

m n.p.m. Są to formy nieprzekraczające w większości powierzchni 0,5 ha.

Skupisko stosunkowo dużych osuwisk (> 1 ha) znajduje się w rejonie Zesławic (Ryc. 2M). Są one związane z występowaniem w podłożu iłów mioceńskich [38], które w przeszłości były eksploatowane. Obejmują głównie zbocza proste i wklęsłe na całej długości, orientacji północnej, nachyleniu 5–10° i wysokości do 15 m. Mieszczą się one na ogół w przedziale rzędnych 220–260 m n.p.m. Duże osuwiska znajdujące się w centralnej części obszaru to zsuwy rotacyjne. Największe z nich (16 ha) występuje na terenie nieczynnej kopalni iłów „Zesławice”. Jego miąższość przekracza 17 m, a przemieszczeniami objęte są zarówno utwory rodzime, jak i pochodzenia antropogenicznego. Występują tu również formy mniejsze utworzone w obrębie lessów i glin lessopodobnych (np. w przekopie linii kolejowej nr 95).

W północno-wschodniej części miasta (rejon Kościelnik i Wróżeń), na lewym zboczu doliny Potoku Kościelnickiego oraz jego prawego dopływu znajduje się 12 osuwisk o powierzchniach 0,01–0,6 ha (Ryc. 2N). Zajmują one zbocza proste i wklęsłe, na ogół dolne i środkowe partie, o nachyleniu 5–20°, wysokości do 10 m i różnej orientacji. Kumulują się one w przedziale 200–240 m n.p.m. Są to głównie zsuwy rotacyjne w obrębie lessów i glin lessopodobnych o szacowanych miąższościach 2–5 m, niemniej większe osuwiska mogą być głębsze (10 m) i obejmować piaszczysto-ilaste utwory warstw jarosławskich [20].

Rejonem osuwiskowym miasta Krakowa jest również skarpa terasy wiślanej na odcinku pomiędzy Nową Hutą, a Branicami (Ryc. 2O). Jej wysokość na ogół nie przekracza 10 m, a nachylenie 8–10°. Niemniej w wielu miejscach jest ona nadsypana (np. w okolicach Nowej Huty), przez co jej wysokości dochodzi lokalnie do 14 m, a spadki przekraczają 45°. Występują tam głównie osuwiska o powierzchni 0,05–0,5 ha. Są to zsuwy rotacyjne w obrębie utworów antropogenicznych oraz lessów i glin lessopodobnych. Wykonane badania geologiczno-inżynierskie dla osuwisk zlokalizowanych w rejonie osiedla Centrum E i Parku Żeromskiego wykazały maksymalne miąższości koluwiów w granicach 5–8 m [37].

Osuwiska na terenie miasta Krakowa wykazują zróżnicowanie również pod względem aktywności (Ryc. 2). Podczas prac aktualizacyjnych przeprowa-

dzonych w latach 2017–2018, w ramach Systemu Osłony Przeciwośuwiskowej (SOPO), 39 osuwisk oceniono jako aktywne, 92 jako okresowo aktywne, 180 uznano za nieaktywne¹, a w 58 przypadkach wydzielono zróżnicowane strefy aktywności w obrębie danego osuwiska [15]. Najwięcej osuwisk aktywnych i okresowo aktywnych zidentyfikowano w południowej części miasta na obszarze Swoszowic, Zbydnio- wic, Wróblowic, Rajska, Kosocic, Soboniowic i Bie- żanowa (Ryc. 2A). Z kolei na obszarze zrębu Lasu Wolskiego, drugiego pod względem ilości rejonu osuwiskowego, przeważają formy, które uznano za nieaktywne (Ryc. 2I).

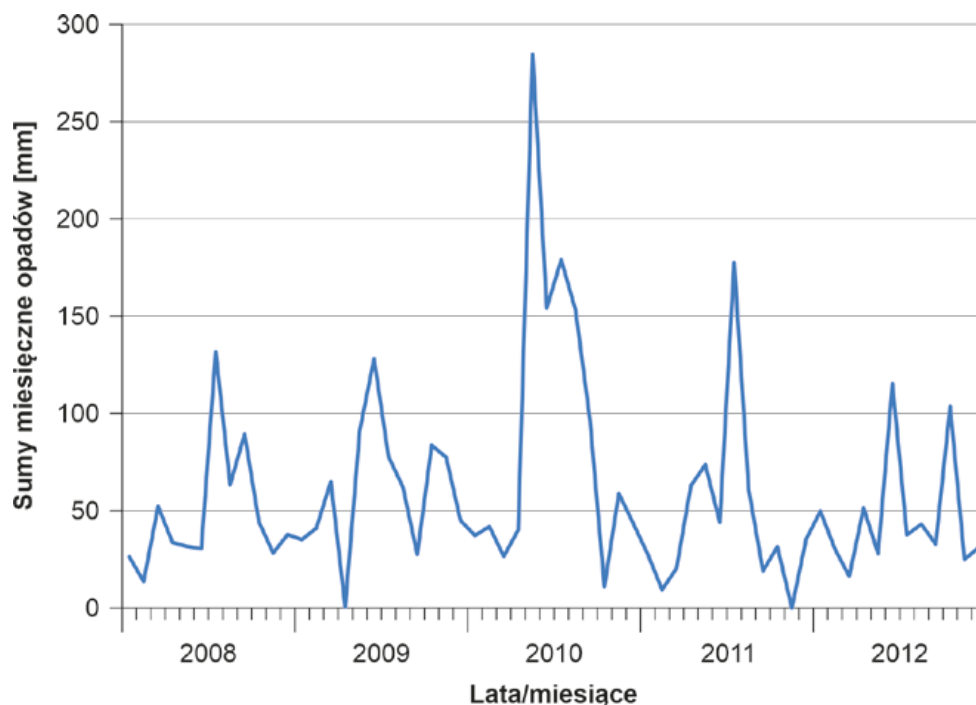
Główne przyczyny uaktywniania się osuwisk

Aby doszło do uruchomienia osuwiska, oprócz określonych uwarunkowań geosrodowiskowych obszaru, muszą zaistnieć jakieś czynniki inicjujące. W warunkach polskich są to głównie intensywne i długotrwałe opady deszczu. Wody infiltrujące w głąb ziemi powodują uplastycznianie gruntów i skał oraz ich dociążenie, a także wymywanie i rozpuszczanie niektórych składników mineralnych. Skutkuje to obniżeniem parametrów wytrzymałościowych ośrodka gruntowo-skalnego. Opady powodują również wzrost stanu wód w rzekach, intensyfikując procesy erozji dolnych części stoków. Klasycznym przykładem może być katastrofa osuwiskowa w 2010 r. Z 14 na 15 maja owego roku południowa część Polski znalazła się w zasięgu trzech wilgotnych lecz zróżnicowanych termicznie frontów atmosferycznych. Skutkowało to wystąpieniem bardzo intensywnych i długotrwałych opadów deszczu oraz utworzeniem się na Wiśle największej od 1813 r. fali powodziowej [25]. Na terenie Krakowa intensywne opady trwały od maja do sierpnia (sumy miesięczne > 150 mm), z kulminacją w maju (Ryc. 4). W dniach 15 i 16 maja na stacji opadowej Ogród Botaniczny spadło 84,0 mm deszczu, w Balicach 97,3 mm, a w Koźmicach Wielkich (stacja reprezentatywna dla południowej części miasta) aż 147,4 mm [25]. Niekorzystne zjawiska atmosferyczne spowodowały uaktywnienie się (bezpośrednio lub w pewnym odstępie czasowym) wielu osuwisk na terenie miasta, co doprowadziło do uszkodzeń lub zniszczeń zabudowy oraz infrastruktury (Ryc. 5). Warto dodać, że tego typu katastrofalne opady mają na ogół powtarzalność cykliczną. Przykładowo w ostatnim stuleciu, na obszarze polskich Karpat odnotowano co najmniej 10 takich epizodów opadowych [19, 26].

¹ osuwisko aktywne – będące w ciągłym ruchu lub którego objawy występowały w trakcie prowadzenia obserwacji albo w ciągu co najmniej ostatnich 5 lat; osuwisko okresowo aktywne – objawy aktywności występowały w ciągu ostatnich 50 lat; osuwisko nieaktywne – w ciągu ostatnich 50 lat nie zaobserwowano objawów aktywności [9]

Istotny wpływ na uaktywnianie się osuwisk na terenie Krakowa ma również deponowanie nasypów w obrębie koluwiów lub w rejonie skarp głównych i bocznych. Dotyczy to w szczególności nasypów niekontrolowanych, czyli tworzonych bez ustalone-

być osuwisko przy ul. Sawiczewskich w Swoszowicach (Ryc. 6). W jego górnej części pierwotnie znajdowało się stare, nieckowate wyrobisko poeksploatacyjne, prawdopodobnie siarki lub gliny. W latach 2003–2005 składowano tam różnego rodzaju nasypy,



Ryc. 4. Sumy opadów miesięcznych ze stacji pomiarowej Kraków – Ogród Botaniczny w latach 2008–2012 (źródło: IMGW).

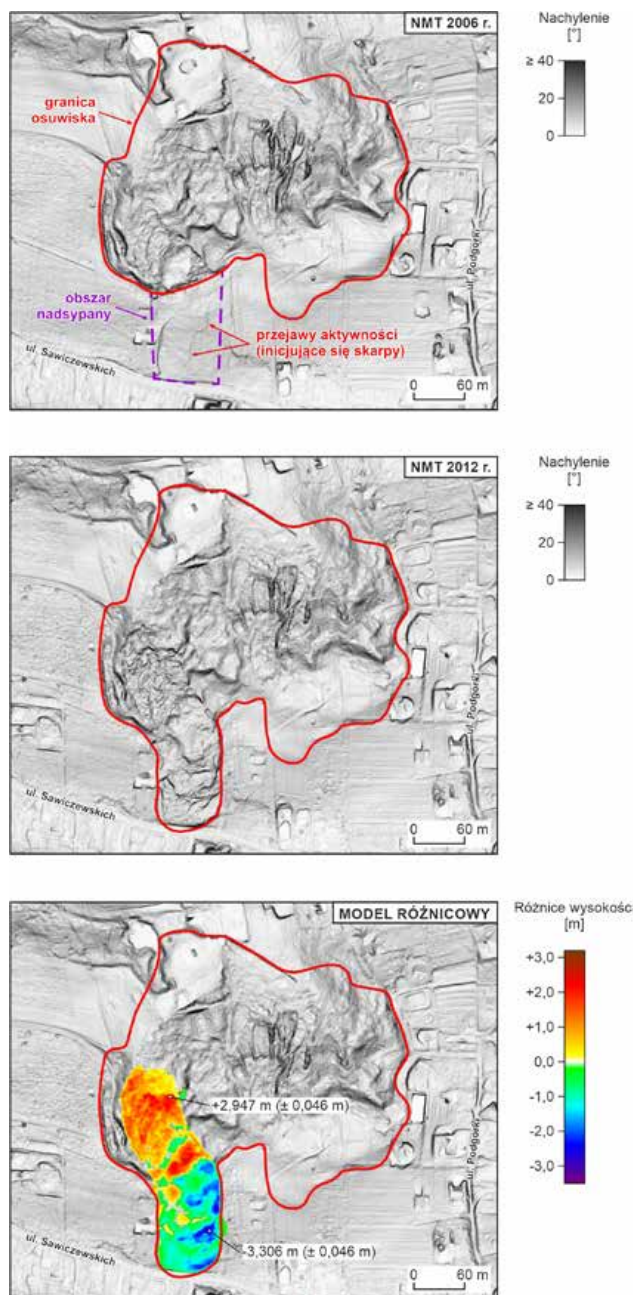


Ryc. 5. Skutki katastrofy osuwiskowej z 2010 r. na terenie Krakowa: A – uszkodzenia budynku mieszkalnego na osuwisku przy ul. Kuryłowicza (fot. A. Wójcik, 2010 r.); B – widok z skarpy głównej osuwiska przy ul. Golkowickiej. Fot. A. Wójcik, 2011 r.

go i kontrolowanego procesu technicznego. Materiał deponowany na osuwisku powoduje jego dociążenie. Swego czasu przeprowadzono badania polegające na porównaniu numerycznych modeli rzeźby terenu (NMT) wygenerowanych na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego z 2006 r. i 2012 r. Ustalono, że w tym okresie uruchomiło się 111 osuwisk. W 53 przypadkach uaktywnienie miało związek z wykonaniem nasypów [14]. Przykładem może

z czego największą część stanowiły grunty pochodzące z budowy obwodnicy autostrady A4. Pierwsze przemieszczenia pojawiły się już w 2006 r. Do głównego uaktywnienia doszło na przełomie maja i czerwca 2010 r. [31, 37]. W wyniku tego zdarzenia zerwaniu uległ jeden pas jezdni ul. Sawiczewskich wraz z chodnikiem (Ryc. 7). Osuwisko zostało zabezpieczone w 2014 r.

Spośród innych czynników inicjujących ruchy masowe na obszarze Krakowa warto wspomnieć o działalności górniczej. W latach 1967–1996 na złożu soli kamiennej „Barycz” (Ryc. 2A) prowadzono eksploatację metodą otworowego ługowania pokładów.



Ryc. 6. Numeryczne modele rzeźby terenu i model różnicowy z lat 2006–2012 dla osuwiska przy ul. Sawiczewskich.

Do połowy lat 70. XX wieku wydobywanie prowadzono w sposób chaotyczny, w dodatku bez zabezpieczenia stropu. Na skutek zaciskania kawern solnych zaczęły się tworzyć liczne zapadliska. W największym z nich znajduje się obecnie składowisko odpadów komunalnych. W północno-wschodniej części złoża, po wyeksploatowaniu części otworów, doszło do niekontrolowanego połączenia hydraulicznego pomiędzy

nimi. W rezultacie 21 marca 1974 r. tuż pod szczytem wzniesienia utworzyło się owalne zapadlisko o średnicy około 150 m (Ryc. 8). Zjawisku towarzyszył wyrzut około 35 000 m³ solanki oraz 10 000 m³ utworów nadkładowych [2, 17]. Spływający po zboczu upłynniony materiał doprowadził do uruchomienia się dwóch osuwisk, które do dziś wykazują aktywność (Ryc. 2A) [15, 37]. Na obszarze objętym przewidywanymi, szkodliwymi wpływami robót górniczych (dawnym terenie górniczym), niektóre kawerny solne mogą zaciskać się jeszcze przez jakiś czas, wpływając na uaktywnianie osuwisk w tym rejonie.



Ryc. 7. Fragment zerwanej jezdni przy ul. Sawiczewskich. Fot. A. Wójcik, 2011 r.

Innym czynnikiem inicjującym tworzenie się osuwisk w Krakowie – zwłaszcza w przypadku form zlokalizowanych w obrębie zrębów wapiennych – może być aktywność sejsmiczna. Jest to jednak zagadnienie dotychczas niezbadane. Jedyna wzmianka na ten temat pojawiła się przy opisie obrywu skalnego pod Wzgórzem Klasztornym w Tyńcu [1]. Jako jedną z przyczyn utworzenia się tej formy autor przywołuje fragment pochodzący ze *Słownika geograficznego Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich* [21] dotyczący okolic klasztoru: „Trzęsienie ziemi w r. 1786 uszkodziło mury i spowodowało oberwanie się złomu skały, która wpadła do Wisły”. Zaznacza on jednak, że to obryw mógł wywołać wstrząs, który przeszedł do lokalnej historii jako trzęsienie ziemi.

Osuwiska – jak żyć?

Na obszarze osuwisk krakowskich znajduje się ponad 600 budynków oraz 23,5 km dróg. Dane te nie napawają optymizmem, ale tak naprawdę największym zagrożeniem jest brak świadomości o istnieniu osuwisk. W wielu przypadkach ludzie nie zdają sobie sprawy, że mieszkają na osuwisku. Często prowadzone

są korekty zbocza (podcinanie, nadsypywanie) bez odpowiednich badań i zabezpieczeń. Nierzadko wiele do życzenia pozostawia również gospodarka wodno-ściekowa na stoku. Nałożenie tych czynników może

stwarzające zagrożenie. Każdy przypadek powinien być rozpatrywany indywidualnie. Ważne jest, aby zachować zdrowy rozsądek, a przede wszystkim mieć świadomość tego, czym są osuwiska oraz jakie mogą



Ryc. 8. Zapadlisko w północno-wschodniej części złoża soli kamiennej „Barycz”. Fot. A. Batko, 1974 r.

doprowadzić do uaktywnienia osuwisk nawet w okresach względnie suchych. Kolejnym problemem jest tzw. „amnezja osuwiskowa”. Powoli zapominane są wydarzenia z 2010 r. Często na osuwiskach, które uaktywniły się w tamtym czasie, planowana jest nowa zabudowa z przekonaniem, że „tamto było dawno, a teraz to się nic nie dzieje”, albo „nadsypimy i wyrównamy, to osuwiska już nie będzie”. Wiemy już, że jest to błędne myślenie.

Problematyka osuwisk jest bardzo trudna w dyskusjach i podejmowaniu decyzji. Z jednej strony znajduje się człowiek, który nieustannie szuka nowych terenów pod zabudowę. Z drugiej istnieją osuwiska

być skutki ich uaktywnienia. Nader istotna jest rola organów administracji samorządowej. Dlatego Urząd Miasta Krakowa we współpracy z instytucjami naukowymi aktywnie uczestniczy przy wydawaniu opracowań popularnonaukowych mających na celu podnoszenie świadomości mieszkańców o zagrożeniach osuwiskowych [np. 33, 36, 37].

Podziękowania

Autor składa serdeczne podziękowania dr. hab. inż. Lesławowi Zabuskiemu, prof. IBW PAN za wiele cennych uwag i poprawek w tekście.

Bibliografia:

1. Alexandrowicz S. W. (1956) Stary obryw skalny w Tyńcu koło Krakowa. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 108: 5–16.
2. Batko A. (1974) 50 lat kopalni Barycz 1924–1974. *Zjednoczenie Kopalnictwa Surowców Chemicznych, Kopalnie Soli Wieliczka i Bochnia*.

3. Brzozowska C., Brzozowski J. (1970) Rejestracja osuwisk w powiecie krakowskim, woj. krakowskie. "Geoprojekt" Przedsiębiorstwo geologiczno-fizjograficzne i geodezyjne budownictwa w Krakowie. Narodowe Archiwum Geologiczne PIG – PIB, Kraków.
 4. Chowaniec J., Freiwald P., Nescieruk P. i wsp. (2005) Inwentaryzacja wraz z udokumentowaniem terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz terenów, na których ruchy te występują w obrębie dzielnic I–VII, m. Krakowa. PIG Oddział Karpacki, Kraków.
 5. Chowaniec J., Freiwald P., Nescieruk P. i wsp. (2006) Inwentaryzacja wraz z udokumentowaniem terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz terenów, na których ruchy te występują w obrębie dzielnic VIII–XIII, m. Krakowa. PIG Oddział Karpacki, Kraków.
 6. Chowaniec J., Freiwald P., Nescieruk P. i wsp. (2007) Inwentaryzacja wraz z udokumentowaniem terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz terenów, na których ruchy te występują w obrębie dzielnic XIV–XVIII, m. Krakowa. PIG Oddział Karpacki, Kraków.
 7. Felisiak I., Matyszkiewicz J., Sokołowski T. (2005) Teaching of geological mapping at Geological Mapping Department, AGH University of Science and Technology, Kraków. Detailed geological map of Las Wolski and Św. Bronisława Hill. *Przegląd Geologiczny*, 53: 899–902.
 8. Gawalkiewicz R., Szafarczyk A. (2016) Surveying in the studies of the stability of earthy constructions, focus on selected historical mounds in Krakow (Poland). *Boletim de Ciências Geodésicas*, 22 (2): 324–341.
 9. Grabowski D., Marciniak P., Mrozek T. i wsp. (2008) Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000. PIG, Warszawa.
 10. Gradziński R. (1960) Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
 11. Howiacki T., Mieszczak M., Jedliński S. (2015) System monitorowania konstrukcji Kopca Kościuszki w Krakowie. XXVII Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane, 20–23.05.2015, Międzyzdroje.
 12. Kaczmarczyk R., Tchórzewska S., Woźniak H. (2011) Charakterystyka wybranych osuwisk z terenu Polski południowej uaktywnionych po okresie intensywnych opadów w 2010 r. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 446: 65–74.
 13. Kaczmarczyk S. (2007) Współczesne materiały i technologie w zastosowaniach do stabilizacji zboczy i murów oporowych na Wawelu w Krakowie. *Czasopismo Techniczne*, 4-A: 287–294.
 14. Kamieniarz S. (2021) Predykcja zagrożenia osuwiskowego miasta Krakowa z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych i metod geostatystycznych. Rozprawa doktorska. Narodowe Archiwum Geologiczne PIG – PIB, Warszawa.
 15. Kamieniarz S., Wódka M., Wójcik A. (2018) Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000, pow. Kraków miasto, woj. Małopolskie. PIG – PIB, Warszawa.
 16. Margielewski W. (2006) Records of the Late Glacial-Holocene palaeoenvironmental changes in landslide forms and deposits of the Beskid Makowski and Beskid Wyspowy MTS. Area (Polish outer Carpathians). PAU, Komisja Paleogeografii czwartorzędu. Kraków: 149.
 17. Mazurek J. (2007) Deformacje powierzchni w otworowej kopalni soli „Barycz” w likwidacji. Czy mogą jeszcze powstać zapadliska? *Górnictwo i Geoinżynieria*, 31: 409–422.
 18. Paul Z., Rączkowski W., Ryłko W. i wsp. (2016) Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Myślenice (996). PIG – PIB, Warszawa.
 19. Rączkowski W. (2007) Landslide hazard in the Polish Flysch Carpathians. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 41: 61–76.
 20. Rutkowski J. (1992) Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Kraków (973). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
 21. Sulimierski F., Chlebowski B., Walewski W. (1892) Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich, tom XII. Kasa im. Józefa Malinowskiego, Warszawa: 711–714.
 22. Tyczyńska M. (1967) Mapa geomorfologiczna terytorium miasta Krakowa. Polskie Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, Warszawa.
 23. Tyczyńska M. (1968) Rozwój geomorfologiczny terytorium miasta Krakowa. *Zeszyty Naukowe UJ, Przegląd Geograficzny*, 17: 5–59.
 24. Wojciechowski T. (2019) Osuwiska – problemy prawne, społeczne i administracyjne. *Przegląd Geologiczny*, 67: 298–302.
-

25. Wojciechowski W. (2010) Raport po powodzi z maja i czerwca 2010 r. Urząd Miasta Krakowa, Kraków.
26. Wódka M. (2020) Ocena aktywności wybranych osuwisk w rejonie Jeziora Rożnowskiego w świetle badań terenowych oraz analiz różnicowych modeli terenu. *Przegląd Geologiczny*, 68: 60–67.
27. Wódka M., Kamieniarz S. (2018) Objasnienia do Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000, pow. Kraków miasto, woj. Małopolskie. PIG – PIB, Warszawa.
28. Wójcik A. (2017) Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, arkusz Wieliczka (997). PIG – PIB, Warszawa.
29. Wójcik A. (2007) Mapy środowiska przyrodniczego, Budowa geologiczna. W: *Atlas Kampusu 600-lecia Odnowienia Uniwersytetu Jagiellońskiego*. Jędrzychowski I. red. Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Kraków.
30. Wójcik A. (2011) Mapy dokumentacyjne osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000 miasto Kraków, dzielnice I–VII oraz X–XI. PIG Oddział Karpacki, Kraków.
31. Wójcik A. (2012) Część II. Wybrane osuwiska. Wyżyna krakowsko-częstochowska i zapadlisko przedkarpackie. 26. Kraków, ul. Sawiczewskich. W: *Osuwiska w województwie małopolskim – atlas, przewodnik*. Chowaniec J., Wójcik A. red. Departament Środowiska, Rolnictwa i Geodezji Urzędu Marszałkowskiego Województwa Małopolskiego, Zespół Geologii, Kraków: 126–128.
32. Wójcik A. (2012) Mapy dokumentacyjne osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000 miasto Kraków, dzielnice VIII–IX oraz XII–XVIII. PIG Oddział Karpacki, Kraków.
33. Wójcik A. (2015) 13. Procesy osuwiskowe. W: *Środowisko przyrodnicze Krakowa. Zasoby – Ochrona – Kształtowanie*. Baścik M., Degórksa B. red. IGiGP UJ, Kraków: 219–221.
34. Wójcik A. (2019) Późnoglacialny rozwój osuwisk w polskich Karpatach zewnętrznych. *Przegląd Geologiczny*, 67: 397–404.
35. Wójcik A., Garecka M., Olszewska B. i wsp. (2015) Fossil karst in the Jurassic of the Kościuszko Mound in Kraków (southern Poland). *Geological Quarterly*, 59: 61–70.
36. Wójcik A., Garecka M., Kamieniarz S. i wsp. (2016) Kopiec Kościuszki i jego podłoże geologiczne, Atlas – przewodnik. Urząd Miasta Krakowa Wydział Kształtowania Środowiska, Kraków.
37. Wójcik A., Kamieniarz S., Wódka M. i wsp. (2019) Atlas osuwisk miasta Krakowa. Urząd Miasta Krakowa Wydział Kształtowania Środowiska, Kraków. Wydawnictwo „Kartogram”, Bolechowice.
38. Wójcik A., Lewandowski J. (2020) Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Niepołomice (974), reambulacja. PIG – PIB, Warszawa.
39. Wrana B., Pietrzak N. (2015) Slope stability estimation of the Kościuszko Mound in Cracow. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 37: 93–101.
40. Żytka K., Zając R., Gucik S. i wsp. (1989) Map of the tectonic elements of the Western Outer Carpathians and their foreland, Table III. W: *Geological atlas of the western outer Carpathians and their foreland*. Poprawa D., Nemčok J. red. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

GEOARCHEOLOGICZNE BADANIA NAWARSTWIEN HISTORYCZNYCH KRAKOWSKIEGO STAREGO MIASTA – WYBRANE PROBLEMY

Geoarcheological research of made-ground of Krakow Old Town – selected problems

Tadeusz Sokołowski, Marta Wardas-Lasoń, Wojciech Tabaszewski (Kraków)

Streszczenie

Zastosowanie zróżnicowanego instrumentarium badawczego pozwoliło na wykazanie, że istniejące w obszarze badań lokalne czynniki środowiskowe (m.in. rzeźba powierzchni terenu, sieć hydrograficzna, zagrożenia naturalne, możliwość pozyskiwania pożywienia) spowodowały, że w najstarszej części Krakowa najbardziej intensywny rozwój osadnictwa, rzemiosła i handlu miał miejsce na wzgórzach, a nieco później na wyżej położonych terasach rzecznych, piaszczystych w stropie. Działalność ludzka była natomiast przyczyną powstawania obiektu badań – przeciętnie kilkumetrowej miąższości nawarstwień historycznych, zwanych też nasypami. Odznaczają się one zróżnicowaną litologią, zawierając m.in. poziomy popiołu, wskazujących na pożary miasta, mułków związanych z obecnością wód stojących lub płynących na jego obszarze itp. Nawarstwienia zawierają też wiele zanieczyszczeń, w tym metali, nagromadzonych w efekcie funkcjonowania na terenie miasta rzemieślniczych zakładów obróbki metali, które jednocześnie stały się źródłem skażenia wód podziemnych.

Abstract

The use of various research instruments made it possible to show that the local environmental factors occurring in the studied area (e.g. surface relief, hydrographic network, natural hazards, possibility of obtaining food) caused that in the oldest part of Krakow the most intensive development of settlement, crafts and trade took place on the hills, and a little later on the higher, river terraces - sandy in the roof. Human activity, on the other hand, was the cause of the formation of the object of research - on average, several meters thick historical layers, also called made-ground. They are characterized by varied lithology, containing for example levels of ash indicating the presence of town fires, silts connected with the occurrence of standing or flowing waters, etc. The layers also contain many pollutants, as a result of the operation of metalworking industries within the town, which at the same time became a source of groundwater contamination.

Wprowadzenie

Dla scharakteryzowania tytułowej problematyki wykorzystujemy własne badania i obserwacje, ale też czerpiemy informacje ze starszych publikacji. Wymogi redakcyjne mocno ograniczają ilość cytacji, dlatego spis publikacji ujmuje zwykle nowsze prace, wyłącznie polskich autorów i dotyczące Krakowa oraz jego okolic. Dlatego spisy bibliograficzne cytowanych prac są uzupełnieniem bibliografii umiesz-

czonej w tym tekście. Omawiana tematyka była też prezentowana w trzech zbiorowych monografiach wydanych przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie [28, 33, 34].

Celem prezentowanego artykułu, będącego podsumowaniem wcześniejszych prac autorów i licznego grona innych badaczy, jest spopularyzowanie interesującej i ważnej dla funkcjonowania każdego miasta tematyki geoarcheologii nawarstwień historycznych.

Geoarcheologia jest stosunkowo nową dziedziną działalności człowieka zmierzającego do zrozumienia procesów powstawania i przeobrażeń różnorodnych obiektów stworzonych przez siebie w przeszłości oraz ich oddziaływań, zarówno wzajemnych, jak i na otoczenie naturalne czy antropogeniczne. Oczywiście procesy te zachodzą w zmieniających się w czasie warunkach środowiska. Aby je zrozumieć i umieścić na osi czasu konieczne są badania wielu specjalistów zajmujących się m.in.: geologią, geofizyką, geoinformatyką, geomorfologią, historią, archeologią, architekturą, fizyką, chemią, metalurgią, inżynierią budowlaną i sanitarną.

Obszar badań obejmuje najstarsze z osad krakowskich, dzisiaj położonych w obrębie współczesnej dzielnicy Stare Miasto i niewielkich fragmentów dzielnic doń przylegających: Zwierzyńca, Krowodrzy, Prądnika Białego, Prądnika Czerwonego i Grzegórzek. Właśnie tam nawarstwienia, popularnie zwane nasypami, czasem gruntami antropogenicznymi, osiągają największą miąższość, odznaczając się zarazem najciekawszym składem mineralnym i petrograficznym czy interesującą zmiennością geochemiczną [15, 35]. Lecz zarazem w tych miejscach pojawiają się zagrożenia, wynikające z zaburzeń stabilności budowli, skażeń wód podziemnych itp. Badania nawarstwień historycznych mają więc aspekt nie tylko czysto poznawczy, ale również praktyczny.

Powstawanie nawarstwień było skutkiem rozwoju osadnictwa i nierozłącznie związanego z nim rzemiosła [30, 36, 37]. Lokalizację osad i obiektów rzemieślniczych determinowały warunki środowiskowe, w tym sieć wodna [25] i rzeźba powierzchni terenu, w regionie krakowskim powiązana szczególnie z budową geologiczną, zwłaszcza z odpornością skał na procesy niszczenia i ich tektoniką.

Metody badawcze nawarstwień historycznych

Uwzględniając interdyscyplinarność geoarcheologii, w badaniach zastosowano dość szerokie instrumentarium badawcze, pozwalające osiągnąć cel pracy. W analizie rzeźby powierzchni terenu i zmian sieci hydrograficznej wykorzystano obserwacje w terenie, sporządzano też mapy i przekroje geologiczne, mapy geomorfologiczne, analizowano dawne mapy topograficzne i publikacje, a także pojawiające się ostatnio rekonstrukcje wykorzystujące procedury geoinformatyczne, oparte na skanowaniu laserowym powierzchni terenu [np. 1, 11, 12, 19, 20, 23, 24].

Litologię nawarstwień historycznych scharakteryzowano wykorzystując badania mineralogiczne, petrograficzne i geochemiczne, zaś występujące w nich

wkładki biogeniczne były badane przez paleobotaników, zaś artefakty – przez archeologów [np. 22].

Do oceny stanu wód podziemnych, ich podatności na zanieczyszczanie, określania kierunków migracji i źródeł zanieczyszczeń wykorzystano badania rzeźby terenu, zarówno współczesnej, jak i tej skrytej pod nawarstwieniami, dane historyczne oraz dawne mapy i plany Krakowa dla zlokalizowania cieków i zbiorników wodnych, a także wykonane analizy geochemiczne nawarstwień [15, 22, 35]. Pozwoliły one na ocenę przeobrażeń warunków hydrogeologicznych i zmian składu chemicznego wód [4, 8]. Główną rolę w zanieczyszczaniu nawarstwień i wód niektórymi substancjami, zwłaszcza metalicznymi, odgrywały niegdyś zakłady rzemieślnicze wytwarzające sporo stałych i ciekłych odpadów zanieczyszczających wody powierzchniowe i podziemne [29, 31, 32, 39].

Metody geofizyczne, przede wszystkim elektrooporowe i georadarowe, pozwalają na poznanie antropogenicznych przekształceń rzeźby pod nawarstwieniami, w tym przebiegu cieków, starych fos czy kanałów ściekowych, określanie lokalizacji infrastruktury wodno-kanalizacyjnej oraz zwykle nieczynnych już studni, jak też stref zasolenia środowiska gruntowo-wodnego [13, 32, 38, 39]. Wykorzystując więc inwentaryzację i ocenę jakości wód w owych studniach, w aspekcie ubożenia zasobów wodnych w miastach, można i warto postulować o przywrócenie ich użytkowych funkcji [4, 8].

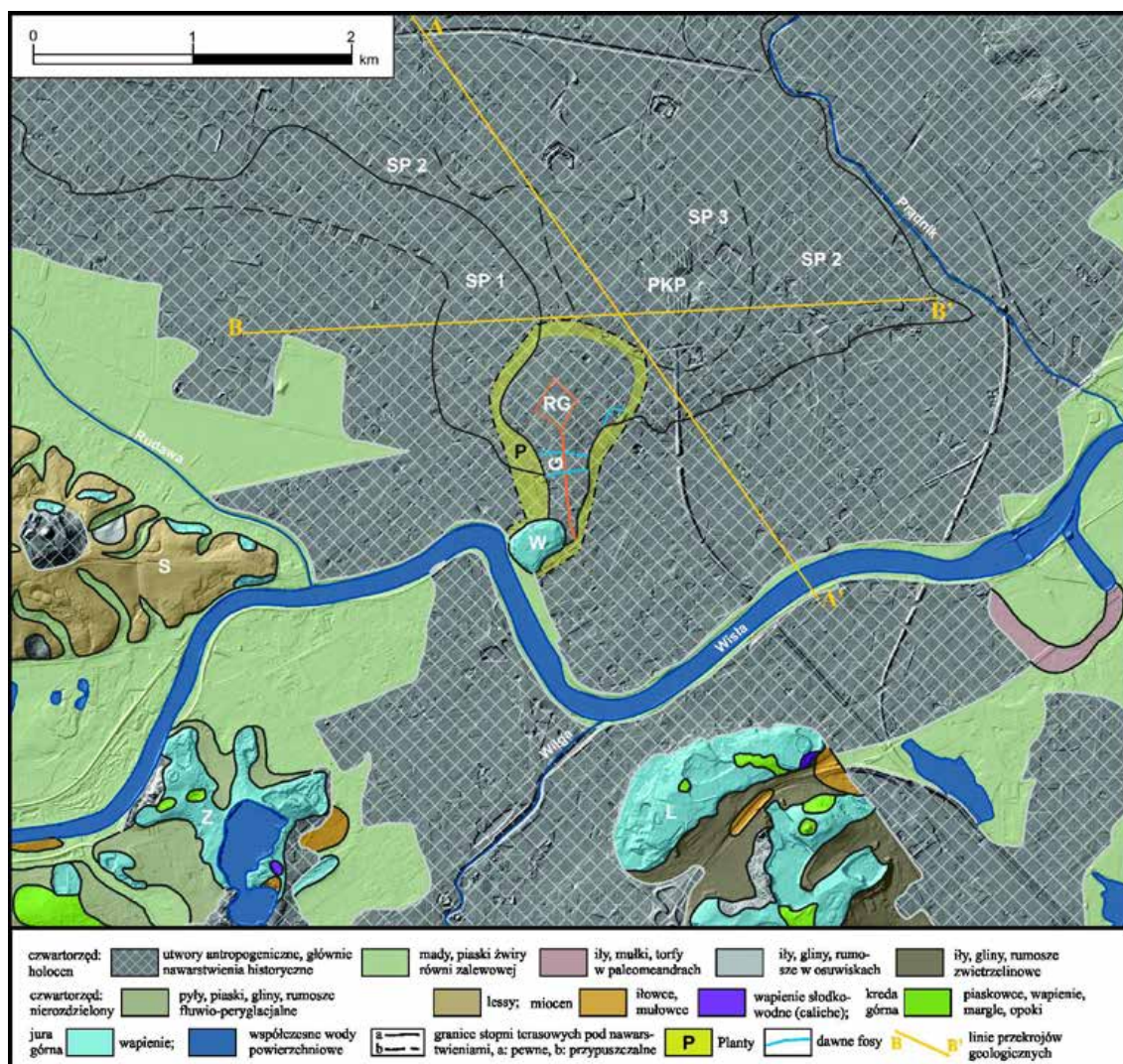
Zarys fizjografii terenu

Według regionalizacji fizycznogeograficznej Polski, obszar badań i jego najbliższe otoczenie znajdują się na pograniczu Bramy Krakowskiej i Kotliny Sandomierskiej, zaliczanych do Podkarpacia [9]. Na rzeźbę większych form wpływają tektonika oraz odporność na procesy destrukcji skał starszych od pliocenu. Ukształtowanie powierzchni terenu i jego wpływ na osadnictwo w Krakowie i okolicach omawiają zarówno prace geologów [6, 11, 19, 20, 23, 27], jak i miejscami różniące się ujęciem zagadnienia prace historyków i archeologów [17, 40].

Najbardziej charakterystycznymi formami rzeźby terenu są w rejonie krakowskim doliny rzek i okalające je wzniesienia. Te drugie zostały założone na wyniesionych tektonicznie i różnej wielkości blokach (zrębach) zbudowanych głównie z wapieni wieku górnokarpackiego (piętra oksford i kimeryd) - najstarszych skał występujących na terenie Krakowa i zarazem najbardziej odpornych na procesy niszczące (Ryc. 1). Na tych skałach, w formie niewielkich płatów, zalegają mniej odporne na erozję osady wieku górno-

kredowego, głównie margle i opoki, a także utwory gliniaste, ilaste, niekiedy piaszczyste (mające często charakter zwietrzelin) wieku oligoceńskodolnomiocenckiego (tzw. oligomiocen). Lokalnie występują także wapienie ostrygowe i wapienie słodkowodne (caliche) wieku miocenckiego (Ryc. 1). Nie wpływa-

Doliny wykorzystały miejscami obniżenia (rowy) tektoniczne, wyścielone przede wszystkim słabo odpornymi na niszczenie, zwykle iłowcowo-mułowcowymi osadami wieku miocenckiego. Największą z rzek jest Wisła, a jej ważniejszymi dopływami na obszarze miasta są lewobrzeżne Rudawa i Prądnik



Ryc. 1. Główne elementy topograficzne krakowskiego Starego Miasta na tle mapy geologicznej (mapa geologiczna wg. [21], zmienione). G – ulica Grodzka, K – Kopiec Kościuszki, L – wzgórze Lasoty, PKP – krakowski kolejowy Dworzec Główny, RG – Rynek Główny, S – pasmo Sowiniec-Sikornik, SP 1 – SP 3 – stopnie stożka Prądnika, W – Wawel, Z – Krzemionki Zakrzowieckie. **Uwaga:** odcienie barw w obrębie poszczególnych pól mogą się zmieniać skutkiem zastosowania podkładu na bazie obrazowań LIDAR.

ją one jednak w znaczący sposób na kształtowanie rzeźby terenu. Podczas trwania czwartorzędowego wzniesienia zostały pokryte przez osady czwartorzędowe; lessy o genezie eolicznej (m.in. w paśmie Sowiniec-Sikornik), miejscami zaś pyły, piaski (niekiedy z domieszką fragmentów skał wapieni jurajskich) określone jako utwory fluwioperyglacjalne [19](Ryc. 1). Stoki każdego z tych wzniesień rozcinają liczne kamieniołomy, które już w średniowieczu dostarczały materiału kamiennego – głównie wapieni górnej jury – na krakowskie budowle.

(Białucha) oraz prawobrzeżna Wilga, których obecny przebieg wymusiły głównie prace regulacyjne prowadzące przede wszystkim do wyprostowania ich koryt. Szczególnym przykładem tych prac jest rzeka Wisła, która niegdyś tworzyła szereg łukowatych zakoli (meandrów), doskonale czytelnych na dawnych mapach topograficznych, współcześnie zaś jej koryto zostało wyprostowane (tworzy jedynie szerokie zakola - m.in. pod Wawelem) i obwałowane.

W dolinach rzek występuje kilka poziomów teras rzecznych wieku czwartorzędowego (Ryc. 1, 2).

Najwyższe z nich tworzą szereg różnej wielkości płatów o wysokości od około 9 do 25 m i więcej, wznoszących się ponad współczesnymi korytami rzek. Jeden z płatów w dolinie Wisły jest nazywany stożkiem Prądnika, mimo że w jego kształtowaniu uczestniczyły też Wisła i Rudawa. Tworzy on kilka stopni (S 3, Ryc. 1, 2). Wyższy opada od północy w kierunku Dworca Głównego PKP oraz ulic Szlak, Pędzichów po Kleparz i okolice ulicy Lubicz. Niższy stopień (S 2), przechodzący ku południowi w wąską ostrogę, sięga Wawelu. Powierzchnia każdego z nich, poza nachyleniem w kierunku południowym, opada także w kierunku ich krawędzi, a więc na Starym Mieście ku wschodowi i zachodowi, co ma miejscami szczególne znaczenie, zwłaszcza dla usytuowanych w tych rejonach budowli.

Najniższy stopień (S 1) rozpoznany został po stronie zachodniej osiągając największą szerokość w okolicach ulic Krupniczej, Karmelickiej oraz Łobzowskiej i bywa łączony z działalnością Rudawy. Jego silnie przekształcona krawędź jest czytelna w postaci niewielkiego nachylenia powierzchni terenu m. in. w rejonie szpitala im. J. Dietla.

Stożek Prądnika budują głównie osady piaszczyste i piaszczysto-żwirowe z wkładkami mułków i torfów, o łącznej miąższości sięgającej miejscami niemal 30 metrów (Ryc. 2). Złożoność rzeźby terenu i budowy stożka Prądnika jest skutkiem długotrwałych procesów akumulacji, przeplatanych procesami erozji w zmiennych warunkach klimatycznych zimnych glacialów i ciepłych interglacialów podczas czwartorzędu. Czas jego powstania na analizowanym obszarze rozpoczął się podczas interglacjału eemskiego (ok. 132–115 tys. lat temu), poprzedzającego ostatnie zlodowacenie Wisły, a zakończył pod koniec tegoż zlodowacenia (niespełna 15 tys. lat temu).

W rozcięciach opisanych stopni utworzyły się najniższe i najmłodsze stopnie terasowe równi zalewowej. Wyższy (zwany dawniej terasą rędziną), zajmuje większą część den dolinnych, odznaczających się nierówną powierzchnią urozmaiconą obniżeniami odciętych i wypełnionych wodą fragmentów dawnych koryt (starorzeczka) albo zakoli wypełnionych już ilasto-mułkowymi osadami i czasem torfami (paleomeandry). Niższy stopień (terasa łęgowa) tworzy zwykle wąskie listwy występujące wzdłuż koryt rzek stwierdzone poza centrum miasta. Pomiędzy współczesnymi ujściami Rudawy i Prądnika równia zalewowa jest przekształcona pracami regulacyjnymi tak, że jej zasięg jest nie do odtworzenia. Budują ją osady piaszczysto-żwirowe i piaszczyste, przykryte zwykle brunatnymi madami o łącznej miąższości kilku, czasem kilkunastu metrów. Osady równi zale-

wowej zaczęły powstawać jeszcze w późnym glacialu zlodowacenia Wisły i tworzą się nadal.

Ważną rolę dla osadnictwa pełni sieć hydrograficzna; rzeki, sztuczne kanały oraz dawniej stawy i mokradła. Stawy, mokradła i często wiążące się z nimi torfowiska powstały na najniższych terasach w pobliżu krawędzi stożka Prądnika, a jednocześnie na zewnątrz murów miejskich, pełniąc przy tym ważną rolę w średniowiecznym środowisku Krakowa. Największymi stawami były: Leipniger (Sebastianiński) po wschodniej stronie murów, a po zachodniej Żabi Kruk.

Zarys rozwoju osadnictwa, rzemiosła i handlu oraz niektóre przejawy przekształcania powierzchni terenu i sieci wodnej Starego Miasta

Badaniami osadnictwa zajmowali się archeolodzy i historycy, m.in. [2, 5, 3, 18, 19, 41].

Najstarsze, paleolityczne osadnictwo rozwijało się okresowo na wzgórzach, m.in. na Wawelu. Jednym z najbardziej znanych jest stanowisko „łowców mamutów” przy ulicy Spadzistej, na północnym stoku Sikornika. Stopniowo osadnictwo przekształcało się w coraz bardziej ciągłe i trwało od najmłodszej epoki kamienia (neolit), poprzez epoki brązu, żelaza aż po czasy współczesne. Oczywiście niezwykle rolę pełnił Wawel. Jego stosunkowo płaska wierzchołowa, z której strome stoki opadały ku leżącemu kilkadziesiąt metrów niżej dnu doliny Wisły, stanowiła miejsce bezpieczne zarówno pod względem obronności, jak i zalewów powodziowych Wisły. Dlatego już w IX wieku funkcjonował tutaj obronny gród otoczony drewniano-ziemnymi fortyfikacjami.

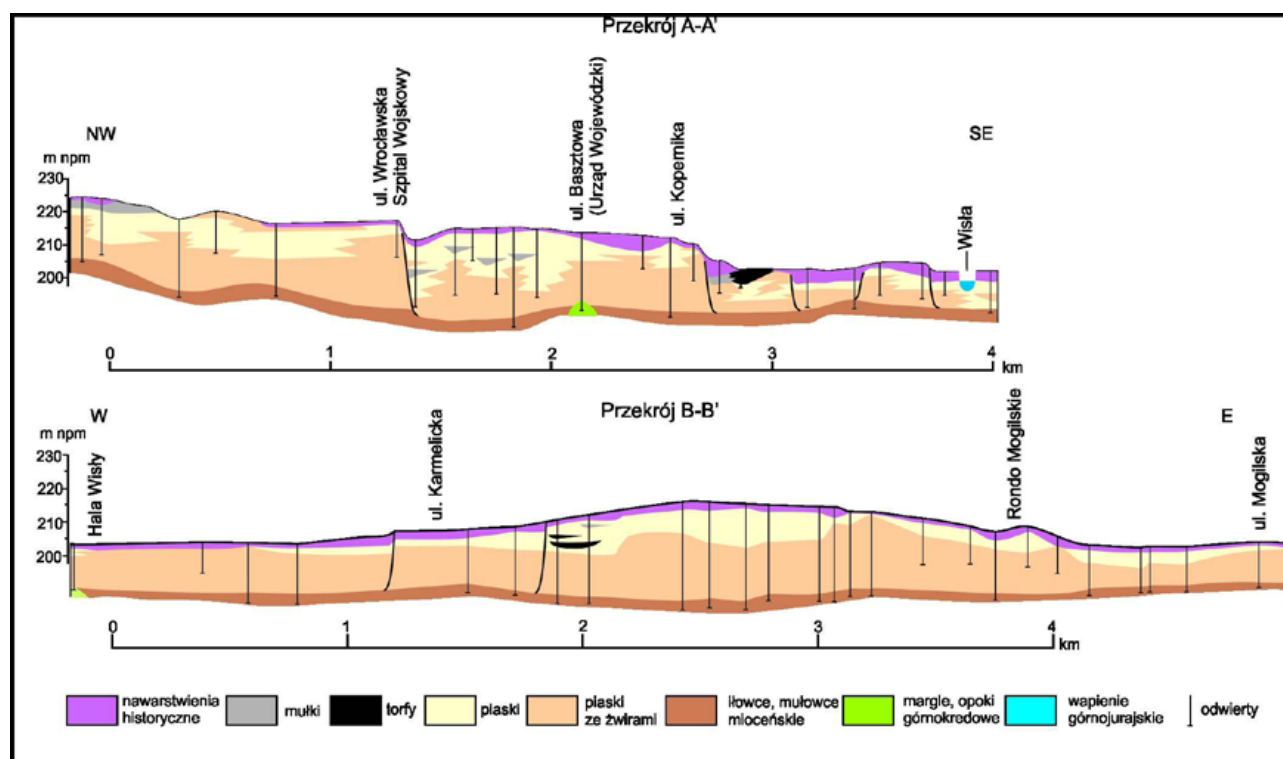
Mniej więcej w tym samym czasie osadnictwo dzisiejszego Starego Miasta zaczyna obejmować tereny niżej położone. Najbardziej dogodnym miejscem był stożek Prądnika. Było tu sucho, ale z łatwym, niedalekim dostępem do wody, a powódzie docierały tu bardzo rzadko. Koryta rzek oraz pobliskie stawy dostarczały pożywienia – ryb. Wprawdzie znaleziono tu ślady pobytu ludzi już w epoce brązu i żelaza, to jednak większe i stałe osady tworzone w średniowieczu. Najstarsza (VIII w.) jest zwana Okołem. Leżał on nieopodal wawelskiego wzgórza, obejmując okolice dzisiejszej ulicy Grodzkiej. Z upływem czasu rozwój osadnictwa rozprzestrzenił się ku północy, w okolice dzisiejszego Rynku Głównego i otaczających go ulic. Sam rynek został wytyczony w 1257 roku, jako skutek przywileju lokacyjnego miasta i stał się głównym miejscem wymiany handlowej, skupionej wokół Sukiennic, wybudowanych po połowie XIII wieku. Był też ważnym węzłem komunikacyjnym. Do połowy XIV wieku powierzchnia rynku wykładana była

wiązkami słomy, a miejscami nad rynsztokami układano drewniane kłody lub większe głazy, natomiast od drugiej połowy XIV wieku całość placu została wyłożona brukiem z kamienia wapiennego.

W późniejszym średniowieczu zasiedlano mniej korzystne obszary równi zalewowej, początkowo jej nieco wyższe fragmenty, zwykle w pobliżu kościołów (Skałka, kościół św. Jakuba czy nieistniejący już kościół św. Wawrzyńca). W XIV w. Kazimierz Wielki założył tutaj Kazimierz, będący do przełomu XVIII i XIX wieku samodzielnym miastem oddzielonym od Krakowa odnogą ówczesnej Wisły (Ryc. 3).

osad i miasta było narastanie nawarstwień historycznych, będących *de facto* wielkim składowiskiem śmieci. Mają one zmienny charakter, a ich miąższość zwykle nie przekracza 5 metrów. Punktowo miąższość nasypów przekracza 7 metrów (doły chłonne, fosy itp.), a sporadycznie sięga nawet kilkunastu metrów [30, 36].

Jednym ze skutków działań człowieka są antropogeniczne formy rzeźby. Do tworzonych intencjonalnie [15] można m.in. zaliczyć spłaszczenia powierzchni terenu powstałe wskutek budownictwa, rozwoju transportu i komunikacji, prac hydrotech-



Ryc. 2. Przekroje geologiczne (przekrój A-A' częściowo na podstawie [23]).

Wraz z rozwojem osadnictwa rozkwitało rzemiosło i handel. Na terenie osad, a po lokacji w obrębie miasta Krakowa, działały właściwie wszystkie ze znanych zakładów rzemieślniczych, m.in.: garbarnie, młyny, zakłady garncarskie, topnie metali, tłuszczu i wosku, kuźnie, pralnie, farbiarnie, browary itd. Kraków był też ważnym ośrodkiem handlu, w tym solą i ołowiem. W sąsiedztwie Sukiennic, mieszczących kramy sukienne i postrzygalnie sukna, znajdowały się dwie wagi, Wielka i Mała, będące największymi tego typu obiektami w królestwie [37].

Poprawiano też warunki bytowania. Utwardzano więc materiałem kamiennym ulice, już w średniowieczu działał wodociąg rozprowadzający wody Rudawy w drewnianych rynnach. Budowano rynsztoki odprowadzające wody opadowe i nieczystości [4, 32].

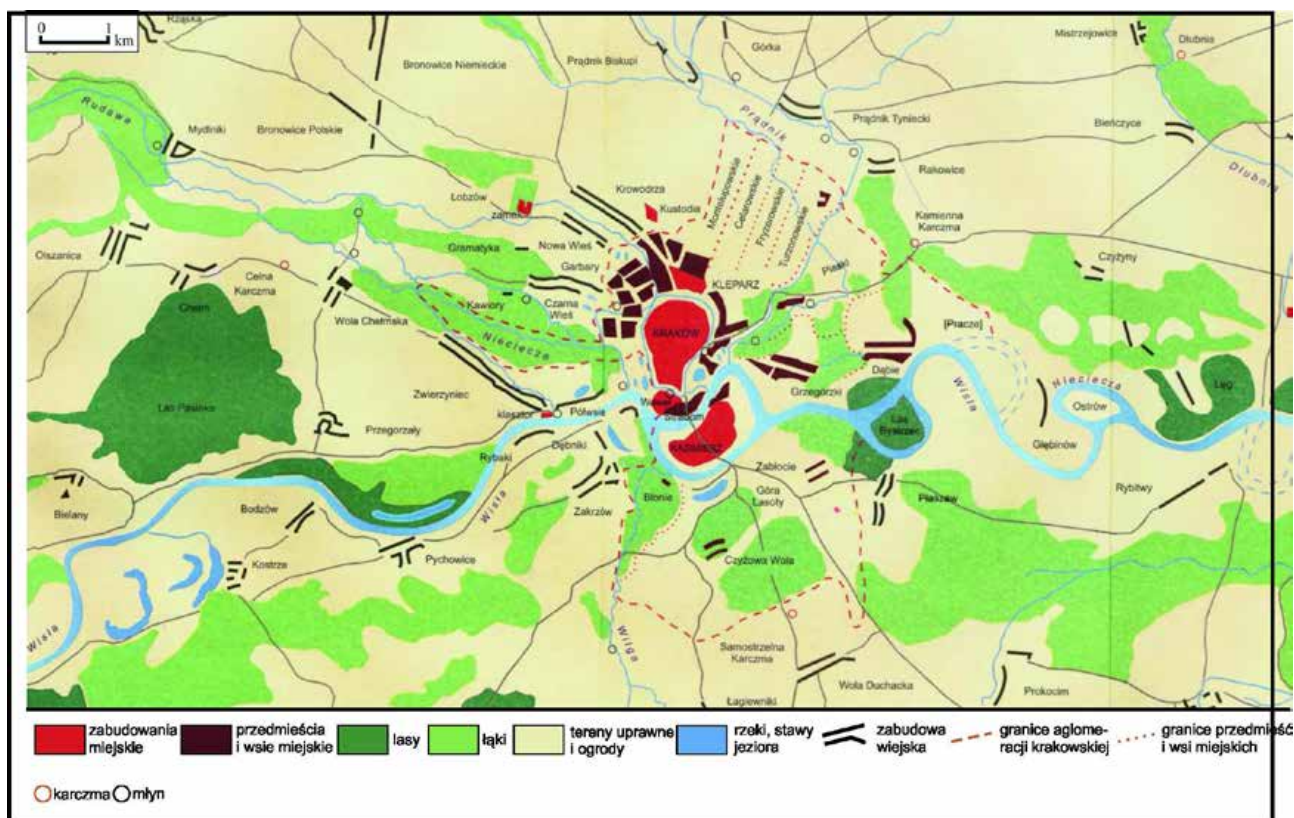
Oczywiście jednym ze skutków funkcjonowania

nicznych, górniczych czy działań militarnych - trwałe budynki o różnym charakterze, nasypy drogowe, kolejowe i tramwajowe, obiekty ziemne związane z funkcjonowaniem mostów, wiaduktów, estakady, tunele, wały przeciwpowodziowe, opaski brzegowe, kamieniołomy i hałdy odpadów górniczych, fosy, mury, wały obronne i inne fortyfikacje. W rzeźbie terenu nawarstwienia są trudniej dostrzegalne, bo ich strop jest płaski, a jednym z pośrednich skutków ich utworzenia jest zwiększenie wysokości powierzchni terenu.

Ważne dla dyskutowanej problematyki są miejskie fosy. Jedną z nich sztucznym przekopem przecinała stożek Prądnika w pobliżu dzisiejszego Placu Wszystkich Świętych. Kolejna przylegała od północy do Wawelu. Niewykluczone, że wykorzystywała koryto Rudawy. Aktualnie obydwie fosy są zasypane.

Największą była ta okalająca mury miejskie, dziś przekształcona w park krakowskich Plant, wykorzystująca miejscami sztuczne przekopy, lokalnie dawne koryta Wisły, Rudawy i być może Prądnika. Dzisiaj ich zagłębienia wypełniają zwykle mulki, mulki ilaste i nasypy.

dziesiątych XIX w., biegła wzdłuż dzisiejszych ulic Józefa Dietla i Ignacego Daszyńskiego. Ta dwudzielność koryta Wisły do dziś wzbudza dyskusję, gdyż nie wiadomo czy miało ono charakter naturalny, czy też było wynikiem działań ludzkich.



Ryc. 3. Mapa Krakowa i okolic w XVI w. (wycinek, na podstawie [10], nieco zmienione).

Ślady kamieniołomu na stokach wzgórza wawelskiego [7], słabo dziś czytelne, mają właściwie charakter ciekawostki antropogenicznego przekształcania rzeźby. Niewykluczone, że pewnemu przekształceniu uległo też wzgórze Skałka, na którym zbudowano klasztor Paulinów.

W znaczący sposób ludzie ingerowali także w przebieg koryt cieków. Zmieniano ich przebieg, rozdzielano koryta na kilka odnóg, a wody Rudawy i Prądnika skierowywano sztucznymi kanałami do miasta, gdzie były wykorzystywane w celach pitnych, zasilały też fosy [1, 11, 17, 26]. Młyńskie koła, a także koła napędzające inne urządzenia, np. młoty w kuźniach, działały dzięki sile przepływu wód rzecznych oraz sztucznych kanałów, zwłaszcza Młynówki Królewskiej odprowadzającej część wód Rudawy. Zmiany przebiegu koryta Wisły były wymuszane już od średniowiecza, a jej wody skierowywano w pobliże Wawelu. Tuż za wawelskim wzgórzem Wisła rozdzielała swoje koryto. Jedna z odnóg przebiegała podobnie do obecnego koryta. Druga, zasypiana w latach siedem-

Znaczenie i potrzeba włączenia praktyk geoarcheologicznych do badań podłoża historycznych miast

Osadnictwo, szczególnie w obrębie najstarszej części Krakowa, spowodowało, że grunty rodzime pokryte zostały kilkumetrowym nadkładem gruntów antropogenicznych. Zróżnicowanie ich miąższości wynika z podatności na gromadzenie się materiałów odpadowych oraz z intensywności procesów związanych z zagospodarowaniem terenów. Wielkość nawarstwień jest wypadkową uwarunkowań geomorfologicznych i środowiskowych. W miastach historycznych tego rodzaju nawarstwienia stają się obiektami badań w związku z zagrożeniami dla zabytkowych budowli i funkcjonowania miasta, związanych z niestabilnością podłoża, typową dla gruntów antropogenicznych. W rozpoznawaniu przyczyn tych zagrożeń oraz celem rozwiązywania rozmaitych problemów geoinżynierii stosowane są zarówno metody archeologiczne, jak i geomorfologiczne oraz

geochemiczne. Stanowią one od lat narzędzia geologii miejskiej. Ich celem jest interpretacja (z różnej perspektywy badawczej) genezy zróżnicowania nawarstwień i ich skutków dla infrastruktury miejskiej, by wskazać „czynniki sprawcze” odpowiedzialne za zmiany stabilności podłoża. „Jakość” nawarstwień

archeologicznych, w tym ich zmienność litologiczną, pozwala określić również charakter przekształceń środowiska, co pozwala ocenić historię ich zmian i wpływ przede wszystkim na stan zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego odczuwane zarówno w przeszłości, jak i obecnie.

Bibliografia

1. Bąkowski K. (1902) Dawne kierunki rzek pod Krakowem. *Rocznik Krakowski*, 5: 138–172.
2. Bieniarzówna J., Małecki J. red. 1992–2004. *Dzieje Krakowa*, 1-6. Wydawnictwo Literackie, Kraków.
3. Borowiejska-Birkenmajerowa M. (1975) *Kształt średniowiecznego Krakowa*. Kraków, Wydawnictwo Literackie.
4. Czop M., Motyka J., Wardas-Lasoń M., Tabaszewski W. (2010) Warunki hydrogeologiczne rejonu Rynku Głównego w Krakowie. *Krzysztofory: Zeszyty Naukowe Muzeum Historycznego Miasta Krakowa*, 28: 163–176.
5. Dąbrowski J. red. (1957) *Kraków. Studia nad rozwojem miasta*. Biblioteka Krakowska, 11.
6. Gilewska S., Starkel L. (1980). Rzeźba miejskiego województwa krakowskiego. *Folia Geographica, Series Geographica-Physica*, 13: 33-49.
7. Górecki J., Sermet E. (2010) Kamieniołomy Krakowa – dziedzictwo niedocenione. W: Zagożdżon P. Mądziarz M. red. *Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury*, 3: 23–138.
8. Kasprzak A., Motyka J., Wardas-Lasoń M. (2013) Changes in the chemical composition of groundwater in quaternary aquifer in old Krakow, Poland (years 2002–2012). *Geologia: Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie*, 39: 143–152.
9. Kondracki T. (2002) *Geografia regionalna Polski*. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN.
10. Laberschek J. (2005) Krakowski zespół osadniczy w wiekach XIII—XVI. *Rozwój terytorialny. Rocznik Krakowski*, 71: 9–30.
11. Łajczak A., Zarychta R. (2020) Reconstruction of the morphology and hydrography of the centre of Kraków before the mid-13th century. *Geographia Polonica*, 93, 1: 25–50.
12. Łuszczkiewicz W. (1899) Najstarszy Kraków na podstawie badania dawnej topografii. *Rocznik Krakowski*, 2: 1–28.
13. Łyskowski M., Pasierb B., Wardas-Lasoń M., Antonik W., Mazurkiewicz E. (2017) Geophysical and geochemical studies on historical layers in the area of Old Krakow. *Poland Archaeological Prospection*, 24,2: 157–167.
14. Łyskowski M., Pasierb B., Wardas-Lasoń M., Wojas A. (2018) Historical anthropogenic layers identification by geophysical and geochemical methods in the Old Town area of Krakow (Poland). *Catena*, 163: 196–203.
15. Migoń P. (2006) *Geomorfologia*. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN.
16. Pawlikowski M., Wardas-Lasoń M., Sokołowski T., Głowa W. (2010) Skład mineralny osadów calca i gruntów poziomów użytkowych Rynku Głównego w Krakowie jako odzwierciedlenie jego zmian funkcjonalnych. *Krzysztofory: Zeszyty Naukowe Muzeum Historycznego Miasta Krakowa*, 28, 2: 201–208.
17. Pociask-Karteczka J. (1994) Przemiany stosunków wodnych na obszarze Krakowa, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geogr*, 96: 7–53.
18. Radwański K. (1975) *Kraków przedlokacyjny – rozwój przestrzenny*. Warszawa. Robotnicza Spółdzielnia Wydawnicza Prasa, Książka, Ruch.
19. Rajman J. (2004) *Kraków. Zespół osadniczy, proces lokacji, mieszczanie do roku 1333*. *Prace Monograficzne Akademii Pedagogicznej im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie*, 375: 5–439.
20. Rutkowski J. (1993) *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, 1:50 000, arkusz Kraków*. Warszawa. Państwowy Instytut Geologiczny.
21. Sokołowski T. (2009) Topograficzne tło osadnictwa w Krakowie. *Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Geologia*. 35, 1: 67–76.

22. Sokołowski T., Świąder J. (2020) Budowa geologiczna okolic Krakowa, mapa geologiczna i tekst. Rękopis. Archiwum Katedry Analiz Środowiskowych, Kartografii i Geologii Gospodarczej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.
23. Sokołowski T., Wacnik A., Wardas M., Pawlikowski M. i wsp. (2008) Changes of natural environment in Kraków downtown – its chronology and directions: case geoarchaeological studies of Krupnicza Street site. *Geochronometria, Journal on Methods and Applications of Absolute Chronology*, 31: 7–19.
24. Sokołowski T., Wardas-Lasoń M. (2017) Środowiskowe uwarunkowania rozwoju roślinności Krakowa i okolic. W: Nalepka D., Stachowicz-Rybka R. red., VIII Polska konferencja paleobotaniki czwartorzędu: Wpływ człowieka na roślinność Krakowa i okolic w okresie górnego czwartorzędu: Kraków, 6–9 czerwca 2017. Kraków. Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, 66–74.
25. Sowina U. (2011) Kanały wód odpływowych w późnośredniowiecznym i wczesnonowożytnym Krakowie. W: Krabath S., Piekalski J., Wachowski K. red., Ulica, plac i cmentarz w publicznej przestrzeni średniowiecznego i wczesnonowożytnego miasta Europy Środkowej. *Wratislavia Antiqua*, 13: 269–274.
26. Tobiasz M. (1977) Dziejowe przemiany sieci wodnej i zagospodarowania przestrzennego Krakowa. Komisja Budownictwa i Gospodarki Wodnej w Rolnictwie. Kraków. Polska Akademia Nauk.
27. Tyczyńska M. (1968) Rozwój geomorfologiczny terytorium miasta Krakowa. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne*, 17: 5–68.
28. Wardas M., Pawlikowski M. red. (2009) Nawarstwienia historyczne Krakowa. *Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Geologia*, 35, 1. s. 128.
29. Wardas M., Biel A. (2009) Wpływ aktywności człowieka na zmiany właściwości fizykochemicznych gruntów w nawarstwieniach kulturowych w rejonie północnej części Małego Rynku w Krakowie. *Ochrona Środowiska i Zasobów*, 40: 130–136.
30. Wardas M., Pawlikowski M. red. (2008) Nawarstwienia historyczne Krakowa: Forum Naukowe 2007. Kraków. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH.
31. Wardas M., Zaitz E., Pawlikowski M. (2007) Rozpoznanie historycznych nawarstwień i podziemnej infrastruktury Krakowa, Kazimierza i ich przedmieść. *Roczniki Geomatyki*, 5, 8: 235–247.
32. Wardas M., Ziętek J., Łyskowski M., Tabaszewski W. (2010) Możliwość wykorzystania zanieczyszczenia osadów w nawarstwieniach archeologicznych Krakowa do wyznaczania lokalizacji historycznych kolektorów ścieków. W: Rajchel J. red. Jubileusz Katedry Geologii Ogólnej, Ochrony Środowiska i Geoturystyki Akademii Górniczo-Hutniczej 1920–2010. Kraków. Wydawnictwa AGH.
33. Wardas-Lasoń M. (2016) Wpływ uwarunkowań geośrodowiskowych i antropogenicznych na obecność historycznych zanieczyszczeń w podłożu klasztoru ss. Bernardynek w Krakowie. *Przegląd Geologiczny*, 64, 4: 262–274.
34. Wardas-Lasoń M. red. (2012) Nawarstwienia historyczne miast: Forum Naukowe 2008. Kraków. Wydawnictwa Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica.
35. Wardas-Lasoń M. red. (2016) Nawarstwienia historyczne miast Europy Środkowej. Forum Naukowe 2012. Kraków. Wydawnictwa Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej.

Dr inż. Tadeusz Sokołowski, AGH w Krakowie, Kraków. E-mail: tsokol@agh.edu.pl, ORCID: 0000-0002-6237-7116

Dr hab. inż. Marta Wardas-Lasoń, AGH w Krakowie, Kraków, prof. AGH. E-mail: mw@agh.edu.pl, ORCID: 0000-0001-5959-7663

Mgr Wojciech Tabaszewski, GDDKiA O/Kraków. E-mail: panq1@wp.pl

RÓŻNORODNE WODY PODZIEMNE KRAKOWA – DOBRODZIEJSTWO CZY PROBLEM

Diversified underground waters of Krakow – an asset or a problem

Jacek Motyka, Kajetan d'Obyrn & Lucyna Rajchel (Kraków)

Streszczenie

Budowa geologiczna Krakowa jest bardzo skomplikowana ze względu na tektonikę uskoku, która spowodowała powstanie różnej wielkości zrębów i rowów tektonicznych, zbudowanych z wapieni jurajskich i margli kredowych. Dzięki takiej budowie geologicznej w Krakowie wyróżnia się dwie strefy hydrodynamiczne: górną i dolną. Jakość wód podziemnych w tych strefach jest bardzo odmienna. W górnej strefie, w warunkach naturalnych, wody podziemne są dobrej jakości i nadają się do picia. Związane jednak z wielowiekowym osadnictwem ścieki bytowe i zanieczyszczenia pochodzące z aktywności produkcyjnych spowodowały zanieczyszczenie tych wód i degradację ich jakości. W dolnej strefie hydrodynamicznej występują artezyjskie wody mineralne, wykorzystywane do kąpieli leczniczych w uzdrowisku w Swoszowicach i aktualnie do picia, w pijalni przy rondzie Matecznego. Są też wody, które zostały udostępnione w kilku zdrojach krakowskich. Wody te są dobrodziejstwem, a wody górnej strefy hydrodynamicznej problemem dla mieszkańców miasta.

Abstract

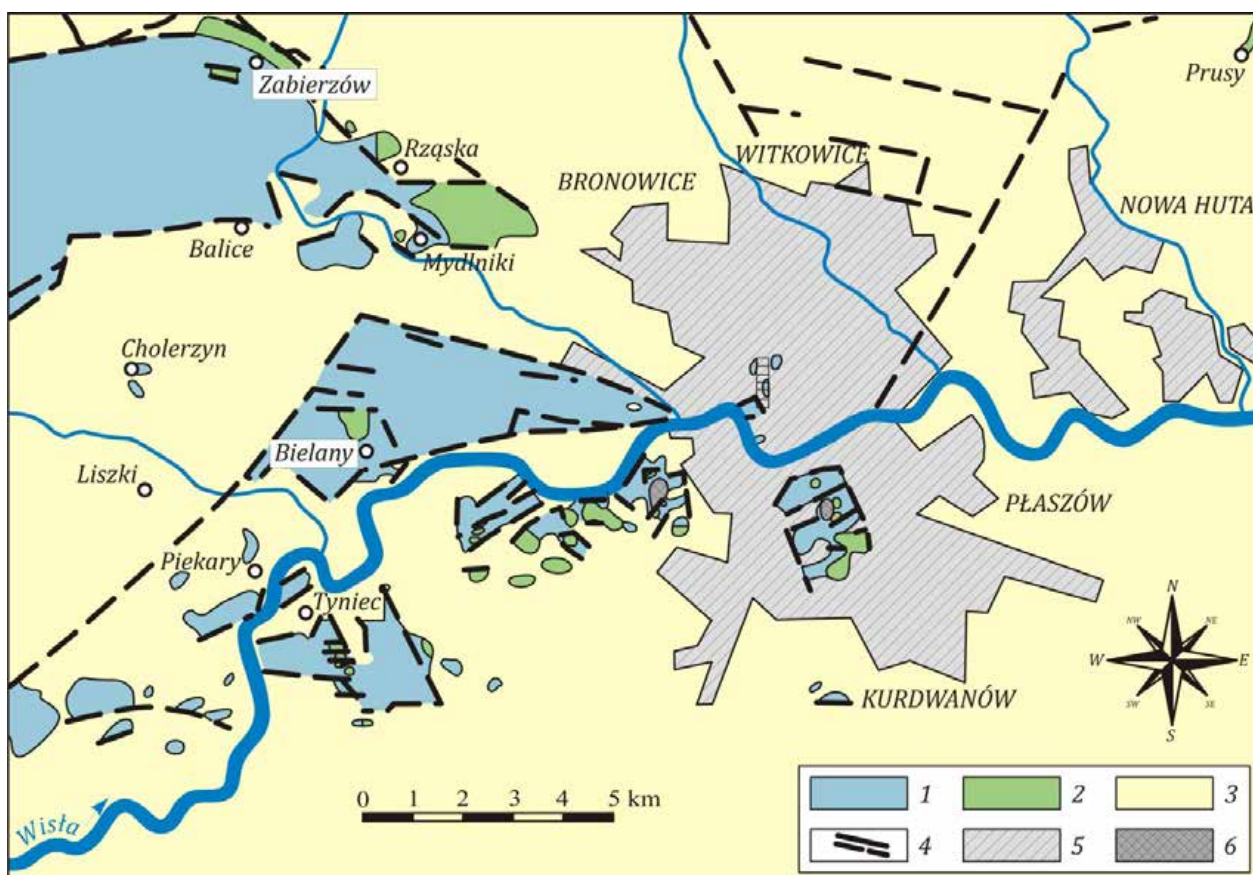
Geology of Krakow is much complicated because of the fault tectonics that has formed horsts and troughs of various sizes, composed of Jurassic limestones and Cretaceous marls. Due to such a geological structure two hydrodynamic zones, the upper and the lower one, can be distinguished within the city area. The quality of underground waters of the both zones cannot be compared straightforward. If the quality of the lower zone waters is satisfactory overall, the same pertains only to water-bearing horizons of the upper one, i.e. those that have formed under natural conditions and can be today considered potable. The quality of other upper water horizons is very much inferior to them and results from centuries of various human activities producing, e.g. domestic, urban or handicraft effluents and sewage that have contaminated and degraded more shallow-water horizons. In contrast to them, some waters of the deeper hydrodynamic zone are even of the mineral type and occur under artesian conditions. They are currently used in the Swoszowice spa in therapeutic bathing and for drinking and also in the re-opened drinking facility close to the Mateczny roundabout. There are also some places across the city, where such underground waters have been made usable to the public. Concluding, depending on the quality of waters and on the site from which they have been rendered available, the underground waters of Krakow may represent either an asset or a problem for the city inhabitants.

Życie narodziło się w wodzie i woda jest niezbędna do życia. To ogólnie znana wiedza. Również powszechnie wiadomo, że jakość wody, którą pijemy ma wpływ na nasze zdrowie, ale jeśli zapytać, co to

jest ta jakość i co na nią wpływa, to niewielu z nas potrafi na to odpowiedzieć. W obiegowej opinii najczęściej dobrą jakość wody wiąże się z subiektywnym odczuciem jej smaku. Istotne znaczenie ma też

optyczna ocena wyglądu wody. Woda mętna, zawierająca zawieszinę cząstek mineralnych lub, co gorsza, zabarwiona, wzbudza najczęściej uzasadnioną niechęć do jej picia. Tymczasem o jakości wody decyduje to, czego nie widać, a co w niektórych przypadkach jest wyczuwalne smakowo, tzn. jej skład chemiczny.

Woda podziemna powstaje głównie przez migrację wód opadowych w środowisku skalnym i tym samym nabiera właściwości chemicznych skał, w których przebywa. Na przykład woda gromadząca się w wapieniach jest bogata w wapń, a w dolomitach w wapń i magnez, cenne pierwiastki



Ryc. 1. Mapa geologiczna rejonu Krakowa (wg [9], zmienione). 1 - utwory jurajskie, 2 - utwory kredowe, 3 - utwory trzeciorzędowe, 4 - uskoki, 5 - obszar zurbanizowany, 6 - kamieniołomy.

W naturalnych wodach, tak powierzchniowych, jak i w podziemnych, występuje siedem głównych składników (makroelementów) w formie jonowej, które stanowią ponad 95% substancji rozpuszczonych w wodzie. Są to kationy: wapniowy (Ca^{2+}), magnezowy (Mg^{2+}), sodowy (Na^+) i potasowy (K^+) oraz aniony: wodorowęglanowy (HCO_3^-), siarczanowy (SO_4^{2-}) i chlorkowy (Cl^-). Pozostałe parę procent to duża ilość składników drugorzędnych i śladowych (mikroelementów), zarówno kationów i anionów, do których należą m.in. związki żelaza, manganu, azotu, fosforu oraz duża grupa metali i metaloidów. Składniki te, choć występują w niewielkich, a nawet śladowych ilościach, mogą przesądzić o przydatności wody do spożycia, czy też o jej walorach smakowych. Niektóre mikroelementy, jak np. żelazo, jod, fluor, a także rozpuszczone gazy, z których najczęstszymi są dwutlenek węgla i siarkowodór, nadają wodzie właściwości lecznicze.

prozdrowotne. O jakości naturalnej wody podziemnej decyduje także czas jej przebywania w litosferze, który w skali geologicznej jest liczony w dziesiątkach i setkach lat dla wód młodych, a w tysiącach i w setkach tysięcy lat dla wód starszych. Najstarsze wody mogą przebywać w górotworze nawet miliony lat. W tak długim czasie na jakość wody mają wpływ różne procesy fizykochemiczne, przez co może ona mieć odmienny skład od rodzaju skał, w których jest nagromadzona. Na jakość wód podziemnych duży wpływ, niestety niekorzystny, może mieć także różnorodna aktywność człowieka, co jest szczególnie widoczne w dużych skupiskach ludzkich, do których należą miasta. W takich miejscach powstają ścieki bytowe, odpady komunalne, a także związane z rzemiosłem i z działalnością przemysłową. Jeśli takie ścieki lub odcieki z nagromadzeń odpadów dostaną się wraz z infiltrującymi wodami opadowymi do wód podziemnych, to zanieczyszczają je na dziesiątki, a nawet setki lat. Przyczyną tego jest

bardzo mała prędkość przepływu wody w górotworze, rzędu kilkunastu, kilkudziesięciu metrów na rok. Taki sam dystans Wisła w Krakowie pokonuje w ciągu kilku minut.

Kraków jest miejscem szczególnym, nie tylko z powodu swojej historii, ale także ze względu na położenie na granicy trzech jednostek geograficznych i jednocześnie geologicznych, tzn. Karpat, Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej i Wyżyny Miechowskiej. Charakterystycznym rysem rzeźby Krakowa są wzgórza wapienne, dominujące nad rozległą doliną Wisły, z których najbardziej znane jest Wzgórze Wawelskie. Na obszarze Krakowa udokumentowano obecność wód słodkich, akratopeg (mineralizacja 0,5–1,0 g/dm³) i wód mineralnych, których część została uznana za mineralne wody lecznicze. Najcenniejsze są wody udostępnione w Swoszowicach i na Matecznym, ze względu na swoje lecznicze walory. Wody Swoszowic są wykorzystywane w balneoterapii od XV w., a Matecznego od 1905 r. z przerwami. Są to wody siarczanowe i siarczkowe. W uzdrowisku w Swoszowicach wyprowadzają je dwa źródła: Źródło Główne i Źródło Napoleon, a na Matecznym trzy odwierty: Geo-2A, M-3 i M-4. Ponadto w kilku punktach miasta zostały nawiercone i udostępnione wody znane jako zdroje krakowskie.

Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne rejonu Krakowa

Rejon Krakowa położony jest na obszarze, który charakteryzuje się skomplikowaną budową geologiczną, o czym świadczą różnorodne i złożone warunki hydrogeologiczne [10, 11]. Wpływ na tektonikę omawianego obszaru miała już orogeneza kaledońska, lecz zasadniczą rolę odegrała głównie późniejsza – alpejska, z którą związane są widoczne lokalne i regionalne formy tektoniczne [22]. Obecność wielu zrębów i rowów tektonicznych niewielkich rozmiarów (Ryc. 1) związana jest z różnokierunkową tensją i kompresją w czasie trwających alpejskich ruchów górotwórczych. Stykają się tu wspomniane już trzy różnorodne jednostki geologiczne: monoklina śląsko-krakowska, niecka miechowska i zapadlisko przedkarpaccie [9].

Wody podziemne rejonu Krakowa udokumentowano w obrębie następujących pięter wodonośnych: czwartorzędowego, trzeciorzędowego, kredowego i jurajskiego [15].

Wodonośne piętro czwartorzędowe zbudowane jest z piasków i żwirów, które są przeławiczone gli-

nami, łąkami, mułami i sporadycznie torfami. Ich miąższość w dolinie Wisły wynosi około 30 m. Najmłodsze osady czwartorzędowe to utwory antropogeniczne, głównie składowiska odpadów, nasypy związane z wielowiekowym osadnictwem miejskim oraz hałdy [14].

Wodonośne piętro paleogenu występuje sporadycznie. W rejonie Pasternika udokumentowano występowanie pliocenских żwirów z krzemieniami [15]. Lokalnie w stropie wapieni jurajskich znajdują się kopalne leje krasowe wypełnione piaskami, łąkami i okruciami wapieni, wieku paleogeńskiego [8, 4] lub oligocenско-dolnomiocenского [6].

Wodonośne piętro kredowe to senońskie opoki i margle oraz wapienie piaszczyste organodetrytyczne i zlepienie cenomanu i turonu [22]. Na powierzchni terenu utwory kredy występują jedynie lokalnie w stropie utworów jurajskich, budujących zrębów struktury.

Wodonośne piętro jurajskie związane jest ze spękanymi i skrasowiałymi wapieniami górnej jury, poprzecinanymi systemem licznych uskoków, które tworzą szereg rowów i zrębów tektonicznych (Ryc. 2). Poprzecinane uskokami utwory jurajskie mają zasadniczy wpływ na przepływ wód podziemnych Krakowa [14]. Dzięki takiej budowie powstały oddzielne zbiorniki wód o zwierciadłach na różnych głębokościach. Przepływ wód pomiędzy hydrostrukturami jest możliwy, choć bardzo utrudniony wskutek oporów hydraulicznych w kierunku poprzecznym do biegu uskoków. Kierunki przepływu wód podziemnych są uzależnione od położenia stref zasilania i drenażu utworów wodonośnych. Strefy zasilania piętra jurajskiego znajdują się na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej, poza doliną Wisły, gdzie obszar jest wyniesiony do około 350–450 m n.p.m. Dolina Wisły wypełniona czwartorzędowymi piaskami stanowi główną bazę drenażu w Krakowie, a utwory wodonośne zasilane są przez infiltrujące opady atmosferyczne, jak również przez dopływy wód z obszarów otaczających dolinę [25, 26, 14]. Tam, gdzie obszar jest izolowany przez ły mioceńskie, występują wody o zwierciadło artezyjskim lub subartezyjskim. Dzięki warstwie izolacyjnej tychże łąków, kontakt warstw wodonośnych z powierzchnią jest bardzo utrudniony. Ma to ogromne znaczenie dla jakości wód, ponieważ izolacja ta chroni je przed skażeniami ze strefy przypowierzchniowej [18, 16].

W związku z taką budową geologiczną w Krakowie mamy dwa typy wód: wody słodkie i wody zmineralizowane. Wody słodkie występują w piaskach czwartorzędowych, które wypełniają rozległą dolinę Wisły oraz w wapieniach jurajskich na zrębach

tektonicznych. Wody o podwyższonej mineralizacji występują w utworach kredowych i jurajskich przykrytych słabo przepuszczalnymi iłami mioceniowymi. W otworach wiertniczych przebijających iły natrafiono w utworach mezozoicznych na zmineralizowane wody artezyjskie tworzące samowypływy. Lokalnie, w stropie wapieni jurajskich nawiercono wodę w kopalnych lejach krasowych, wypełnionych okruchami wapieni z iłami i piaskami. Osadom wypełniającym te leje przypisuje się wiek paleogeński [8, 4] lub oligoceńsko-dolnomioceniowski [6]. Z tych utworów ujmowane są wody mineralne przy rondzie Matecznego.

Wody słodkie przebywają w środowisku skalnym stosunkowo krótko, jak na czas geologiczny, tzn. kilkadziesiąt lat, natomiast w przypadku wód mineralnych ten czas sięga setek, a nawet tysięcy lat [26]. Wody słodkie i mineralne mogą się częściowo mieszać w strefach uskoku [11].

Wody słodkie

Kraków jest miastem, którego początki sięgają wczesnego średniowiecza. Aglomeracje miejskie przyczyniają się do zanieczyszczenia wód podziemnych i dlatego trudno znaleźć w Krakowie miejsca, gdzie wody słodkie zachowałyby swoją pierwotną, naturalną jakość. Przykładem takich wód jest źródło w Lesie Wolskim, wypływające z wapieni jurajskich zrębu Sowińca, które poddane jest antropopresji w niewielkim stopniu, czy woda ze studni w centrum Krakowa przy ulicy Bernardyńskiej [12].

W składzie chemicznym naturalnych wód słodkich dominują jony wapniowe i wodorowęglanowe, które tworzą się przez rozpuszczanie wapieni i okruchów

wapieni rozproszonych w piaskach.

Obecnie w Krakowie skład chemiczny naturalnych wód podziemnych jest bardzo przekształcony pod wpływem rozmaitych zanieczyszczeń, które infiltrują w głąb ziemi z powierzchni terenu. Na obszarach aglomeracji miejskich są to zwykle ścieki bytowe, ale także odpady stałe i ciekłe pochodzące z różnych form działalności ludzkiej. Już w średniowiecznym Krakowie problemem były zanieczyszczenia wód pitnych, które przedostawały się z latryn, dołów garbarskich, czy z jatek rzeźniczych [23]. Jeszcze pod koniec XIX wieku lekarz Odo Bujwid [5] zwracał uwagę na powszechną obecność ścieków, głównie bytowych, na ulicach niektórych dzielnic Krakowa i panujący tam w związku z tym fetor, który pewnie trudno sobie obecnie wyobrazić.

Wielowiekowe zanieczyszczanie wód pierwotnie słodkich odbiło się bardzo niekorzystnie na ich jakości. Zwiększyło się stężenie tych składników, które w naturalnych wodach pitnych występowały w niewielkich ilościach. Są to chlorki, siarczany, azotany oraz sód, a czasem także potas. Wskazuje to na przenikanie do wód podziemnych ścieków bytowych i odcieków z historycznych składowisk śmieci. Kleczkowski [11] zwrócił także uwagę na możliwość migracji bardziej zmineralizowanych wód z głębszego podłoża (tzw. ascenzji) wzdłuż stref uskoku (Ryc. 2) i tworzenia się anomalii hydrochemicznych. W takich miejscach również notuje się podwyższone stężenia chlorków, siarczanów i sodu, ale rozstrzygnięcie czy są to naturalne składniki pochodzące z głębszego podłoża, czy też z warstw powierzchniowych, w których znajdują się ogniska zanieczyszczeń, wymaga całościowej analizy wyników badań

Tab. 1. Skrajne i średnie wartości PEW, pH i stężeń składników w wodach podziemnych pierwszego poziomu w Krakowie.

Parametr	jednostka	minimum	maksimum	średnia
PEW	μS/cm	638	3270	1242
pH	[-]	6,80	8,14	7,39
Ca ²⁺	mg/dm ³	62,1	391	169,1
Mg ²⁺		5,7	89	20,3
Na ⁺		13,2	456	71,9
K ⁺		3,83	152	26,9
HCO ₃ ⁻		155,3	943	359
SO ₄ ²⁻		59,1	868	216,7
Cl ⁻		12,3	696	96,5
NO ₃ ⁻		< 0,05	76	7,76
Fe ²⁺		0,022	37,9	3,76
Mn ²⁺		0,002	2,21	0,32
Si ²⁺		0,095	1,06	0,31
Zn ²⁺		0,039	19,2	1,25

jakości wody w połączeniu z budową geologiczną. Na przykład stężenia chlorków w wodach naturalnych są rzędu kilkunastu mg/dm^3 , a w wodach z wyraźnymi oznakami zanieczyszczenia ściekami bytowymi są najczęściej rzędu kilkudziesięciu mg/dm^3 , maksymalnie dochodząc do 500–700 mg/dm^3 (Tab. 1), co odnotowano w studniach na Rynku Głównym. Potwierdzeniem obecności ścieków bytowych w wodzie podziemnej jest także obecność potasu, jednego z głównych składników moczu. W tej, w której udział ścieków bytowych jest niewielki lub ich nie ma, stężenie potasu jest rzędu kilku mg/dm^3 , a w wodzie zanieczyszczonej tymi ściekami dochodzi ono do kilkudziesięciu mg/dm^3 . Podobnie jest ze związkami azotu, które tworzą się z mocznika, głównego składnika ścieków bytowych. Dobrym wskaźnikiem są azotany. W wodach czystych lub w nieznacznym stopniu zanieczyszczonych nie wykrywa się azotanów bądź ich stężenia są rzędu kilku mg/dm^3 , a w wodach krakowskich, zanieczyszczonych ściekami bytowymi, dochodzą do kilkudziesięciu mg/dm^3 . Zwracają też uwagę wysokie stężenie żelaza, manganu i cynku, które w wodach zanieczyszczonych

sięgają kilku, kilkudziesięciu mg/dm^3 , podczas gdy w wodach naturalnych to ułamki mg/dm^3 (Tab. 1).

Wartości przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), odczynu pH i wielkości stężeń składników, które decydują o jakości wód podziemnych pierwszego poziomu w centralnej części Krakowa, pokazuje duży rozrzut tych wartości. Minimalne wartości PEW, która jest miarą mineralizacji ogólnej wody oraz stężenia składników charakteryzują wody najmniej zmienione działalnością człowieka. Wody te mają odczyn pH od słabo kwaśnego do słabo zasadowego, przy czym wody o odczynie $\text{pH} < 7$ są najbardziej zanieczyszczone.

Wody mineralne

Swoszowice i ich naturalne bogactwo

Rejon Swoszowic, dzielnicy Krakowa zwanej osiedle – uzdrowisko Swoszowice, położony jest na granicy dwu różnych obszarów geologicznych, Karpat i zapadliska przedkarpackiego. Najstarszymi występującymi tu utworami są górnourajskie wapienie uławiczone z licznymi konkrecjami krzemionkowymi,

Tab. 2. Wyniki analiz fizykochemicznych mineralnych wód leczniczych w Swoszowicach.

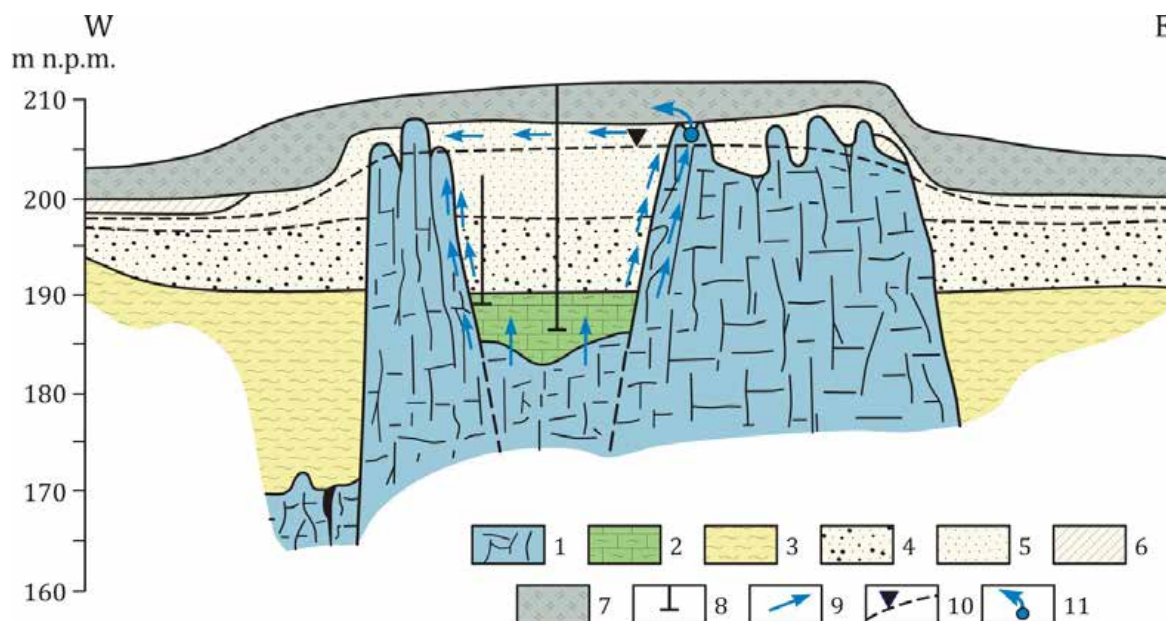
Dane*	Źródło Główne (2019 r.)	Źródło Napoleon (2021 r.)
Mineralizacja g/dm^3	2,6	2,5
pH	6,9	6,8
T, w $^{\circ}\text{C}$	10,2	10,3
mg/dm^3		
H_2S	75,2	63,0
Na^+	50,4	43,2
K^+	10,3	9,0
Li^+	0,05	0,05
Ca^{2+}	522,4	494,3
Mg^{2+}	103,2	89,3
Sr^{2+}	9,6	8,5
Fe^{2+}	0,2	0,01
Mn^{2+}	0,3	0,2
F^-	0,6	0,8
Cl^-	55,4	60,2
SO_4^{2-}	1327,0	1207
HCO_3^-	568	552
H_2SiO_3	35,6	40,2
HBO_2	3,0	1,5

*[dane: Uzdrowiskowy Zakład Górniczy Swoszowice]

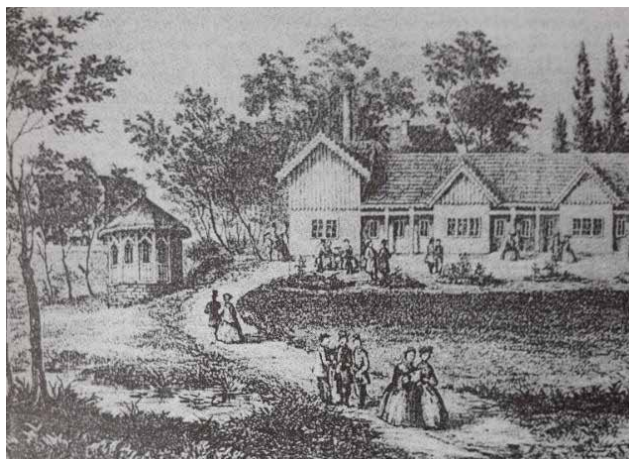
przykryte marglami i mułowcami miocenijskimi z siarką, gipsem i anhydrytem [1, 2], z którymi związane są występujące tu wody siarczanowe i siarczkowe. Wodonośna seria ewaporatowa jest przykryta utworami ilastymi, zasadniczo nieprzepuszczalnymi. Dzięki izolującemu poziomowi tych warstw, a także układowi strukturalnemu, woda serii gipsowej ma zwierciadło napięte, o charakterze artezyjskim. Utwory miocenu przykrywają zlepienie, piaskowce oraz silnie zapiaszczone iłolupki [7]. Stanowią one dodatkowe, dogodnie drogi przepływu wód podziemnych, które w czasie swojej migracji nasycają się siarczanem wapnia i siarkowodorem [13]. Utwory czwartorzędowe Swoszowic to plejstoceńskie żwiry, gliny i piaski oraz holocenijskie osady dolin rzecznych – muły, piaski i torfy [13].

Historia wsi klasztornej Swoszowice i jej wód mineralnych nierozdzielnie łączy się z historią kopalnictwa siarki w tym rejonie, która działała tu z przerwami od 1422 do 1882 r. O swoszowickich kąpielach w wodach siarczkowych w XVI w. pisał nadworny lekarz Stefana Batorego, Wojciech Oczko oraz lekarz Erazm Syxt [16]. Mineralne wody lecznicze Swoszowic są wykorzystywane w balneoterapii od XIV w. do dziś (Ryc. 3).

Uzdrowisko do kąpeli leczniczych wykorzystuje wodę tylko ze Źródła Główne, które położone jest na terenie starego parku zdrojowego, na północny zachód od budynku zabiegowego. Jest to obudowana blokami piaskowca szydłowieckiego artezyjska studnia szybowa o głębokości 10,2 m, aktualnie nakryta drewnianą zaskloną altanką (glorietką) (Ryc. 4).



Ryc. 2. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny rejonu Starego Miasta w Krakowie (wg [14], zmienione). 1 – wapień jurajski, 2 – margle kredowe, 3 – iły miocenijskie, 4 – żwiry i piaski czwartorzędowe, 5 – piaski czwartorzędowe, 6 – torfy czwartorzędowe, 7 – nasypy antropogeniczne, 8 – otwory wiertnicze, 9 – kierunki przepływu wód podziemnych, 10 – zwierciadło wód podziemnych, 11 – stare źródło solanki na Rynku Głównym.



Ryc. 3. Zakład kąpielowy w Swoszowicach na dawnym sztychu (wg [19]).

Źródło Główne udostępnia leczniczą wodę mineralną o mineralizacji $2,6 \text{ g/dm}^3$ i zawartości składnika swoistego (leczniczego), którym jest siarkowódór (H_2S) w ilości $75,2 \text{ mg/dm}^3$. Jest to woda czterojonowa typu siarczanowo-wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowa, siarczkowa ($\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Mg+H}_2\text{S}$). Skład fizykochemiczny wody przedstawiono w tabeli 2.

Źródło Napoleon znajduje się na północ od Źródła Główne, za drogą asfaltową biegnącą przez uzdrowisko, w dnie piaszczystego jaru. Jest ono położone w miejscu dawnego wylotu zawałonej sztolni (z lat 1809–1912). Źródło jest ujęte kręgami betonowymi, a mineralna woda lecznicza wypływa przez rurkę do rzeki Wilgi. Mineralizacja wody wynosi $2,5 \text{ g/dm}^3$,

a zawartość H_2S 63 mg/dm³. Typ hydrochemiczny wody jest siarczanowo-wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowy, siarczkowy ($\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca-Mg+H}_2\text{S}$). Woda ze źródła Napoleon nie jest wykorzystywana [16]. Skład fizykochemiczny wody przedstawiono także w tabeli 2.

historia związana jest z rokiem 1839 r. Poszukując tu węgla kamiennego odkryto złożę wód mineralnych. Następnie obszar ten zakupił pochodzący z Czech architekt Antoni Mateczny (stąd rondo Matecznego). W trakcie poszukiwania wody pitnej na swojej posesji w roku 1898 nawiercił wodę bogatą w siarkę i jej



Ryc. 4. Obudowa Źródła Główne w Swoszowicach. Fot. J. Rajchel.

W rejonie Swoszowic udostępniono również wody mineralne odwiertami Swoszowice XI i Lusina-6 oraz odwiertem OP-1, z którego woda jest wykorzystywana do rozlewania naturalnej wody mineralnej „Perła Swoszowic” dostępnej w uzdrowisku [21].

W oparciu o posiadane surowce balneologiczne Swoszowice specjalizują się w leczeniu i profilaktyce schorzeń takich jak:

- reumatologiczne,
- pourazowe i pooperacyjne narządu ruchu,
- zwyrodnieniowe narządów ruchu,
- neurologiczne,
- dermatologiczne.

Wody mineralne Matecznego

Znanymi wodami mineralnymi w Krakowie są również wody występujące przy rondzie Matecznego. Ich

związki, na bazie której wybudował w roku 1905 zakład kąpielowy cieszący się dużą popularnością. Po jego śmierci w roku 1934, zakładem zarządzała jego córka Maria Broszkiewicz. W czasie II Wojny Światowej produkowano w zakładzie gumę syntetyczną, a urządzenia uzdrowiskowe zostały zniszczone przez okupanta. Po wojnie uzdrowisko upaństwowiono i ponownie otwarto w roku 1956, a w roku 1969 na terenie zakładu uruchomiono rozlewnię wody mineralnej „Krakowianka”, która cieszyła się ogromną popularnością. Niestety, w latach 90. XX wieku produkcję zakończono.

Na początku XXI wieku zakład zwrócono spadkobiercom Antoniego Matecznego, którzy sprzedali go w roku 2003 spółce IPR. Obecnie jest to Uzdrowski Zakład Górniczy „Mateczny”. W roku 2021 w parku Matecznego uroczyscie otwarto Krakowską Pijalnię Zdrojową. Obiekt zlokalizowano nieopodal

budynku byłego Zakładu Kąpielowego. Architektonicznie przypomina ona dawny budynek (Ryc. 5), a znajduje się w nim pijalnia i rozlewnia, która ma być wkrótce uruchomiona. Woda będzie rozlewana jako naturalna woda mineralna o handlowej nazwie „Mateczny Zdrój”. Jest już ona dostępna w pijal-

chlorkowych – obserwowanych w licznych wierceniach w obrębie samego Krakowa i jego najbliższych peryferii [11] oraz wód siarczkowych [3, 4, 11].

Na Matecznym wody mineralne udostępniają odwierty Geo-2A, M-3 (chwilowo nieeksploatowany) i M-4. Skład fizykochemiczny wód z odwiertów



Ryc. 5. Budynek Krakowskiej Pijalni Zdrojowej na Matecznym. Fot. Archiwum EGM S.A. inwestor krakowskiej Pijalni Zdrojowej).

ni (Ryc. 6). Woda w 90% pochodzi z odwiertu M-4 i w 10% z odwiertu Geo-2A. Skład fizykochemiczny podano w tabeli 3. Rozlewany będzie również napój o handlowej nazwie „Anton”.

Występowanie wód Matecznego jest związane z wapieniami jurajskimi, w których znajdują się głębokie kieszenie krasowe. Są one wypełnione drobnoziarnistymi piaskami oligocenu oraz utworami mioceńskimi (karpatu morskiego i lądowego) złożonymi z wapieni, margli, wapieni ostrygowych, piasków z gniazdami i laminami gipsów i anhydrytów [4, 13]. We wszystkich otworach Matecznego stwierdzono dwa poziomy wodonośne. Poziom górny jest związany z utworami czwartorzędowymi i posiada wodę słodką, a dolny wodę mineralną typu artezyjskiego. Wody mineralne Matecznego są najprawdopodobniej wodami powstałymi w wyniku mieszania się dwu odmiennych typów wód głębszego podłoża:

i wody „Mateczny Zdrój” podano w tabeli 3. Otwór Geo-2A o głębokości 37,5 m jest zlokalizowany od strony ul. Konopnickiej, w pobliżu otworu M-4. Woda z tego ujęcia ma mineralizację $2,3 \text{ g/dm}^3$, a zawartość H_2S wynosi $3,7 \text{ mg/dm}^3$. Jest to woda mineralna siarczanowo-chlorkowo-wodorowęglanowo-sodowa, siarczkowa (Tab. 3). Otwór M-3 ma głębokość 62,5 m. Znajduje się w NW części parceli Matecznego, w odległości 228 m od otworu Geo-2A i 224 m od otworu M-4. Występującą tu wodę należy określić jako siarczanowo-chlorkowo-sodowo-wapniowo-magnezową, siarczkową. Jest to woda o mineralizacji $3,58 \text{ g/dm}^3$ i zawartości H_2S $1,3 \text{ mg/dm}^3$. Otwór jest ujęciem rezerwowym. Otwór M-4 o głębokości 36 m znajduje się w NE części parceli Matecznego, od strony ul. Zakopiańskiej. Wodę z tego otworu należy scharakteryzować jako siarczanowo-chlorkowo-sodowo-wapniowo-magnezową, siarczkową, o minera-

lizacji 2,5 g/dm³ i zawartości H₂S 1,8 mg/dm³.

**Dane: analizy fizykochemiczne wód z odwiertów: Geo-2A, M-4 i wody „Mateczny Zdrój” (Uzdrowisko-wy Zakład Górniczy Mateczny); z odwiertu M-3 [16].*

Artezyjskie wody mineralne na terenie Krakowa są znane także jako ogólnodostępne źródła wód pitnych: „Nadzieja” przy ul. Podchorążych, „Królewski” przy Placu Inwalidów, „Lajkonik” przy ul. Kościuszki,

Tab. 3. Analizy fizykochemiczne mineralnych wód leczniczych na Matecznym.

Dane*	Odwiert Geo-2A	Odwiert M-3	Odwiert M-4	Woda „Mateczny Zdrój”
Mineralizacja g/dm ³	2307,0	3583,0	2505,0	2459,0
pH	7,3	7,3	7,3	7,8
T, w °C	13,6	10,7	13,0	15
mg/dm ³				
H ₂ S	3,7	1,3	1,8	0,1
Na ⁺	459,8	526	404,1	410,5
K ⁺	15,7	23,3	16,5	15,7
Li ⁺	0,15	0,13	0,14	0,14
Ca ²⁺	138,0	312,7	200,0	192,9
Mg ²⁺	91,0	189,0	125,0	117,9
Sr ²⁺	3,1	5,0	4,3	4,2
Fe ²⁺	0,2	1,1	0,1	0,01
Mn ²⁺	0,02	0,03	0,01	0,005
Se	0,01	0,01	0,01	0,01
F ⁻	1,4	0,87	1,4	1,4
Cl ⁻	375,2	514,0	365,3	369,5
SO ₄ ²⁻	807,0	1673,0	1003,0	972,0
HCO ₃ ⁻	394,0	314,3	363,6	355,0
H ₂ SiO ₃	13,2	14,2	13,9	12,7
HBO ₂	4,3	5,1	4,2	4,2



Ryc. 6. Krakowska Pijalnia Zdrojowa na Matecznym. Fot. Archiwum EGM S.A. – inwestor krakowskiej Pijalni Zdrojowej.

„Jagielloński” przy Placu gen. W. Sikorskiego oraz „Dobrego Pasterza” na osiedlu Prądnik Czerwony. Udokumentowano również takie wody odwiertami na: Placu Biskupim, na terenie Zakładów Polfy, na Dąbiu i na Osiedlu Złoty Wiek [15]. W klasztorze Ojców Paulinów na Skałce również znajduje się studnia, z której wypływa artezyjska woda mineralna [17], obecnie ujęta pod nazwą „Źródło Świętego Stanisława”. Pod koniec XIX stulecia Szajnocha [24] opisał też, aktualnie nieistniejące, słone źródło na Rynku Głównym, co do którego są różne hipotezy odnośnie jego genezy [20].

Podsumowanie

Skomplikowana budowa geologiczna Krakowa warunkuje istnienie dwóch stref hydrodynamicznych o różnej jakości wód podziemnych. W górnej strefie, zbudowanej z piasków czwartorzędowych i wapieni jurajskich, wody podziemne są zasilane przez infiltrację opadów atmosferycznych. Ze względu na dobre warunki wymiany w naturalnym stanie mają one

bardzo dobrą jakość. Niestety wielowiekowe bytowanie człowieka na tym terenie spowodowało znaczne pogorszenie się jakości tych wód. Głównym zanieczyszczeniem są ścieki bytowe, które infiltrowały do wód podziemnych przez setki lat. Dlatego na terenie Krakowa trudno o miejsca, gdzie w górnej strefie hydrodynamicznej występują wody dobrej jakości, zdatne do picia. Jest to więc problem właściwie nie do rozwiązania.

W dolnej strefie hydrodynamicznej, w której wodonośne utwory jury, kredy i paleogenu są przykryte ilami mioceńskimi, występują artezyjskie wody mineralne. Wody te są wykorzystywane do kąpieli leczniczych w uzdrowisku w Swoszowicach oraz aktualnie w pijalni wody mineralnej przy rondzie Matecznego. Dla mieszkańców Krakowa wody z tej strefy hydrodynamicznej są udostępnione kilkoma odwiertami, znanymi jako źródła krakowskie, a także jako Źródło św. Stanisława w klasztorze Ojców Paulinów na Skałce. Wody te są dobrodziejstwem dla Krakowian i odwiedzających to miasto.

Bibliografia

1. Alexandrowicz S.W. (1963) Zarys stratygrafii miocenu okolic Krakowa. Spraw. z Pos. Kom. PAN Oddz. w Krakowie, 6: 520–523.
2. Alexandrowicz S. W., Bogacz K., Węclawik S. (1971) Dokumentacja hydrogeologiczna w kat. B złoża leczniczych wód siarczkowych Swoszowice pow. Kraków. Inst. Geol. Reg. i Złóż Węgla AGH.
3. Bielecka D. (1961) Geochemiczne właściwości wód mineralnych okręgu krakowskiego. Archiwum Katedry Stratygrafii i Geologii Regionalnej AGH: 1–136.
4. Bogacz K. (1974) Pozycja geologiczna złóż wód mineralnych Mateczny w Krakowie. Spraw. z Pos. Kom. PAN, Oddz. w Krakowie, 17: 202–204.
5. Bujwid O. (1895) Higieniczne badanie wód studziennych w Krakowie. Przegląd Lekarski, 34: 560–562.
6. Felisiak I. (1992) Osady krasowe oligocenu i wczesnego miocenu oraz ich znaczenie dla poznania rozwoju tektoniki i rzeźby okolic Krakowa. Rocz. Pol. Tow. Geol., 62: 173–2002.
7. Garlicki A. (1964) Autochtoniczna seria solna w miocenie Podkarpacia na zachód od Wieliczki. Kwart. Geol., 8: 853–855.
8. Gradziński R. (1962), Rozwój podziemnych form krasowych w południowej części Wyżyny Krakowskiej. Rocz. Pol. Tow. Geol. 32: 429–492.
9. Gradziński R. (1972) Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa. Wyd. Geol. Warszawa: 1–235.
10. Kleczkowski A. S. (1965) Chemizm wód podziemnych Krakowa w zależności od struktur hydrogeologicznych. Spraw. z Pos. Kom. PAN Kraków, 1: 230–232.
11. Kleczkowski A.S. (1967) Hydrochemical anomalies and their relation to the structure of the bedrock of the Kraków Old Town. Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Série des Sciences Géologiques et Géographiques, 15: 161–169.
12. Kleczkowski A. S. (2003) Kształtowanie chemizmu czwartorzędowych wód podziemnych Krakowa 1870–2002; tendencje dalszych zmian. Wyd. JAK, Kraków, 1–131.

13. Kleczkowski A., Myszką J. (1989) Hydrogeologia Krakowa. [w:] Przewodnik 60. Zjazdu Pol. Tow. Geol. (red.: Rutkowski J.) 14–16 IX 1998, Kraków: 162–180.
14. Kleczkowski A., Czop M., Motyka J., Rajchel L. (2009) Wpływ czynników geogenicznych i antropogenicznych na skład chemiczny wód podziemnych w Krakowie. *Geologia*, 35: 117–129.
15. Kleczkowski A.S., Myszką J., Solecki T., Stopa J. (1994) Krakowskie artezyjskie źródła wód pitnych z wapieni jury. Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków, 1–61.
16. Motyka J., Rajchel L. (2002) Wody mineralne i akrotopiegi. [w:] Modelowe studium kompleksowego wykorzystania i ochrony surowców balneologicznych Krakowa i okolic (red.: Ney R.). IGSMiE PAN, Kraków, 11–27.
17. Motyka J., Gradziński M., Rózkowski K., Górny A. (2005) Chemistry of cave water in Smocza Jama, city of Kraków, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 75: 189–198.
18. Myszką J. (1992) Piętra i poziomy wodonośne Krakowa. [w:] Mat. Sesji Nauk. W służbie polskiej geologii. Wyd. AGH, Kraków.
19. Pagaczewski S. (1972) Spotkamy się u wód. Wyd. Literackie. Kraków.
20. Rajchel L. (1998) Wody mineralne i akrotopiegi Krakowa. *Przegląd Geologiczny*, 46: 1139–1145.
21. Rajchel L. (1999) Historia i teraźniejszość wód mineralnych Krakowa. *Aura*, 1: 2–23.
22. Rutkowski J. (1989) Budowa geologiczna rejonu Krakowa. *Przegląd Geologiczny*, 37: 302–308.
23. Sowina U. (2016) Gospodarowanie wodą w Krakowie a źródła jej zanieczyszczeń na przełomie średniowiecza i nowożytności. [w:] M. Wardas-Lasoń (red.) – Nawarstwienia historyczne miast Europy Środkowej. Wyd. AGH, Kraków, 607–614.
24. Szajnocha W. (1891) Źródła mineralne Galicyi. Nakładem AU: 1–111.
25. Zuber A., Motyka J., Osenbruck K., Weise S. M., Grabczak J. (1998) Odporność na zanieczyszczenia antropogeniczne wód w wapieniach malmu rejonu Krakowa, określona metodą znaczników środowiska. [w:] Jankowski A.T. red. *Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych*. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 268–277.
26. Zuber A., Weise .M., Motyka J., Osenbrück K., Różański K. (2004) Age and flow pattern of groundwater in a Jurassic limestone aquifer and related Tertiary sands derived from combined isotope, noble gas and chemical data. *J. Hydrol.*, 286: 87–112.

KLIMAT KRAKOWA I JEGO WPŁYW NA JAKOŚĆ ŻYCIA MIESZKAŃCÓW W PERSPEKTYWIE ZMIANY KLIMATU

Climate of Kraków and its impact on the inhabitants' quality
of life in the perspective of climate change

Anita Bokwa (Kraków)

Streszczenie

Klimat lokalny Krakowa jest kształtowany przez położenie miasta w dolinie Wisły i osłonięcie z trzech stron wypukłymi formami terenu oraz przez oddziaływanie zabudowy miejskiej i procesów związanych z funkcjonowaniem miasta. Miejską wyspę ciepła w Krakowie należy analizować osobno w dwu strefach wysokościowych, a opady atmosferyczne są znacznie większe w południowej niż północnej części miasta, która znajduje się w cieniu opadowym. Niekorzystne warunki aerosanitarne są po części skutkiem częstego występowania warunków pogodowych nie sprzyjających dyspersji zanieczyszczeń, które w dużym stopniu uwarunkowane są położeniem miasta w dolinie Wisły. Prognozowany dalszy wzrost temperatury globalnej prawdopodobnie spowoduje, że Kraków będzie doświadczał pod koniec XXI w. od 20 do 50 więcej dni gorących rocznie niż w latach 1971–2000.

Abstract

Local climate of Kraków is controlled by the location of the city in the Wisła river valley and by surrounding from three sides by convex landforms, together with the impact of urban built-up and processes linked to the city functioning. Urban heat island in Kraków needs to be studied separately in two vertical zones. Precipitation sums are much higher in southern than northern part of the city, which is located in the precipitation shadow. Poor aerosanitary conditions are partially linked to frequent occurrence of weather conditions unfavourable for air pollution dispersion, which to a large extent are controlled by the location of the city in the Wisła river valley. Predicted increase of global air temperature most probably will enlarge the annual number of hot days by 20 to 50 days at the end of the 21st century, in comparison to the period 1971–2000.

Wstęp

Obszary zurbanizowane posiadają klimat lokalny znacząco odmienny od klimatu lokalnego terenów otaczających. Modyfikacje poszczególnych elementów klimatu (czyli temperatury i wilgotności powietrza, kierunku i prędkości wiatru itp.) wynikają głównie z obecności zwartej zabudowy o dużej wysokości, niewielkiego udziału terenów zielonych w porównaniu z terenami pokrytymi powierzchniami nieprzepuszczalnymi, a także z emisji ciepła, pary wodnej i zanieczyszczeń na skutek intensywnej i różnorodnej działalności człowieka, skoncentrowanej na rela-

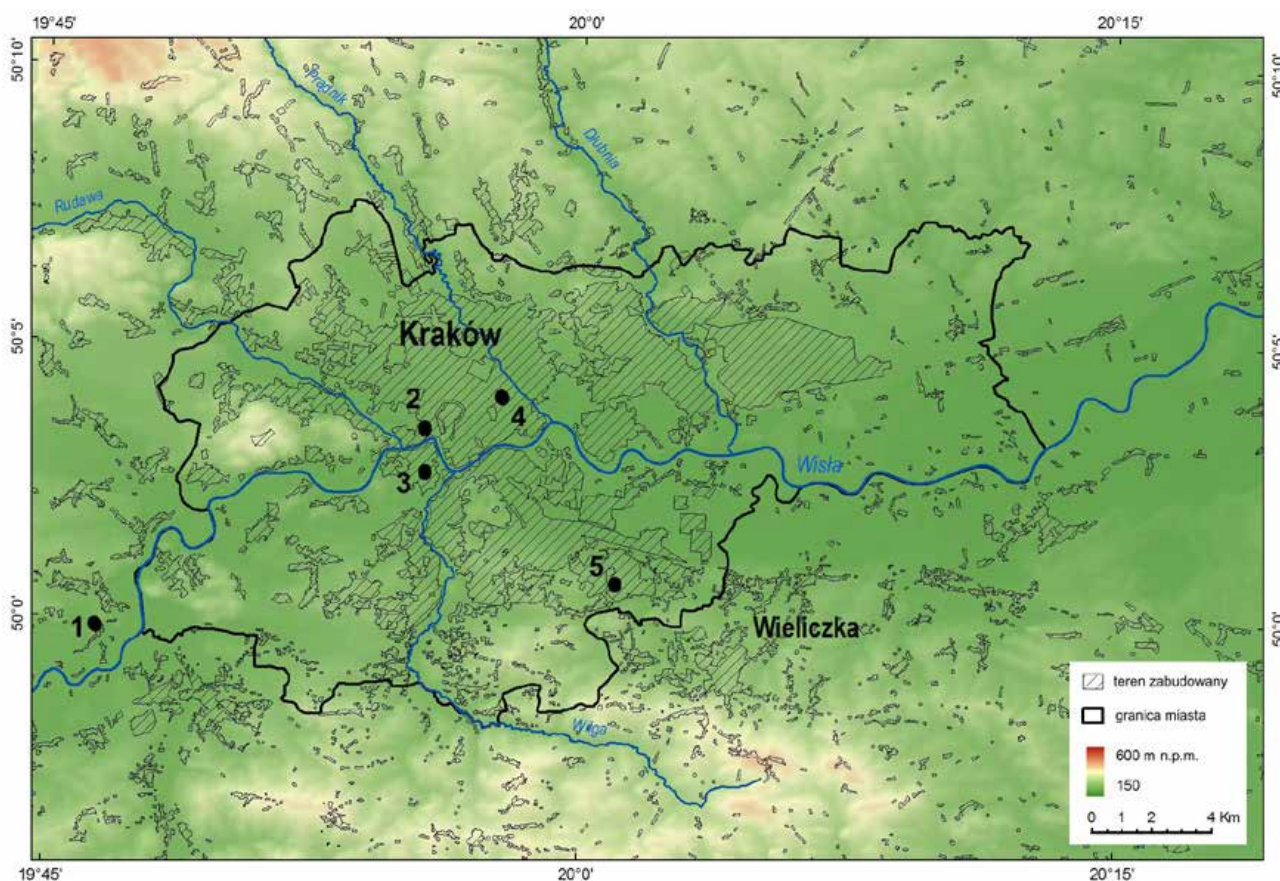
tywnie niewielkim terenie. W przypadku Krakowa równie ważnym czynnikiem modyfikującym klimat lokalny, którego oddziaływanie nakłada się na wpływ czynników wyżej wymienionych, jest rzeźba terenu.

Położenie Krakowa a klimat lokalny

Według aktualnej regionalizacji fizycznogeograficznej [20] Kraków wraz z terenami bezpośrednio go otaczającymi jest położony w 12 mezoregionach należących do trzech różnych krain: pasa wyżyn Polski Środkowej, Karpat i pasa kotlin oddzielających wyżyny od Karpat. Powoduje to znaczne zróżnicowanie

środowiska przyrodniczego, w tym budowy geologicznej, co przekłada się na duże zróżnicowanie rzeźby terenu. Miasto leży w dolinie Wisły, a deniwelacje terenu przekraczają 100 m. Dolina Wisły od północy i od południa sąsiaduje z wypukłymi formami terenu, przy czym w części zachodniej doliny na terenie miasta obniżenia tektoniczne przeplatają się ze zrębami tektonicznymi o wys. 250–350 m n.p.m., a dolina Wisły tworzy przełomy i jest wąska nawet do 1 km, zaś wysokości bezwzględne nie przekraczają 220 m

zachodnich. Kolejnym elementem klimatu lokalnego, który jest znacząco modyfikowany przez rzeźbę terenu, jest temperatura powietrza. Choć Kraków nie jest położony w górach, to doświadcza zjawisk charakterystycznych dla gór, jak inwersje termiczne (czyli sytuacje, kiedy wraz z wysokością temperatura powietrza wzrasta zamiast spadać), katabatyczne spływy powietrza (czyli powolne, grawitacyjne przemieszczanie się chłodnego powietrza nocą do terenów najniżej położonych), prowadzące do tworzenia



Ryc. 1. Ukształtowanie terenu, zasięg obszarów zabudowanych oraz lokalizacja wybranych punktów pomiarowych IGiP UJ w Krakowie i okolicy. 1 – Jeziorany, 2 – Al. Krasińskiego, 3 – os. Podwawelskie, 4 – ul. Bema, 5 – ul. Mała Góra.

n.p.m. Na wschodzie natomiast dolina Wisły z rozwiniętym systemem teras rozszerza się do około 10 km. Obszar Krakowa jest zatem ograniczony wypukłymi formami terenu od północy, zachodu i południa. Większość obszaru zabudowanego Krakowa leży w sterasowanym dnie doliny Wisły, na wysokości około 200 m n.p.m. – w wąskiej, zachodniej części doliny i w strefie przejściowej między wąską i szeroką, wschodnią częścią doliny (Ryc. 1). Najwyższy punkt miasta jest położony na granicy Krakowa i Sygneczowa: 368 m n.p.m. [10]. Takie położenie Krakowa jest przyczyną złego naturalnego przewietrzania miasta, a zarazem powoduje, że miasto jest w sposób naturalny osłonięte od przeważających w Polsce wiatrów

się zastoisk chłodnego powietrza w dnie doliny Wisły w terenach pozamiejskich sąsiadujących z Krakowem, a także oddziaływania wiatru halnego. Warunki termiczne są powiązane z warunkami wilgotnościowymi, a tworzenie się zastoisk chłodnego powietrza sprzyja powstawaniu mgieł. Kolejnym ważnym elementem klimatu są opady, które w Krakowie wykazują duże zróżnicowanie przestrzenne, spowodowane oddziaływaniem wypukłych form terenu jako barier orograficznych dla przemieszczających się mas powietrza, co ponownie przywodzi na myśl wspomniane podobieństwo do obszarów górskich. Położenie Krakowa na styku trzech różnych regionów jest naturalnym czynnikiem znacząco modyfikującym klimat

lokalny, na który nakłada się czynnik antropogeniczny: działalność człowieka, a w szczególności obecność zabudowy miejskiej i procesy związane z funkcjonowaniem miasta.

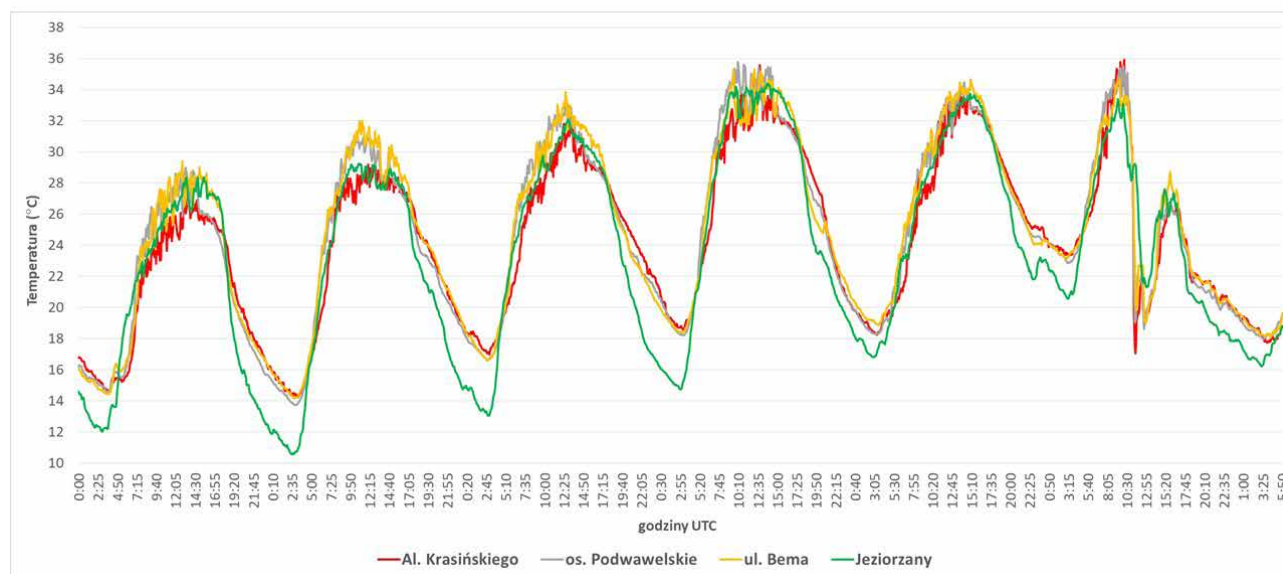
Badania klimatu Krakowa

W. Warakomski [25] zwracał uwagę, że klimat miasta bywa rozumiany jako warunki klimatyczne określone na podstawie pomiarów z jednej stacji znajdującej się na terenie miasta albo jako rozkład wybranych elementów meteorologicznych na obszarze miasta lub też jako różnice w wartościach wybranych elementów między miastem i terenami pozamiejskimi. Badania klimatu Krakowa mają długą tradycję i stosowano różne podejścia [2]. W niniejszej pracy klimat Krakowa to klimat lokalny obszarów zurbanizowanych, wykazujący zróżnicowanie na terenie miejskim oraz odmienność od klimatu terenów otaczających, z uwzględnieniem zróżnicowania klimatu lokalnego wynikającego z wpływu rzeźby

pochodzących ze stacji pomiarowych należących do różnych instytucji [1]. Najdłuższą serią pomiarową może się poszczycić Stacja Klimatologiczna Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego (IGiGP UJ), znajdująca się na terenie Ogrodu Botanicznego, gdzie pomiary rozpoczęto 1 maja 1792 r.

Miejska wyspa ciepła i globalne ocieplenie

Temperatura powietrza jest najczęściej badanym elementem klimatu, także w przypadku klimatologii miejskiej. Najbardziej znaną cechą klimatu miasta jest miejska wyspa ciepła. Zjawisko to jest ostatnio przedstawiane w medialnej przestrzeni publicznej jako zagrożenie równie groźne dla mieszkańców jak powodzie czy huragany, co świadczy o niezrozumieniu jego natury. Temperatura powietrza w obszarach zurbanizowanych bywa wyższa niż w obszarach pozamiejskich jeśli występują określone warunki pogodowe: brak zachmurzenia lub bardzo małe zachmu-



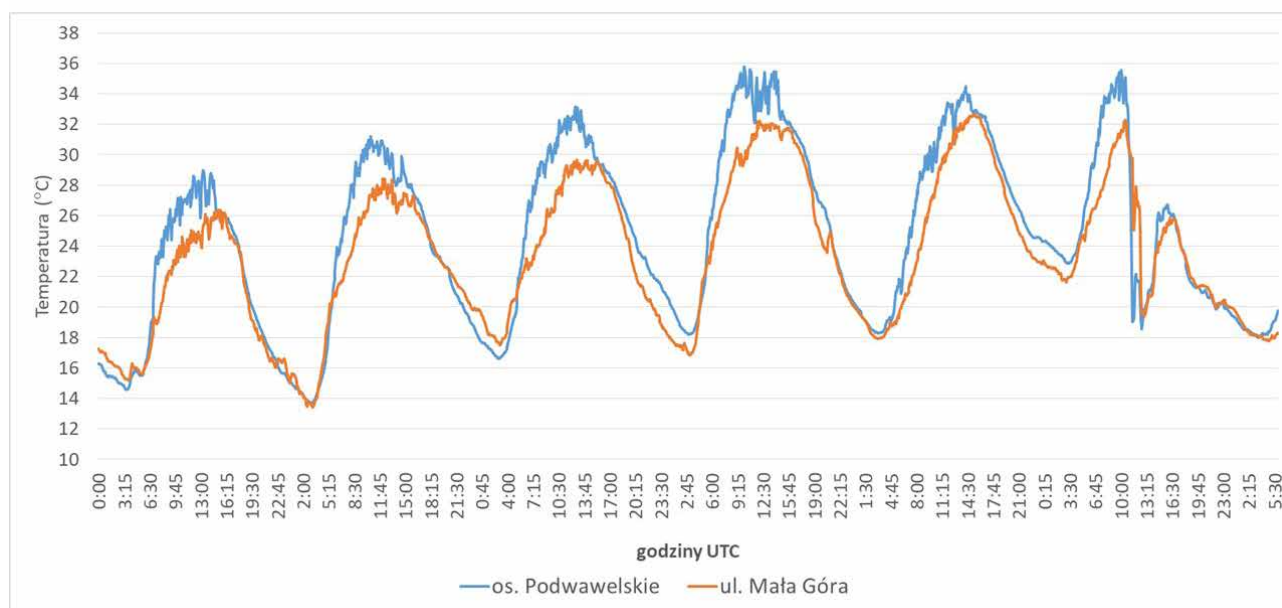
Ryc. 2. Przebieg temperatury powietrza w wybranych punktach pomiarowych IGiGP UJ w dnie doliny Wisły w dniach 4-10.07.2021 r. Opis punktów pomiarowych i metod pomiarów w publikacji [1].

terenu. Ważnym aspektem klimatu Krakowa jest jednak nie tylko zróżnicowanie przestrzenne warunków klimatycznych, ale także wieloletnia zmienność poszczególnych elementów klimatu, a także tendencje tych zmian, pozwalające wnioskować o przyszłych warunkach klimatycznych. W związku z tym w dalszej części artykułu zostaną omówione wybrane elementy klimatu Krakowa z uwzględnieniem obu tych aspektów. Badanie klimatu Krakowa jest możliwe dzięki bogatym zbiorom danych meteorologicznych,

brak wiatru lub bardzo słaby wiatr; czym wyższe zachmurzenie i/lub prędkość wiatru – tym mniejsze różnice temperatury między miastem i obszarami pozamiejskimi. W warunkach małego zachmurzenia i niewielkiej prędkości wiatru w ciągu dnia zwykle temperatura powietrza jest bardzo podobna w mieście i poza miastem, a zdarza się, że w mieście jest ona niższa. Dopiero w nocy zaczyna się kształtować stopniowo wzrastająca różnica temperatury spowodowana szybszym wychładzaniem

się terenów pozamiejskich w porównaniu z terenami zabudowanymi. Zazwyczaj niedługo przed wschodem Słońca można zaobserwować największe wartości tych różnic, czyli największą intensywność miejskiej wyspy ciepła. Intensywność ta jest większa w okresie letnim niż zimowym. Rycina 2 pokazuje przebieg temperatury powietrza w wybranych punktach pomiarowych IGiGP w Krakowie i okolicy (Ryc. 1) w okresie od 4.07.2021 godz. 00 UTC do 10.07.2021 godz. 06 UTC (czas południka zerowego). Al. Krasieńskiego reprezentuje centrum miasta ze zwartą zabudową, os. Podwawelskie – zabudowę blokową, ul. Bema – zabudowę willową, a Jeziorzany – punkt pozamiejski. Wszystkie punkty znajdują się w dnie doliny Wisły. Widoczny jest wzrost różnicy temperatury między punktem pozamiejskim i punktami miejskimi w ciągu nocy, a także znacznie większa zmienność temperatury we wszystkich punktach w dzień niż w nocy i mniejsze różnice niż w nocy lub brak różnic. Podstawowym założeniem przy badaniu miejskiej wyspy ciepła jest, że obserwowana

budowane: od dna doliny do ok. 50 m ponad dnem doliny i tereny położone powyżej. W każdej strefie temperatura powietrza na terenie zabudowanym jest porównywana z temperaturą poza miastem według wskazań punktów pomiarowych znajdujących się w tej samej strefie wysokościowej, aby oba czujniki podlegały tym samym naturalnym procesom kształtującym temperaturę, które są zróżnicowane w profilu pionowym (inwersja temperatury, spływy katabatyczne itp.). Różnica temperatury powietrza między obszarem miejskim i pozamiejskim zależy od typu zabudowy miejskiej. Największe różnice są właściwe dla zwartej, wysokiej zabudowy, a najniższe dla terenów zieleni miejskiej. W Krakowie przy sprzyjających warunkach pogodowych w lecie największej intensywności miejskiej wyspy ciepła można oczekiwać w przypadku porównania pomiarów z dna doliny, z centrum miasta (ze zwartą zabudową) i z obszaru pozamiejskiego położonego na zachód od miasta: ok. 6,5°C. Wartość ta jest nie tyle wynikiem bardzo znacznego nagrzania obszarów miejskich, co tworze-



Ryc. 3. Przebieg temperatury powietrza w punktach pomiarowych IGiGP UJ w Krakowie reprezentujących zabudowę blokową w dnie doliny (os. Podwawelskie) i ok. 50 m powyżej dna doliny (ul. Mała Góra) w dniach 4-10.07.2021 r. Opis punktów pomiarowych i metod pomiarów w publikacji [1].

różnica temperatury jest wynikiem oddziaływania zabudowy miasta, a nie wynikiem wpływu innych czynników, jak zbiorniki wodne czy rzeźba terenu. Kraków jednak, jak wspomniano wyżej, ma klimat lokalny istotnie modyfikowany przez rzeźbę terenu, dlatego została opracowana koncepcja miejskiej wyspy ciepła modyfikowanej przez rzeźbę terenu [1, 5]. W koncepcji tej miasto jest podzielone na dwie strefy wysokościowe, w których znajdują się tereny za-

nia się zastoiska chłodnego powietrza poza miastem. Dla porównania, dla osiedli bloków mieszkalnych ta wartość wynosi ok. 3,5°C w dnie doliny i 2,5°C powyżej 50 m ponad dnem doliny, dla zabudowy willowej ok. 4°C w dnie doliny i 1,5°C powyżej 50 m ponad dnem doliny. Są to wartości jakich można się spodziewać w lecie, przy sprzyjającej pogodzie przez ok. 1–2 godziny pod koniec nocy; w innych warunkach różnice te będą mniejsze lub zanikną. Rycina 3 pokazuje

przebieg temperatury powietrza w punktach pomiarowych IGiGP UJ w Krakowie reprezentujących zabudowę blokową w dnie doliny (os. Podwawelskie) i ok. 50 m powyżej dna doliny (ul. Mała Góra) w okresie od 4.07.2021 godz. 00 UTC do 10.07.2021 godz. 06 UTC. Widoczna jest wyższa o kilka stopni temperatura w dnie doliny w ciągu dnia; w czasie nocy temperatura bywa zwykle wyższa o 2°C. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że miejska wyspa ciepła jest zjawiskiem występującym przez cały rok, zwykle niezauważanym i nie odczuwanym przez mieszkańców, natomiast może mieć znaczenie dla zdrowia i samopoczucia w czasie występowania fal upałów, kiedy w ciągu dnia temperatura powietrza przekracza 30°C. W takich ekstremalnych warunkach termicznych, wynikających zwykle z napływu tropikalnych mas powietrza, istotne jest, aby w nocy temperatura powietrza spadła poniżej 20°C. W przeciwnym razie mówimy o wystąpieniu tzw. nocy tropikalnej, a są to warunki uniemożliwiające prawidłową regenerację organizmu człowieka w naszej strefie klimatycznej. W tej sytuacji wolniejsze wychładzanie się terenów zurbanizowanych w porównaniu z terenami pozamiejskimi, czyli jedna z przyczyn powstawania miejskiej wyspy ciepła, jest czynnikiem niekorzystnym, gdyż może spowodować, że w mieście wystąpi noc tropikalna, podczas gdy poza miastem takie zjawisko nie będzie notowane. Należy jednak zauważyć, że źródłem problemu jest występowanie fali upałów, a nie samo zjawisko miejskiej wyspy ciepła. Na ryc. 2 widoczny jest stopniowy wzrost temperatury w dzień i w nocy z dnia na dzień we wszystkich punktach, przekraczanie progu 30°C w coraz większej liczbie punktów w kolejnych dniach (fala upałów), wystąpienie nocy tropikalnej z 9 na 10 lipca oraz nagły spadek temperatury w godzinach popołudniowych 9 lipca we wszystkich punktach, spowodowany ulewnym deszczem z gradem, który doprowadził do lokalnych podtopień. W Krakowie noce tropikalne najczęściej występują w zwartej zabudowie śródmiejskiej, w innych typach zabudowy w dnie doliny jest ich o około 25% mniej, a w obszarach zabudowanych położonych 50 m ponad dnem doliny jest to około 50–75% mniej niż w śródmieściu [7]. Takie warunki pogodowe są często przyczyną dużego zwiększenia zużycia energii z powodu masowego stosowania klimatyzatorów, co generuje wzrost produkcji energii, a zatem wzrost spalania paliw kopalnych i emisji m.in. gazów cieplarnianych do atmosfery. Warto zaznaczyć, że działanie klimatyzatorów powoduje obniżenie temperatury wewnątrz pomieszczeń, ale wzrost temperatury na zewnątrz, co jeszcze pogarsza i tak już złe warunki bioklimatyczne panujące tam w czasie fal

upałów. Warto również podkreślić, że w ciągu dnia, kiedy temperatura powietrza jest najwyższa, miejska wyspa ciepła często nie występuje, a nawet w wielu zacienionych miejscach miasta jest chłodniej niż na otwartych terenach zielonych poza miastem.

Miejska wyspa ciepła, wbrew pozorom, może mieć także pozytywny wpływ na nasze życie. Zimą występowanie wyższej temperatury w mieście niż poza miastem polepsza warunki bioklimatyczne poprzez zmniejszenie obciążenia naszych organizmów chłodem. Ponadto, skoro w mieście jest cieplej niż poza miastem, to mniej energii jest zużywane na ogrzanie terenów zurbanizowanych. Mniejsze zużycie energii to niższa jej produkcja, a co za tym idzie mniejsze spalanie paliw kopalnych, z których tę energię pozyskujemy. Oznacza to zmniejszenie emisji różnych zanieczyszczeń do atmosfery, a także zmniejszenie emisji dwutlenku węgla, co przyczynia się z kolei do przeciwdziałania globalnemu ociepleniu. Ponadto wyższa temperatura w mieście zimą przyczynia się do szybszego topnienia śniegu tam zalegającego, co ułatwia funkcjonowanie tak pieszych, jak wszelkich środków transportu w mieście.

Dotychczasowe rozważania dotyczyły tzw. atmosferycznej miejskiej wyspy ciepła, czyli temperatury powietrza w najniższej warstwie atmosfery, do kilku metrów nad poziomem gruntu, gdzie funkcjonują ludzie, zwierzęta i rośliny. Wyróżnia się jednak także inne rodzaje miejskiej wyspy ciepła: powierzchniową, podziemną i warstwy granicznej atmosfery. Dwa ostatnie rodzaje są stosunkowo rzadko badane, dotyczą różnic między temperaturą gruntu w mieście (gdzie pod ziemią jest wiele instalacji) i poza miastem oraz warstwy powietrza od powierzchni gruntu do wysokości mniej więcej 1–3 km. Natomiast tzw. powierzchniowa miejska wyspa ciepła to rozkład przestrzenny temperatury powierzchni – ale powierzchni czego? Aby to zrozumieć, warto zwrócić uwagę, że dane o tym rodzaju miejskiej wyspy ciepła pozyskujemy przede wszystkim z analizy obrazów satelitarnych, choć także naziemnych obrazów wykonanych urządzeniami rejestrującymi promieniowanie podczerwone. Są to zwykle uśrednione wartości dla „oczek” danej powierzchni (np. 100 m²) i na wartość przypisaną do takiej powierzchni składają się wartości temperatury np. rozgrzanego dachu, zacienionej ściany budynku, ściany nasłonecznionej, ale i trawnika czy ulicy. Dane dotyczące powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła wydają się atrakcyjne z uwagi na pokazanie rozkładu temperatury w sposób ciągły przestrzennie i relatywną łatwość pozyskiwania takich danych (w porównaniu z pomiarami temperatury powietrza). Należy jednak podkreślić, że oba typy miejskiej wyspy ciepła różnią się od siebie zarówno co

do przebiegu dobowego, jak i samej wartości temperatury. Utożsamianie temperatury powierzchni zmierzanej np. przez satelity z temperaturą powietrza na danym obszarze jest z gruntu błędne. Powierzchniowa miejska wyspa ciepła ma zupełnie inne cechy charakterystyczne niż atmosferyczna: występuje przez całą dobę, ma największą intensywność w dzień i w lecie, a maksymalne różnice temperatury między obszarami miejskimi i pozamiejskimi sięgają ok. 15°C w dzień i 10°C w nocy. Związki między temperaturą podłoża i temperaturą powietrza nie mają stałego charakteru, a próby transformacji danych rzadko dają zadowalające rezultaty i często obraz miejskiej wyspy ciepła uzyskany na podstawie danych satelitarnych nie jest zbieżny z danymi z pomiarów powietrza. Temperatura podłoża jest zależna od wartości bilansu cieplnego danej powierzchni czynnej, co jest istotnym czynnikiem kształtującym temperaturę powietrza. Powietrze jest jednak złym przewodnikiem ciepła, a ponadto podlega turbulencji, stąd częste duże rozbieżności między temperaturą powietrza i podłoża. Badania przeprowadzone dla Krakowa pokazały, że najcieplejsze podłoże obserwowano w Starym Mieście i Nowej Hucie, ale, co ciekawe, poza Krakowem, na obszarach rolniczych, temperatura podłoża może być równie wysoka. Największe kontrasty termiczne występowały w okresie letnim w okolicach południa, a najmniejsze w godzinach porannych. Stwierdzono, że ok. 30% powierzchni miasta można określić jako termicznie stabilne, ok. 16% jest zawsze cieplejsze niż otoczenie, a kolejne 16% – chłodniejsze [12, 21, 22].

Aby zmniejszyć intensywność atmosferycznej miejskiej wyspy ciepła warto podejmować działania zmierzające do tego, aby miasto w ciągu dnia pochłaniało jak najmniej energii słonecznej, gdyż ta energia jest potem w nocy oddawana do atmosfery jako promieniowanie cieplne. Sprzyja temu np. malowanie różnych powierzchni w mieście (np. ścian budynków o ekspozycji pd. i zach.) na jasne kolory, wprowadzanie „zielonych ścian” i zieleni wysokiej dającej cień w ciągach komunikacyjnych. Zieleń w mieście pełni wiele ról. Jest naturalnym filtrem zanieczyszczeń powietrza (np. poprzez osiadanie pyłu na liściach i zatrzymywanie go tam). Zieleń wysoka poprzez zacienienie podłoża sprzyja obniżaniu temperatury powietrza. Rośliny dostarczają do atmosfery miejskiej tlenu, ale też pary wodnej poprzez ewapotranspirację, ponadto pełnią ważną rolę estetyczną. Modnym trendem jest zakładanie zielonych dachów, jest to jednak działanie złożone technicznie, często możliwe tylko do częściowej realizacji na wielu budynkach z uwagi na możliwości techniczne. Oddziaływanie terenów zielonych na mikroklimat otoczenia

jest zależne od ich wielkości, składu gatunkowego roślin i zagospodarowania terenów sąsiednich. Działania takie jak wprowadzanie w przestrzeń miejską jasnych powierzchni czy zieleni są tym bardziej potrzebne, że średnia roczna temperatura powietrza w Krakowie wzrasta, podobnie jak temperatura globalna, na skutek globalnego ocieplenia. Na początku XX w. średnia roczna temperatura powietrza w Krakowie wynosiła ok. 8°C, a w drugiej dekadzie XXI w. już ok. 11°C [16]. Najnowszy raport Międzyrządowego Panelu do spraw Zmiany Klimatu [15] nie pozostawia złudzeń co do tego, że fale upałów będą się zdarzać coraz częściej, zatem podejmowanie różnych działań, które pozwolą nam się dobrze przygotować do takich sytuacji jest ze wszech miar potrzebne. Opracowanie dotyczące prognoz wzrostu obciążenia miasta ciepłem w kolejnych dekadach [3, 4] pokazało, że w zależności od tego, jak intensywnie będzie przebiegać dalszy wzrost temperatury globalnej, Kraków prawdopodobnie będzie doświadczał pod koniec XXI w. od 20 do 50 więcej dni gorących (czyli z maksymalną dobową temperaturą powyżej 25°C) rocznie niż w wieloleciu 1971–2000, kiedy było to ok. 60 dni. Opracowanie to pokazało także, że wklęsłe formy terenu, w których znajduje się zabudowa miejska, są najbardziej narażone na występowanie wysokich wartości temperatury maksymalnej i liczba dni gorących jest tam znacząco większa niż na wypukłych formach terenu. Jest to zjawisko znane z obszarów górskich, gdzie w dnach dolin obserwuje się najniższe temperatury minimalne i najwyższe maksymalne w porównaniu z pozostałymi terenami w profilu pionowym.

Opady atmosferyczne i cień opadowy

Kolejnym elementem klimatu, który ma duże znaczenie dla jakości życia, są opady atmosferyczne. Zarówno sumy roczne opadów, jak liczba dni z opadem wykazują na terenie Krakowa i terenów otaczających duże zróżnicowanie. Roczne sumy opadów są najwyższe w południowej części miasta (ok. 700 mm/rok), gdzie próg Pogórza Wielickiego tworzy barierę orograficzną dla napływających z zachodu i północy mas powietrza. W centrum miasta sumy te wynoszą ok. 650 mm/rok, a we wschodniej części miasta zaledwie ok. 550 mm/rok. Północna część miasta znajduje się w tzw. cieniu opadowym, co wynika z osłaniającego oddziaływania skłonu Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. W przeciwieństwie do temperatury powietrza, opady atmosferyczne nie wykazują tendencji wzrostowej lub spadkowej w ostatnich dziesięcioleciach, ale charakteryzuje je duża zmienność, co oznacza,

że są elementem bardzo nieprzewidywalnym, tak w zakresie ilości wody, jaką otrzyma w postaci opadów dany obszar, jak też w zakresie rozłożenia opadów w czasie roku. Ma to kluczowe znaczenie dla funkcjonowania środowiska, np. dla warunków wegetacji roślin, ale też dla mieszkańców, choćby w kontekście zagrożenia powodziowego. Ta sama ilość opadów równomiernie rozłożona w czasie lub docierająca do danego terenu w postaci rzadko występujących krótkotrwałych ulew ma bardzo różne skutki dla środowiska. W pierwszym przypadku pozwala na niezakłócony rozwój roślin i lepsza zasoby wód podziemnych, a w drugim stwarza zagrożenie powodziowe (Ryc. 4) i powoduje niedobory wody koniecznej dla prawidłowej wegetacji. Ta kwestia nabiera szczególnego znaczenia w świetle licznych postulatów o zwiększenie udziału terenów zielonych w mieście; aby tereny te spełniały swoją rolę konieczne jest odpowiednie ich nawodnienie, naturalne lub sztuczne, przy czym ta druga opcja jest znacznie bardziej kosztowna i pochłania zwykle znaczne ilości wody pitnej. Warto zaznaczyć, że przewiduje się, że jednym ze skutków globalnego ocieplenia będzie prawdopodobnie zarówno wzrost intensywności opadów, jak i występowanie dłuższych okresów trwania suszy [15]. Oba te elementy przewidywanych zmian napawają niepokojem. Już teraz epizody niezwykle dużych opadów docierających do obszaru miasta w krótkim czasie powodują często szkody w infrastrukturze poprzez zalania piwnic i niższych kondygnacji budynków, co jest skutkiem niewydolności miejskich systemów kanalizacyjnych. Przewidywany wzrost częstości gwałtownych, krótkotrwałych opadów w przyszłości skłania już teraz do podejmowania działań zabezpieczających i adaptacyjnych.

Średnia roczna liczba dni z opadem jest najwyższa w centrum miasta i wynosi ok. 215, zaś w północnej i wschodniej części miasta nie przekracza 150 dni, przy czym różnice te wynikają przede wszystkim z liczby dni z opadami o słabej wydajności, czyli o sumie dobowej do 5 mm, dlatego to nie w centrum miasta występują najwyższe sumy opadów. W przypadku Krakowa nie znajduje zatem potwierdzenia reguła znana z wielu dużych miast, zwłaszcza amerykańskich, że obszary miejskie charakteryzują się zwiększoną liczbą intensywnych opadów o dużej wydajności. Ponadto w lecie, kiedy opady burzowe występują najczęściej, zróżnicowanie sum opadów między stacjami jest najmniejsze. Zimą pojawiają się największe różnice w sumach opadów między centrum miasta a terenami pozamiejskimi; w centrum miasta są one o ok. 30 mm wyższe niż na terenach objętych tzw. cieniem opadowym. W tej porze roku zanieczyszczenie powietrza w Krakowie jest największe, co może

się przyczyniać do zwiększenia sum opadów poprzez zwiększenie w powietrzu liczby tzw. jąder kondensacji, czyli cząstek, na których mogą się tworzyć krople opadu. Porównanie sum opadów w Krakowie i na terenach otaczających z dwu podokresów: 1972–1988 (wysokie zanieczyszczenie powietrza, duża emisja sztucznego ciepła) i 1989–2005 (mniejsze zanieczyszczenie powietrza i mniejsza emisja sztucznego ciepła), pokazało, że mimo znacznego spadku zanieczyszczenia powietrza w Krakowie po 1989 r., nie wystąpił w sumach opadów na poszczególnych stacjach ani trend wzrostowy, ani spadkowy. Struktura przestrzenna opadów nie uległa zmianie po 1989 r. [1, 6, 8]. Można zatem stwierdzić, że to rzeźba terenu jest głównym czynnikiem różnicującym sumy roczne opadów na terenie Krakowa i okolic. Najwyższa suma dobową opadu na Stacji Naukowej IGiGP UJ w Ogrodzie Botanicznym (do czasu powstania niniejszego tekstu) została zanotowana 5 sierpnia 2021 r. i wyniosła 103,4 mm.

Warunki pogodowe a zanieczyszczenie powietrza

Istotnym elementem jakości życia w Krakowie są warunki aerosanitarne, czyli jakość powietrza jakim oddychamy. Stężenie zanieczyszczeń powietrza w danym miejscu i w danej chwili, nazywane też imisją, jest kształtowane przez emisję i warunki dyspersji zanieczyszczeń. Emisja, czyli dostarczanie zanieczyszczeń do powietrza, może zachodzić na wiele sposobów i pochodzić z wielu źródeł naturalnych i antropogenicznych [27], natomiast warunki dyspersji, czyli rozchodzenia się zanieczyszczeń w powietrzu, zależą od warunków pogodowych, przede wszystkim od prędkości wiatru i rozkładu temperatury powietrza w profilu pionowym. Szczególne usytuowanie Krakowa modyfikuje czynniki meteorologiczne wpływające na stężenie zanieczyszczeń powietrza. Wiatr powoduje tzw. wentylację poziomą, czyli usuwanie zanieczyszczeń z miejsca emisji na obszary dalej położone, zaś profil pionowy temperatury jest ściśle związany z intensywnością i zasięgiem mieszania pionowego powietrza, czyli wentylacją pionową. Występowanie inwersji termicznej (czyli wzrostu temperatury z wysokością) znacząco pogarsza wentylację pionową, natomiast opady atmosferyczne wymywają zanieczyszczenia, zwłaszcza pyłowe, z atmosfery, ale skuteczność tego mechanizmu zależy od rodzaju i natężenia opadu; najefektywniejsze są długotrwałe opady o małym natężeniu, jak mżawka lub słaby deszcz [24]. Niestety, średnia roczna prędkość wiatru w Krakowie wynosi zaledwie około 2 m/s i przez około 50% dni w roku nie przekracza tej wartości, co

oznacza przewagę słabych warunków wentylacji poziomej. Cisze atmosferyczne (czyli brak wiatru) mają udział równy około 20–30%, a tylko 35% wiatrów ma prędkość powyżej 5 m/s [14]. Co ciekawe, w czasie nocy z dużymi różnicami temperatury w profilu pionowym ($\geq 4,0^{\circ}\text{C}$), w dnie doliny wiatr o prędko-

temperatura powietrza jest jednakowa). Takie warunki termiczne powstają przy braku wiatru lub przy bardzo słabym wietrze. Powodują one osłabienie lub zanik ruchów wstępujących powietrza, co utrudnia rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń i prowadzi do znacznego wzrostu ich koncentracji (Ryc. 5). Obec-



Ryc. 4. Bardzo wysoki stan wody w Wiśle pod Wawelem w maju 2010 r.; z powodu zagrożenia powodziowego zamontowano dodatkowe metalowe bariery podnoszące wysokość wałów przeciwpowodziowych. Fot. A. Bokwa.

ści przekraczającej 2,0 m/s zdarza się bardzo rzadko (4–10%), podobnie jak wiatr o prędkości $\geq 3,0$ m/s (ok. 2%). Na otaczających miasto od południa wierzchołkach Pogórza Wielickiego w tym samym czasie wiatr o prędkości $\geq 2,0$ m/s osiąga częstość ponad 38%, a $\geq 3,0$ m/s – ponad 19% [1]. Pokazuje to rolę naturalnego osłonięcia Krakowa przed swobodnym przepływem powietrza. Nie dość, że Kraków jest położony we wklęsłej formie terenu, co utrudnia naturalne przewietrzanie miasta, to zabudowa miejska zwiększa tzw. szorstkość aerodynamiczną podłoża, czyli opór, jaki przepływowi powietrza stawiają liczne wysokie budynki. Skutkuje to obniżeniem i tak zwykle niewielkiej prędkości wiatru o ok. 30%.

Położenie Krakowa sprzyja ponadto tworzeniu się tzw. termicznych warstw hamujących, powstających na skutek inwersji temperatury powietrza lub izotermii (czyli sytuacji, kiedy w całym profilu pionowym

ność warstw hamujących nad Krakowem powoduje kilkakrotny wzrost stężeń zanieczyszczeń powietrza w porównaniu z okresem bezinwersyjnym, tym bardziej, że większość kominów nie przekracza wysokości 200 m [17]. Występowanie inwersji dolnej (czyli sięgającej od powierzchni ziemi do określonego pułapu) lub wzniesionej (o dolnej granicy na pewnej wysokości ponad powierzchnią ziemi) do 300 m powoduje kumulowanie zanieczyszczeń pochodzących z emitorów o niższych wysokościach i jednocześnie odcinanie smug pochodzących z emitorów o wysokościach wyższych niż miąższość inwersji (przykładowo: komin elektrociepłowni w Łęgu ma wysokość 260 m). W Krakowie w zimie często występują inwersje dolne, miąższość warstwy mieszanina (czyli warstwy powietrza od powierzchni ziemi do dolnego poziomu inwersji) jest niewielka i przy dłuższym utrzymywaniu się podobnej sytuacji oraz małej prędkości wiatru może

dojść do znacznej kumulacji zanieczyszczeń [11]. J. Walczewski [23] stwierdził na podstawie pomiarów sodarowych w Krakowie-Czyżynach, że przez 60% dni w roku w godzinach porannych występowała inwersja termiczna dolna, zaś Hajto i Rozwoda [13] obliczyli czas trwania różnych tzw. stanów równowagi atmosfery, określających m.in. warunki wentylacji pionowej. W półroczu chłodnym przez ok. 70% czasu tej pory roku panują w Krakowie bardzo złe warunki dla rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń (czyli występuje tzw. równowaga stała). Powyższe dane pokazują, że naturalne warunki przewietrzania Krakowa, zwłaszcza w chłodnej porze roku, są złe. Konsekwencją tego jest to, że nawet niewielkie emisje zanieczyszczeń prowadzą w krótkim czasie do dużych stężeń tych zanieczyszczeń w powietrzu, gdyż kolejne porcje spalin z kominów budynków i rur wydechowych samochodów powiększają wolumen zanieczyszczeń wyemitowanych w godzinach poprzedzających, a to z powodu braku lub bardzo ograniczonego ich odprowadzania poza teren miasta. Badania profili pionowych stężenia pyłów zawieszonych PM_{10} (czyli o średnicy do 10 mikrometrów), wykonane w centrum miasta, pokazały, że najbardziej narażona na wysokie stężenia zanieczyszczeń jest najniższa część miasta, do ok. 60 m powyżej dna doliny. Powyżej, w pasie ok. 60–100 m ponad dnem doliny znajduje się strefa przejściowa, gdzie obserwuje się szybki spadek stężeń, a powyżej ok. 100 m jakość powietrza jest znacznie lepsza niż w strefie najniższej, gdyż nie występuje tam obniżanie prędkości wiatru przez wypukłe formy terenu czy zwartą zabudowę, a ponadto mogą tam swobodnie napływać czyste masy powietrza z innych obszarów [18]. Warto w tym miejscu wspomnieć, że wszystkie wymienione okoliczności powodują, że przy niektórych sytuacjach pogodowych emisje zanieczyszczeń powietrza z miejscowości położonych w bezpośrednim sąsiedztwie Krakowa mogą przyczyniać się do wzrostu stężeń tych zanieczyszczeń w Krakowie. Miejscowości te są położone na wypukłych formach terenu otaczających miasto lub w dnie doliny Wisły, a napływ zanieczyszczeń może być związany ze spływami katabatycznymi ku dnie doliny lub ze słabą wymianą powietrza w obrębie dna doliny. Wymiana ta może być spowodowana różnicą temperatury między obszarami miejskimi i pozamiejskimi, co przekłada się na różnice gęstości powietrza, a to na niewielkie lokalne różnice ciśnienia, powodujące słaby przepływ powietrza w kierunku miasta. Wszystkie opisane procesy zachodzą przy pogodzie bezwietrznej lub przy słabym wietrze, co sprzyja tworzeniu się inwersji termicznych; zatem procesy te zachodzą wtedy w warstwie inwersyjnej. Niektóre sytuacje synoptyczne powodu-

ją występowanie silnych inwersji na dużych obszarach i wtedy opisane negatywne oddziaływanie emisji z miejscowości sąsiadujących z Krakowem może być szczególnie dotkliwe.

Wielu badaczy klimatu Krakowa zajmowało się wzajemnym oddziaływaniem inwersji powietrza i miejskiej wyspy ciepła [1]. Wyniki tych badań pokazują, że miejska wyspa ciepła i inwersja temperatury mogą występować równocześnie. Miejska wyspa ciepła może redukować dolne inwersje temperatury lub podnosić ich pułap, a jej zasięg pionowy sięga latem do 200 m nad poziomem gruntu. Wysokość warstwy inwersyjnej dolnej osiągnęła maksymalnie 300 m i często obserwowano inwersje całodobowe. Jednak warunki pogodowe sprzyjające tworzeniu się inwersji termicznych są bardzo zbliżone do tych sprzyjających dużej intensywności miejskiej wyspy ciepła – czyli pogoda bezwietrzna lub z małą prędkością wiatru i bezchmurna lub z małym zachmurzeniem. Ponieważ przy takich warunkach, zwłaszcza w półroczu chłodnym, stężenie zanieczyszczeń z reguły szybko znacząco wzrasta, to oznacza to, że miejska wyspa ciepła w Krakowie funkcjonuje w warstwie inwersyjnej, która ma decydujący wpływ na kształtowanie warunków aerosanitarnych. Inwersja ogranicza potencjalny wpływ miejskiej wyspy ciepła na rozprzestrzenianie zanieczyszczeń, obserwowany w niektórych miastach na terenach płaskich, a polegający na intensyfikacji pionowych ruchów powietrza i wynoszeniu zanieczyszczeń poza obszar miasta.

Szczególnym przypadkiem wiatru, jaki czasem wieje w Krakowie, jest wiatr halny. Jest to jeden z tzw. wiatrów regionalnych, występuje w Tatrach, ale może docierać do Krakowa, a nawet jeszcze dalej na północ. Jak się okazuje, może także mieć bardzo różny wpływ na zanieczyszczenie powietrza w Krakowie. Jest to wiatr suchy, ciepły i może być porywisty. Jeśli halny wieje ponad doliną Wisły dalej na północ, a w dolinie utworzyło się zastoisko chłodnego powietrza, to taki strumień ciepłego powietrza ponad miastem generuje silną inwersję temperatury, bardzo złe warunki dyspersji zanieczyszczeń i wysokie ich stężenia w całym mieście. Jeśli wiatr halny wnuknie w dolinę Raby, a następnie doliną Wisły dotrze do Krakowa od strony wschodniej albo wnuknie od południa do doliny Wisły w Krakowie, to może zlikwidować zastoisko chłodnego powietrza, polepszyć naturalne przewietrzanie i w krótkim czasie doprowadzić do znacznego spadku stężeń zanieczyszczeń powietrza w całym mieście. Jest jeszcze trzecia możliwość: halny może generować zaburzenia przepływu powietrza zwane falami grawitacyjnymi. Wnikają one w zachodnią, węższą część doliny Wisły i powodują duże różnice w warunkach

dyspersji na terenie miasta, skutkiem czego w jednych częściach Krakowa stężenia zanieczyszczeń szybko spadają, a w innych szybko rosną [19].

Kolejnym elementem klimatu mającym wpływ na jakość życia mieszkańców Krakowa jest występowanie mgły, od czasu do czasu paraliżującej nie tylko ruch drogowy, ale także funkcjonowanie lotniska w Balicach. Roczna liczba dni z mgłą w centrum Krakowa zmalała ze 120 w latach 60. XX w. do około

miejskiej wyspy ciepła. W Krakowie ważnym czynnikiem jest zasięg pionowy mgły; obszary w dnie doliny zawsze doświadczają mgły w dniach, kiedy ona występuje, natomiast obszary położone ok. 50 m ponad dnem doliny – tylko w niektórych przypadkach. Często są ponad warstwą mgły i tam intensywność miejskiej wyspy ciepła nie podlega takim zmianom jak w dnie doliny. Mgła obniża intensywność miejskiej wyspy ciepła w dnie doliny o ok. 1°C, ale głów-



Ryc. 5. Widok z Kopca Kościuszki na teren Krakowa oraz warstwę zanieczyszczeń powietrza zalegającą nad miastem w warunkach inwersji temperatury powietrza. Fot. Z. Ustrnul.

20 w latach 90. XX w. [26], co jest czynnikiem poprawiającym warunki aerosanitarnie. Mgła tworzy się bowiem w warunkach bezwietrznych lub przy bardzo słabym wietrze, czyli w warunkach sprzyjających wzrostowi stężeń zanieczyszczeń, a dodatkowo kropelki wody zawieszone w powietrzu, tworzące mgłę, wchodzą w reakcje chemiczne z zanieczyszczeniami powietrza, co prowadzi do tworzenia się nowych zanieczyszczeń, w tym toksycznych dla organizmów żywych. Ponadto mgła ogranicza dopływ promieniowania słonecznego, co niekorzystnie oddziałuje na naszą psychikę i na stan sanitarny powietrza. Związki między występowaniem mgły a miejską wyspą ciepła wynikają z faktu, że zastoiska chłodnego powietrza, tworzące się w dnie doliny poza miastem sprzyjają powstawaniu mgły, ale z drugiej strony powstawanie mgły podnosi temperaturę minimalną powietrza poza miastem, co powoduje zmniejszenie intensywności

nie przy pogodzie bezchmurnej i bezwietrznej. Wraz ze wzrostem zachmurzenia i prędkości wiatru rola mgły słabnie i jest taka sama w całym mieście [9].

Klimat Krakowa a jakość życia

Czy warunki klimatu lokalnego Krakowa są czynnikiem poprawiającym czy utrudniającym życie mieszkańców Krakowa? Czego możemy się spodziewać w przyszłości, biorąc pod uwagę ciągle postępujące globalne ocieplenie? Z jednej strony: utrudnione warunki naturalnego przewietrzania miasta są jedną z przyczyn złej jakości powietrza w Krakowie, a położenie miasta we wklęsłej formie terenu przyczynia się do występowania wyższych wartości temperatury maksymalnej i większej liczby nocy tropikalnych niż na pobliskich szczytach wzniesień. Są to czynniki niekorzystne, ale także wskazujące kierunki działań

przystosowawczych na przyszłość. Postępująca zmiana klimatu oznacza, że możemy się spodziewać coraz częstszych fal upałów, takich zjawisk nie da się uniknąć, zatem konieczne jest przygotowanie się na radzenie sobie ze zbyt wysoką temperaturą powietrza. Najlepiej takie działania realizować wielopoziomowo, od skali indywidualnej, na poziomie pojedynczych gospodarstw domowych, po działania w skali całego miasta. Każdy z nas może zadbać o to, aby mieszkanie czy dom był dobrze zaizolowany, bo to nie tylko chroni przed nadmierną utratą ciepła w zimie, ale także przed nadmiernym nagrzaniem w lecie, czyli pomaga zapewnić komfort termiczny mieszkańcom. Istotne jest także zabezpieczenie okien przed nadmierną transmisją ciepła do wnętrza pomieszczeń, np. poprzez montaż żaluzji zewnętrznych. Możemy także np. włączać się w akcje sadzenia drzew, gdyż w ten sposób zwiększamy wielkość obszaru zacienionego w mieście. Nie możemy zmienić złych naturalnych warunków dyspersji zanieczyszczeń powietrza, ale możemy dążyć do obniżenia emisji zanieczyszczeń z różnych źródeł. Wszakże naturalne osłonięcie Krakowa przed wiatrem może mieć także aspekt pozytywny, biorąc pod uwagę, że zmiana klimatu oznacza m.in. wzrost zagrożenia wichurami. W takich sytuacjach położenie miasta w miejscu, gdzie prędkość wiatru może w naturalny sposób być obniżona, jest czynnikiem pozytywnym. Analizy dotyczące wpływu globalnego ocieplenia na opady w naszej strefie

klimatycznej wskazują, że możemy się spodziewać wzrostu liczby przypadków gwałtownych opadów o dużej wydajności, zwłaszcza w okresie letnim, oddzielonych od siebie okresami posusznymi. Jest to okoliczność niekorzystna i oznacza konieczność zwiększenia tzw. małej retencji wody, co także można realizować na wiele sposobów, od działań indywidualnych po działania w skali całego miasta czy regionu. Opady takie są praktycznie niemożliwe do zaprognozowania z takim wyprzedzeniem, aby można uniknąć ewentualnych strat. Występujące w Krakowie duże zróżnicowanie sum rocznych nie jest w tym przypadku wskazówką, gdzie można się spodziewać takich opadów – mogą one wystąpić w dowolnym miejscu i mieć różny zasięg przestrzenny. Podsumowując można stwierdzić, że niektóre aspekty klimatu lokalnego Krakowa należy ocenić jako gorsze niż w innych dużych miastach Polski, położonych na terenach płaskich, choć warto podkreślić, że np. zła jakość powietrza jest problemem w każdym większym mieście; w Krakowie jednak trudniej sobie radzić z tym problemem, gdyż jak wspomniano, nawet niewielkie emisje mogą przy określonych warunkach pogodowych prowadzić do dużych stężeń. Biorąc jednak pod uwagę całość klimatu lokalnego, w okresach z pogodą pozbawioną sytuacji ekstremalnych, Kraków nie ma warunków gorszych niż inne duże miasta Polski.

Bibliografia

1. Bokwa A. (2010) Wieloletnie zmiany struktury mezklimatu miasta na przykładzie Krakowa. Kraków, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, publikacja dostępna na stronie: <http://denali.geo.uj.edu.pl/publikacje,000155?&page=rok>
2. Bokwa A. (2019) Rozwój badań nad klimatem lokalnym Krakowa. *Acta Geographica Lodziensia*, 108: 7–20, DOI: [org/10.26485/AGL/2019/108/1](https://doi.org/10.26485/AGL/2019/108/1)
3. Bokwa A., Dobrovolný P., Gál T. i wsp. (2018) Urban climate in Central European cities and global climate change. *Acta Climatologica*, 51–52: 7–35, DOI: [10.14232/acta.clim.2018.52.1](https://doi.org/10.14232/acta.clim.2018.52.1)
4. Bokwa A., Geletič J., Lehnert M. i wsp. (2019) Heat load assessment in Central European cities using an urban climate model and observational monitoring data. *Energy and Buildings*, 201: 53–69, DOI: [10.1016/j.enbuild.2019.07.023](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.023)
5. Bokwa A., Hajto M.J., Walawender J.P., Szymanowski M. (2015) Influence of diversified relief on the urban heat island in the city of Kraków, Poland. *Theoretical and Applied Climatology*, 122: 365–382, DOI: [10.1007/s00704-015-1577-9](https://doi.org/10.1007/s00704-015-1577-9)
6. Bokwa A., Limanówka D. (2008) Mezoskalowe zróżnicowanie temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w dolinie Wisły w Krakowie i okolicy (1991–2005). *Wiadomości Meteorologii, Hydrologii, Gospodarki Wodnej*, 3–4: 3–20.
7. Bokwa A., Limanówka D. (2014) Effect of relief and land use on heat stress in Kraków, Poland. *Die Erde*, 145, 1–2: 34–48, DOI: [10.12854/erde-145-4](https://doi.org/10.12854/erde-145-4)
8. Bokwa A., Skowera B. (2008) Wpływ rzeźby i użytkowania terenu na strukturę opadów atmosferycznych w okolicach Krakowa (1971–2005). *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 5: 51–61, publikacja dostępna na stronie: http://www.infraeco.pl/pl/art/a_15230.htm

9. Bokwa A., Wypych A., Hajto M.J. (2018) Role of Fog in Urban Heat Island Modification in Kraków, Poland. *Aerosol and Air Quality Research*, 18: 178–187, doi: 10.4209/aaqr.2016.12.0581
10. German K. (2007) Środowisko przyrodnicze Krakowa i jego wpływ na warunki klimatyczne. W: *Klimat Krakowa w XX wieku*. Matuszko D. (red.). Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, s. 11–19.
11. Godłowska J., Walczewski J. (1998) Próba określenia uwarunkowań porannych przemian struktury warstwy granicznej. *Wiadomości IMGW*, 21 (42), 1: 49–60.
12. Hajto M. (2009) Badanie czasowo-przestrzennej struktury warunków termicznych terenów miejskich i pozamiejskich na podstawie danych satelitarnych. *Prace Geograficzne IGiGP UJ*, 122: 71–79.
13. Hajto M., Rozwoda W. (2010) Wykorzystanie danych sodarowych do oceny warunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w warstwie granicznej atmosfery w Krakowie. W: *Ochrona powietrza w teorii i praktyce*. T. 2, s. 81–92.
14. Hess M.T., Olecki Z. (1990) Niektóre aspekty klimatu miasta Krakowa i możliwości jego poprawy. W: *Kłęska ekologiczna Krakowa*. Gumińska M., Delorme A. red. Polski Klub Ekologiczny, Kraków, s. 141–154.
15. IPCC (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*, publikacja dostępna na stronie: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf
16. Matuszko D., Piotrowicz K. (2018) Związek usłonecznienia i temperatury powietrza na podstawie wieloletniej serii klimatologicznej w Krakowie (1884–2016). *Przegląd Geofizyczny*, 63, 1–2: 305–319, <http://ptgeof.imgw.pl/?strona=5,20,1>
17. Morawska-Horawska M. (1978) Struktura termiczna dolnej części troposfery i jej wpływ na zanieczyszczenie powietrza w Krakowie. *Człowiek i środowisko*, 2/1: 61–85.
18. Sekuła P., Bokwa A., Bartyzel J. i wsp. (2021) Measurement report: Effect of wind shear on PM10 concentration vertical structure in the urban boundary layer in a complex terrain. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21: 12113–12139, <https://doi.org/10.5194/acp-21-12113-2021>
19. Sekuła P., Bokwa A., Ustrnul Z., Zimnoch M., Bochenek B. (2021) The impact of a foehn wind on PM10 concentrations and the urban boundary layer in complex terrain: a case study from Kraków, Poland. *Tellus B: Chemical and physical meteorology*, 73: 1933780, <https://doi.org/10.1080/16000889.2021.1933780>
20. Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M. i wsp. (2018) Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica*, 91, 2: 143–170, <https://doi.org/10.7163/GPol.0115>
21. Walawender J., Hajto M. (2009) Assessment of thermal conditions in urban areas with use of different satellite data and GIS. 2009 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Bath, UK, 21–25.
22. Walawender J.P., Szymanowski M., Hajto M.J., Bokwa A. (2014) Land Surface Temperature Patterns in the Urban Agglomeration of Krakow (Poland) Derived from Landsat-7/ETM+ Data. *Pure and Applied Geophysics*, 171, 6: 913–940.
23. Walczewski J. (red.) (1994) Charakterystyka warstwy granicznej atmosfery nad miastem (na przykładzie Krakowa). *Materiały badawcze, ser. Meteorologia*, 22, IMGW, Warszawa.
24. Walczewski J., Feleksi-Bielak M., Dębicka K., Śliwińska U. (2000) Wskaźniki meteorologicznych warunków dyspersji zanieczyszczeń powietrza i ich zmienność w Krakowie w latach 1990–1999. *Wiadomości IMGW*, 23, 3: 13–27.
25. Warakomski W. (1984) Refleksje na temat metod badania klimatu miast. *Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji „Klimat i bioklimat miast”*, Łódź, 22–24.11.1984 r., Uniwersytet Łódzki, Łódź, 21–28.
26. Wypych A. (2007) Wilgotność powietrza. W: *Klimat Krakowa w XX wieku*. Matuszko D. (red.), Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, s. 113–125.

Źródła internetowe:

27. Encyklopedia klimatologiczna ESPERE, pole tematyczne: Klimat miasta, poziom: podstawowy, część 1. Zanieczyszczenia powietrza będące wynikiem działalności człowieka, temat: Co to jest zanieczyszczenie powietrza?; Materiał dostępny na stronie: <https://open.uj.edu.pl/mod/page/view.php?id=1006>

ZIMOWE SPACERY NIE MUSZĄ BYĆ NUDNE

Lubimy spacerować. Najchętniej wiosną i latem, również w czasie trwania złotej polskiej jesieni. Zachęcam do spacerów także zimową porą. Spacer w zimie nie musi być nudny, a może okazać się fascynujący. Spójrzmy na korę drzewa. Jaka jest? Gładka czy spękana? Jasna czy ciemna? Gruba a może cienka? Czy widać na niej jakieś wzory? Ona nam podpowie, na jaki gatunek drzewa patrzymy. Wystarczy wejść w rolę przyrodniczego detektywa...

Gatunki drzew i krzewów liściastych z łatwością rozpoznajemy dzięki liściom, kwiatom i owocom. Jednak te drzewiaste rośliny jesienią tracą liście, przygotowując się w ten sposób do trudnych zimowych warunków. Pojawia się wtedy problem, jak

znać gatunku drzewiastej rośliny. Jej barwa oraz sposób złuszczenia w powiązaniu z wiekiem drzewa jest cechą gatunkową. Stanowi swoisty dowód jego tożsamości. Kora chroni pień przed nadmierną utratą wody, zabezpiecza przed uszkodzeniem, niską



Ryc. 1. Dąb szypułkowy. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 2. Wiąz polny. Fot. M. Olszowska.

rozpoznać gatunek bezlistnego drzewa? W przypadku roślin iglastych problem w zasadzie nie istnieje, bowiem rośliny te posiadają zimotrwałe igły (wyjątek stanowi modrzew). Gatunki bezlistnych drzew można identyfikować po pokroju drzewa, po wyglądzie pączków zimowych albo oglądając korę. Kora to zewnętrzne martwe komórki na powierzchni pni drzew oraz korzeni. Dociekliwi obserwatorzy przyrody z pewnością zauważyli, że kora to znak rozpo-

znawczy gatunku drzewiastej rośliny. Jej barwa oraz sposób złuszczenia w powiązaniu z wiekiem drzewa jest cechą gatunkową. Stanowi swoisty dowód jego tożsamości. Kora chroni pień przed nadmierną utratą wody, zabezpiecza przed uszkodzeniem, niską temperaturą, a także stanowi barierę odpornościową drzewa. Dzięki temu rośliny drzewiaste są wieloletnie, a często długowieczne. Wskutek stałego powiększania się obwodu pnia jej warstwy złuszczenia się, a nowe są sukcesywnie dobudowywane. U młodych drzew kora jest zazwyczaj gładka, najczęściej zielona, lecz z upływem lat i narastaniem nowych warstw następuje jej pękanie, łuszczenie się i czasami odpadanie. Kora może mieć rozmaite faktury, fantazyjne

wzory i „hieroglify”. Owe popękania, falistości, blizny i bruzdy są dla konkretnego gatunku drzewa tym, czym dla nas linie papilarne.



Ryc. 3. Kasztanowiec zwyczajny. Fot. M. Olszowska.

W czasie zimowych spacerów sfotografowałam fragmenty kory pokrywającej pnie wybranych nieco starszych drzew na wysokości oczu (ok. 1,60 m od podłoża).

Dąb szypułkowy (*Quercus robur*) z rodziny bukowatych to rodzime, monumentalne drzewo z grubymi konarami. Rośnie głównie w lasach mieszanych lub samodzielnie w dąbrowach, czasem pojedynczo. Posiada korę barwy szarej do ciemnobrązowej, która jest pokryta regularnymi, podłużnymi bruzdami. Warstwa kory ma grubość kilku centymetrów, zaś na starych drzewach może dochodzić nawet do 15 cm (Ryc. 1).

Gruba kora wiązu polnego (*Ulmus minor*) z rodziny wiązowatych odm. korkowej ma barwę brązowo-szarą z długimi głębokimi bruzdami z równie grubymi odstającymi naroślami (Ryc. 2). To rzadkie obecnie drzewo rosnące na obrzeżach pól uprawnych lub w parkach.

Kasztanowiec zwyczajny (*Aesculus hippocastanum*) z rodziny mydleńcowatych wytwarza korę nie do pomylenia z korą innego gatunku drzewa. Jest szarobrunatna, złuszcza się kafelkowatymi płatami różnej wielkości (Ryc. 3). Drzewo sadzone jest przy drogach, w parkach i na osiedlach mieszkaniowych.

Zaś u buka pospolitego (*Fagus sylvatica*) z rodziny bukowatych zobaczymy korę cienką, popielatoszarą, gładką, niespękaną. Może być nieco porysowana i fa-

lista, jakby naciągnięta na pień (Ryc. 4). Drzewo tworzy buczyny, szczególnie piękne jesienią. Rośnie też w lasach mieszanych i w parkach.



Ryc. 4. Buk zwyczajny. Fot. M. Olszowska.

Grochodrzew (*Robinia pseudoacacia*) czyli robinia akacjowa, zwyczajowo zwany akacją, posiada szarobrązową, grubą, spękaną korę z głębokimi bruzdami. Kora przypomina mi fryzurę z pięknie falującymi pasemkami, których końce wywijają się na boki (Ryc. 5). Drzewo należy do rodziny bobowatych. Jest sadzone głównie jako drzewo ozdobne, a przy drogach tworzy aleje akacjowe.

Pospolita grusza polna zwana ułęgą (*Pyrus pyramidalis*) z rodziny różowatych ma korę szaroczną, nieregularnie spękaną, a złuszcza się fragmenty przypominające kształtem prostokąty (Ryc. 6). Wszystkie dzikie grusze, jakie widziałam, posiadały na korze porost – złotorost ścienny, który kontrastował z jej ciemną barwą. Drzewo to jest bardzo pospolite na Mazurach, rośnie przy polnych drogach, na obrzeżach lasów i w zadrzewieniach śródpolnych.

Rosnące masowo na podmokłych terenach olchy czarne (*Alnus glutinosa*) z rodziny brzoźowatych odznaczają się prawie czarną korą, która pękając, tworzy jakby nakładające się na siebie dachówkowato grube łuski skierowane wolnym końcem w dół pnia (Ryc. 7).

U częstej w lasach topoli osiki (*Populus tremula*) z rodziny wierzbowatych rzuca się w oczy jasno-kremowa, gładka kora z czarnymi romboidalnymi przebiegami, tworząc ciekawy wzór (Ryc. 8). W dolnej



Ryc. 5. Robinia akacja. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 7. Olcha czarna. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 6. Grusza dzika (ulęgalka). Fot. M. Olszowska.



Ryc. 8. Topola osika. Fot. M. Olszowska.

części pnia kora jest ciemniejsza i silnie spękana. Osikę spotkamy też na skraju lasu.

Przydrożny klon zwyczajny (*Acer platanoides*) z rodziny mydleńcowatych posiada ciekawą czerwono-brązowo-szarą korę, która delikatnie pęka (Ryc. 9). W późniejszym wieku drzewo będzie miało korę czarno-szarą, pomarszczoną i wzdłużnie popękaną.

Zazwyczaj rośnie w lasach mieszanych z bukiem i lipą, w parkach, ale też samotnie.

Atrakcyjnie spękaną korę posiada jarzab szwedzki (*Sorbus intermedia*) z rodziny różowatych. To niskopienne drzewo jest coraz częściej spotykane w lasach i w zaroślach. Jako drzewko ozdobne gatunek ten jest sadzony w parkach i wzdłuż dróg. Jego ozdobą są



Ryc. 9. Klon zwyczajny. Fot. M. Olszowska.



Ryc. 10. Jarzęb szwedzki. Fot. M. Olszowska.

błyszczące liście o ładnym kształcie i czerwone owoce. Drzewo ma fantazyjnie złuszczającą się cienkimi pasmami korę barwy szarej do ciemno-szarej z delikatnym srebrzystym nalotem, przez co lekko błyszczy i płytko pęka (Ryc. 10).

Sumak octowiec (*Rhus typhina*) z rodziny nanerchzowatych to wysoki krzew lub niskopienne ozdobne



Ryc. 11. Sumak octowiec. Fot. M. Olszowska.

drzewo. Jego ozdobą są „pióropuszczone” liście pięknie wybarwione jesienią i czerwone owoce. Sumak posiada korę koloru szarego do brunatnoszarego, lekko błyszczącą, cienką i gładką, czasem chropowatą, u starych drzew delikatnie łuszczącą się cienkimi, poziomymi pasemkami (Ryc. 11).

Przyglądając się z bliska okrywom drzew podziwiamy niezwykle szczegóły podkreślające osobliwość urodę każdego gatunku drzewa. Zimą są znakomicie wyeksponowane. Zachęcam do takiej naukowej zabawy. Należałoby się jednak do niej przygotować i zdobyć nieco wiedzy na ten temat. Mamy obecnie wiele źródeł, z których możemy ją czerpać (fachowa literatura, podręczne przewodniki przyrodnicze, strony internetowe). Dzięki zdobytej wiedzy zobaczymy to, co tylko pozornie jest ukryte przed naszymi oczami. Życzę dużo satysfakcji z odkrywania korowych „kompozycji” i ustalania gatunków drzew. Poniżej podaję propozycje literatury poświęcone interesującej nas tematyce.

mgr Maria Olszowska
e-mail: marjolsz@interia.pl

Bibliografia

1. Johson O., Dawid M. (2019) Drzewa. Przewodnik Collinsa, Multico.
2. Rostański K., Rostański K.M. (2017) Drzewa i krzewy. Atlas i klucz. Kubajak.
3. Adamczyk J. (2022) Atlas pędów zimowych. Multico.

MIRRA – DAR MĘDRCÓW ZE WSCHODU

Myrrh – a gift of the Wise Men from the East

Wśród drogocennych darów ofiarowanych nowonarodzonemu Jezusowi znajdowała się mirra. Mirra jest żywicą wytwarzaną przez krzewy z rodzaju balsamowiec (*Commiphora* sp.). Substancja ta była od co najmniej 4 tys. lat wykorzystywana ze względu na jej właściwości lecznicze i zapachowe. Artykuł przedstawia właściwości i pochodzenie mirry oraz jej zastosowanie w historii dziejów.

Among the precious gifts offered to the newborn Jesus was myrrh. Myrrh is a resin produced by shrubs of the myrrh genus (*Commiphora* sp.). This substance has been used for at least 4,000 years for its medicinal and aromatic properties. The article presents the properties and origin of myrrh and its use throughout history.



Ryc. 1. Mozaika bizantyjska z Bazyliki św. Witalisa w Rawnie przedstawiająca trzech mędrców.

„Weszli do domu i zobaczyli Dziecię z Matką Jego Maryją; padli na twarz i oddali mu pokłon. I otworzywszy swe skarby, ofiarowali mu dary: złoto, kadzidło i mirrę” (Mt 1, 11; Biblia Tysiąclecia 2012)

Tradycja obdarowywania prezentami w czasie świąt Bożego Narodzenia wywodzi się m.in. ze złożenia darów narodzonemu Jezusowi przez Trzech Króli, Mędrców przybyłych ze Wschodu (Ryc. 1). Wśród

drogocennych darów znajdowała się mirra. Mirra jest żywicą wytwarzaną przez krzewy z rodzaju balsamowiec (*Commiphora* sp.). Ma ona konsystencję skryształizowanego miodu, wonny (przyjemny) zapach oraz gorzki smak i postać przezroczystych czerwono-brunatnych grudek. Nazwa tej żywicy pochodzi z języków semickich (m.in. aramejskiego) i znaczy gorzki. Najbardziej pożądana (najlepszej jakości) jest ta, która samoczynnie wypływa z pęknięć kory młodych gałązek balsamowca, natomiast na większą skalę pozyskuje się ją nacinając gałęzie i młode pnie. Najbardziej znanymi gatunkami, z których jest otrzymywana są *Commiphora myrrha* (Nees) Engl., z której pochodzi mirra znana jako prawdziwa mirra, *C. myrrha* var. *molmol* Engler (syn. *C. molmol* Engl. ex Tschirch) jako mirra somalijska, *C. abyssinica* (Berg) Engler (syn. *C. madagascarensis* Jacq.) jako mirra arabska lub mirra abisyńska (Ryc. 2), *C. africana* (A. Rich.) Engl. jako afrykańska mirra, *C. guidottii* Chiov. jako słodka mirra [6].

Rodzaj balsamowiec (*Commiphora* sp.) należy do rodziny osoczynowatych (Burseraceae) i obejmuje ok. 185 gatunków krzewów lub niewielkich drzew występujących na obszarze Afryki północnej i Azji zachodniej [3]. Balsamowiec mirra (*Commiphora myrrha* (Nees) Engl.) jest niskim ciernistym krzewem urastającym do 10 m wysokości. Jego naturalny zasięg obejmuje południową część Półwyspu Arabskiego, północno-wschodnią Afrykę, głównie Somalię w terenach górzystych. Liście ma owalne, trójlistkowe, na starszych pędach pojedyncze. Wytwarza drobne żółtawo-czerwone kwiaty, które są dwupienne i zgrupowane w wiechowatych kwiatostanach. Owocem jest drobny pestkowiec. Inne gatunki produkujące żywicę występują na Półwyspie Arabskim, w Sudanie, Etiopii, Erytrei, Somalii i Kenii [4, 6]. Współcześnie największym producentem mirry jest Somalia, a Chiny są największym odbiorcą tej żywicy [6].

Mirra zawiera gummy rozpuszczalne w wodzie, żywice rozpuszczalne w alkoholu oraz olejki eteryczne. Gummy składają się z polisacharydów i białek, natomiast olejki eteryczne zawierają steroidy, sterole i terpeny. Charakterystyczny zapach, nabierający intensywności podczas podgrzewania, pochodzi od pochodnych furanoseskwyterpenów [6]. Wśród licznych związków występują m.in.: α -pinen, dipenten, limonen, kadinen, kuminaldehyd, aldehyd cynamonowy, eugenol, kwas mirrowy, kwas mrówkowy, kwas palmitynowy i inne.

Mirra wykazuje szerokie działanie lecznicze: antyseptyczne, przeciwbólowe, a także przeciwnowotworowe. Współczesne badania wykazały także działanie

przeciwzapalne, przeciwutleniające, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwwirusowe, neuroprotektoryjne, przeciwcukrzycowe, przeciwpasożytnicze i przeciwko infekcjom dróg oddechowych [1]. Jest także do dziś używana w medycynie tradycyjnej, zarówno w krajach arabskich [12], jak i azjatyckich, gdzie w medycynie chińskiej znana jest od dynastii Tang w V w. n.e. [13].



Ryc. 2. Balsamowiec abisyński *Commiphora abyssinica* w Ogrodzie Botanicznym w Ein Gedi (Izrael). Fot. Bogdan Zemanek.

Wytwarzane przez balsamowce żywice były cennym surowcem handlowym i przedmiotem wymiany już od 4 tys. lat. Uważa się, że były głównym powodem zorganizowania szlaku handlowego wiążącego Półwysep Arabski z centrami wschodniego obszaru Morza Śródziemnego [11]. Ograniczona dostępność oraz jej zdrowotne właściwości sprawiły, że osiągała wartość równą złotu. Pierwsze informacje wskazujące jak drogocenny był to surowiec pochodzą ze starożytnego Egiptu. Na reliefie świątyni grobowej Sahure, władcy starożytnego Egiptu z V dynastii (ok. 2500 lat p.n.e.), przedstawiona jest po raz pierwszy morska wyprawa do Puntu (rejon Etiopii i Erytrei), z której przywieziono m.in. mirrę, kadzidło i drewno [18]. Mirra była używana w starożytnym Egipcie jako środek leczniczy, wspomagający zdrowie, zapachowy i do balsamowania zwłok. Jej wartości lecznicze opisywane są w najstarszych

źródłach – egipskich papirusach. Jest wymieniana w tzw. papirusie Ebersa pochodzącym z ok. 1550 lat p.n.e. Dzięki przetłumaczeniu tego papirusu na język niemiecki przez niemieckiego profesora Georga Ebersa w 1875 r., a z niemieckiego na język angielski przez C. Bryana w 1930 r. można dowiedzieć się o sposobach wykorzystania tej żywicy przez starożytnych Egipcjan. W tym papirusie jest wymieniona w dziale leków mineralnych (ang. *mineral remedies*) w różnych postaciach: jako mirra, suszona mirra, słodka mirra i olej z mirry. Miała być stosowana w chorobach oczu i dla poprawy wzroku, w chorobach układu krwionośnego, do leczenia złamań, leczenia chorych palców u nóg, w higienie jamy ustnej. Jako środek zapachowy była używana w mieszankach dla uzyskania przyjemnego zapachu domu i ubrań [17].

W późniejszych źródłach pochodzących z cywilizacji zachodniej pisze o niej Teofrast z Ereos, uczeń Arystotelesa, grecki uczony i filozof żyjący w IV w. p.n.e. Na jego dzieło „Badania nad roślinami”, zawierającego ogromną wiedzę o roślinach i ich zastosowaniu, powołują się późniejsi pisarze. W czasach rzymskich szczegółowe informacje o mirrze podaje Pliniusz Starszy, pisarz i historyk rzymski żyjący w I w. n.e. Wymienia mirrę w kontekście bogactwa Półwyspu Arabskiego, pisząc „... owe bogactwa Arabii i przyczyny, które jej nadały nazwisko szczęśliwej i błogosławionej. Najznakomitsze tedy z nich są kadzidło i mira, ostatnią ma wspólne z Troglotydami ...” [7]. Opisuje także kilka rodzajów mirry, radzi jak odróżnić prawdziwą od fałszowanej oraz opisuje wygląd drzewa, z którego mirra była pozyskiwana.

Właściwości zdrowotne mirry szczegółowo opisał Dioskorydes, grecki lekarz, farmakolog i botanik żyjący również w I w. n.e. Informacje te zawarte są w dziele „De materia Medica”, które było niezwykle ważnym źródłem wiedzy medycznej w czasach starożytnych, na to dzieło powoływano się jeszcze w wieku XVI, np. w dziele Marcina z Urzędowa pochodzącego z 1595 r.

Mirra jest substancją symboliczną przywoływaną w Biblii. Wymieniona jest tu aż 14 razy [16]. Opisywana jest w znaczeniu drogiego skarbu (Pnp 1, 13), miłego zapachu (Syr 24, 15; Wj 30, 23), środka do pielęgnacji kobiecej (Ps 45, 9), a także dodatku do świętego oleju namaszczeń, również namaszczeń zmarłych (J 19, 39) czy środka uśmierzającego ból (Mk 15, 23). Jej przedstawienie w Nowym Testamencie uważa się głównie za symbol cierpienia.

W starodrukach polskich mirra jest opisywana jako substancja o wszechstronnym zastosowaniu, postrzegana jako antidotum na liczne przypadłości zdrowotne, jako składnik leków zażywanych pod różną postacią

lub też jako składnik mieszanin do okadzania. Maciej z Miechowa w traktacie z 1508 r. zatytułowanym *Contra saevam pestem regimen accuratissimum* proponuje przyjmowanie pigułek Ruffa i pulvis salvificans, których głównymi składnikami były aloes, szafran i mirra jako lekarstwo w przypadku chorób epidemicznych, a w mniejszych dawkach jako środek pomagający zachować zdrowie [9]. Broszura Macieja z Miechowa jest pierwszą w literaturze polskiej, która podjęła tematykę ochrony przed epidemiami, a jej autor powołuje się na Avicennę, Galena, Hipokratesa i Pliniusza.



Ryc. 2. Drzeworyt „drzewa mirry” z dzieła Stefana Falimirza (1534) (źródło: <https://polona.pl>)

Opis mirry oraz jej zastosowanie znajduje się w pierwszym wydany w języku polskim kompendium poświęconym wszechstronnemu wykorzystaniu roślin pt. „O ziołach y moczy gich...”: autorstwa Stefana Falimirza [5]. Znajdujący się w rozdziale „O ziołach zamorskich” opis mirry wskazuje na jej pochodzenie, właściwości i zastosowanie. Tekst jest także ilustrowany drzeworytem przedstawiającym „drzewo mirrowe” (Ryc. 3). Falimirz pisze o właściwościach antyseptycznych mirry i jej wykorzystaniu w leczeniu ran zewnętrznych, a nawet owrzodzeń układu pokarmowego. Wino z mirrą i suszonymi figami ma być dobre w leczeniu kaszlu, a pigułki z jej zawartością skuteczne w leczeniu nieżytu żołądka czy w leczeniu dżumy. W mieszaninie z białym winem w postaci płukanki miała pomóc w higienie i chorobach jamy

ustnej, a okadzanie pomieszczeń miało mieć działanie higieniczne [5]. Na podobne zastosowania mirry wskazuje autor drugiego kompendium w języku polskim o wykorzystaniu roślin wydane w XVI w. – Hieronim Spiczyński [15] w dziele „O ziołach tutecznych” oraz Marcin Siennik [14] w „Herbarzu”. Z XVI wieku pochodzi także bardzo szczegółowy opis wykorzystania mirry w ochronie zdrowia i leczeniu różnych dolegliwości znajdujący się w dziele

Marcina z Urzędowa „Herbarz polski” [8]. Autor ten podając zastosowanie mirry powołuje się na Dioskoridesa, a w odniesieniu do jakości kupowanej w ówczesnej Polsce mirry na Teofrasta.

Wykorzystanie mirry podawane jest w wielu polskich dziełach XVII-wiecznych. Warto wspomnieć o recepturach leków przeciw dżumie z tego okresu, w skład których wchodziła mirra, a które miały mieć działanie „antymorowe”, profilaktyczne i lecznicze [10].

Bibliografia:

1. Batiha G.E., Wasef L., Teibo J.O., Shaheen H.M., Zakariya A.M., Akinfe O.A. i inni (2022) Commiphora myrrh: a phytochemical and pharmacological update. Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology 396: 405–420. DOI: 10.1007/s00210-022-02325-0
2. Biblia Tysiąclecia (2012) Pismo święte Starego i Nowego Testamentu. Wydawnictwo Pallotinum, Poznań.
3. Daly D.C., Harley M.M., Martínez-Habibe M.-C., Weeks A. (2011) Burseraceae. [w:] Kubitzki K. (ed.), The Families and Genera of Vascular Plants 10: 76–104. Springer Verlag, Berlin.
4. El Ashry E.S.H., Rashed N., Salama O.M., Saleh A. (2003) Components, therapeutic value and uses of myrrh. Die Pharmazie 58: 163–168.
5. Falimirz S. (1534) O ziołach y o mocy gich, o paleniu wodek z zioł, o olejkach przyprawianiu, o rzeczach zamorskich. Wyd. Florian Ungler, Kraków.
6. Hanuš L.O., Řezanka T., Dembitsky V.M., Moussaieff A. (2005) Myrrh–Commiphora chemistry. Biomedical Papers 149: 3–28. DOI: 10.5507/bp.2005.001
7. K. Pliniusza Starszego Historii Naturalnej ksiąg XXXVII przełożonej na język polski przez Józefa Łukaszczyka (1845). T. 4, ks. XII, Księgarnia i Drukarnia J. Łukaszczyka, Poznań.
8. Marcin z Urzędowa (1595) Herbarz Polski to iest o przyrodzeniu zioł y drzew rozmaitych, y innych rzeczy do lekarstw należących, księgi dwoie [...] W Drukarni Łazarzowej, Kraków.
9. Matuszewski A. (1993) Leki i sposoby naturalne stosowane przy zapobieganiu epidemiom w XVI–XVII wieku (Maciej z Miechowa, Stefan Falimirz, Franciszek Paweł Lubiecki). Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 38: 119–130.
10. Pękacka-Falkowska (2007) XVII-wieczne toruńskie leki antyepidemiczne uwagi na marginesie Kurzer Bericht der Leiblichen Artzney z 1625 r. [w:] Felsmann M.Z., Szark J., Felsmann M. red. Dawna medycyna i weterynaria. str. 179–198 Wyd. Rejpol Sp. zoo, Chełmno.
11. Rośliny kwiatowe (1998) Wielka Encyklopedia Przyrody, t. 1. Muza SA, Warszawa.
12. Shalabi L.F., Otaif F.S. (2022) Commiphora Jacq (Burseraceae) in Saudi Arabia, Botanical, Phytochemical and Ethnobotanical Notes. Ecologies 3: 38–57. DOI: 10.3390/ecologies3020005
13. Shen T., Guo-Hui L., Wang X.N., Lou X.H. (2012) The genus Commiphora, A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. Journal of Ethnopharmacology 142: 319–330. DOI: 10.1016/j.jep.2012.05.025
14. Siennik M. (1568) Herbarz, to iest zioł tutecznych, postronnych y Zamorskich opisanie [...]. Wyd. Florian Ungler, Kraków.
15. Spiczyński H. (1542) O ziołach tutecznych y zamorskich y o mocy ich, a k temu kxegi lekarskie wedle rejestru napisanego wszem wielmi użyteczne [...]. Wyd. Florian Ungler, Kraków.
16. Szczepanowicz B. (2003) Atlas roślin biblijnych. Pochodzenie, miejsce w Biblii i symbolika. Wydawnictwo WAM, Kraków.
17. The Papyrus Ebers (1930) Translated from the German Version By Cyril P. Bryan. London: Geoffrey Bles.
18. Wachsmann S. (2008) Seagoing Ships & Seamanship in the Bronze Age Levant. Chatham Publishing, London.

Susanne Hansch, Elke Schwarzer, Der Giersch muss weg! 28 Unkräuter bekämpfen oder einfach aufessen (Trzeba usunąć podagrycznik! Zwalczać 28 gatunków chwastów albo po prostu je zjadać), Stuttgart (Hohenheim) 2019, ss. 128, ISBN 978-3-8186-0647-3, www.ulmer.de



Nasze ogrody są łatwo zasiedlane przez „nieproszonych gości”, zwanych najczęściej „chwastami” (Unkräuter). Ich usunięcie wymaga zazwyczaj wiele pracy, a często także zdenerwowania wśród ogrodników. Pojawia się ważne pytanie: Co należy robić z takimi „nieproszonymi gośćmi” w ogrodzie? Odpowiedź na to pytanie starają się udzielić niemieckie autorki: Susanne Hansch i Elke Schwarzer. Ta pierwsza prowadzi wycieczki za dziko rosnącymi roślinami i kursy w zakresie gotowania w Regensburgu (Ratyzbonie) i w okolicy. Posiada ona specjalny certyfikat w zakresie jadalnych dzikich roślin. Natomiast Elke Schwarzer jest biologiem – blogerką ogrodniczą i autorką książek ogrodniczych (m.in. o rodzimych roślinach do ogrodów, ogrodach przyjaznych dla pszczoł czy ogrodów zamieszkałych przez liczne motyle). Swoją ogród prowadzi w Bielefeldzie – występuje w nim wiele dzikich roślin.

Susanne Hansch i Elke Schwarzer są autorkami książki „Trzeba usunąć podagrycznik! Zwalczać 28 gatunków chwastów albo po prostu je zjadać”. Ten nieco prowokacyjny tytuł książki omawia dwa pro-

blemy – zwalczanie „nieproszonych gości” w ogrodzie i ich wykorzystanie w przygotowaniu wartościowych posiłków. Książka S. Hansch i E. Schwarzer składa się z trzech części: „Wykorzystanie chwastów” (s. 4–15), bardzo obszernej części „Zioła i recepty” (s. 16–121) oraz „Serwisu” (s. 122–128). Ten ostatni składa się z: „Do dalszego czytania”; „Podziękowania”, a także spisu roślin i recept kulinarnych. Ważne informacje zawarte są też na okładkach: rośliny wskaźnikowe, rośliny rosnące razem, jadalne dzikie zioła i rośliny podobne do nich (niesmaczne, a nawet trujące). W krótkiej części „Wykorzystanie chwastów” omawia się ogólnie status „chwastów”, które określa się też jako „dzikie zioła”, a także recepty kulinarne z całego świata (m.in. Bawarii, Południowego Tyrolu, Włoch, Grecji i Turcji). Duże znaczenie ma tutaj smak dzikich roślin (zmienia się on najczęściej w okresie wegetacji), sposób ich wykorzystania w postaci zbioru, metody przechowywania, mycia, cięcia.

Najważniejsza część recenzowanej książki to: „Zioła i recepty”. W tej części omówiono 28 gatunków ziół i 50 przepisów kulinarnych. Do najważniejszych dzikich ziół można zaliczyć – z punktu widzenia polskiego czytelnika – rośliny określane jako „chwasty”. Autorki omówiły tutaj: ogólną charakterystykę, rozpoznanie roślin (cechy charakterystyczne), usuwanie „nieproszonych gości” i możliwości ich wykorzystania. Szczególnie dużo uwagi poświęcono przepisom kulinarnym (z kolorowymi zdjęciami i przejrzystym przygotowaniu posiłków). Można wymienić m.in. następujące chwasty: żywokost lekarski (*Symphytum officinale*), pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), lebidka pospolita, zwana też oregano (*Origanum vulgare*), stokrotka pospolita (*Bellis perennis*), komosa biała (lebidka *Chenopodium album*), podagrycznik pospolity (*Aegopodium podagraria*), nawłóć kanadyjska (*Solidago canadensis*), bluszczyk kurdybanek (*Glechoma hederacea*), chmiel zwyczajny (*Humulus lupulus*), podbiał pospolity (*Tussilago farfura*), dwa gatunki żótlia (*Galinsoga*), mniszek lekarski (*Taraxacum officinale*), wiesiołek dwuroczny (*Oenothera biennis*), ziarnopłon wiosenny (*Ranunculus ficaria*), kilka gatunków jasnot (*Lamium*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*), trzy gatunki babek (*Plantago*), koniczyna czerwona i koniczyna biała (*Trifolium pratense*, *T. repens*). Przykładowo żywokost lekarski może być używany jako nawóz lub smaczna potrawa – liście, młode pędy i pączki kwiatowe. Wszechstronne zastosowanie posiada także pokrzywa. Jest ona stosowana jako nawóz w ogrodzie, młode pędy jako szpinak, a także bogate w witaminy nasiona. Bardzo uciążliwy pozostaje w ogrodach podagrycznik

pospolity. Jadalne są młode liście, a także kwiaty i nasiona.

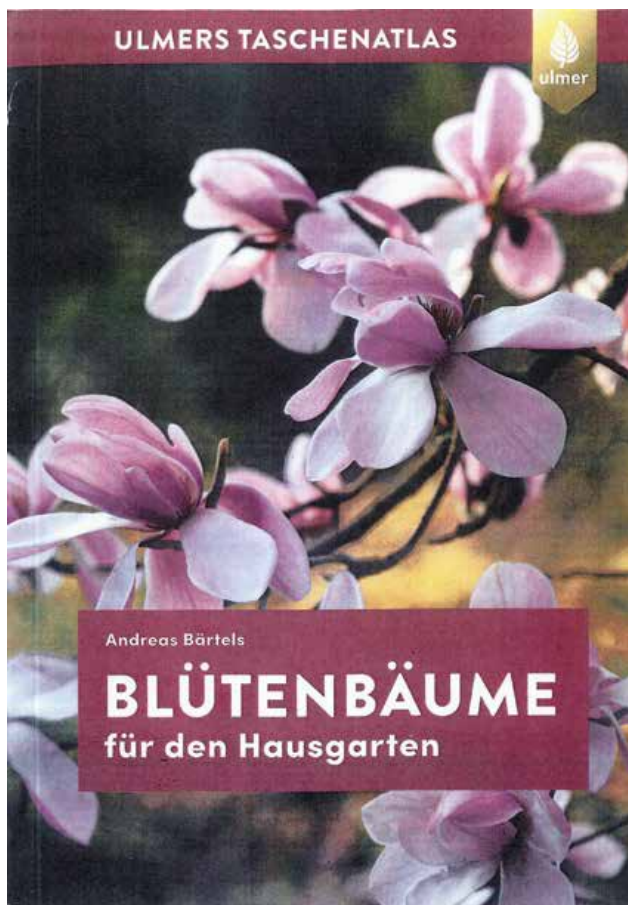
Powszechnie znana nawłóć może być wykorzystana jako sałata, a kwiaty jako herbata. Pospolity chwast żółtlica może służyć jako warzywo (młode liście do sałatek i gotowania jako zupa), a także do kompostowania. Wszechstronne zastosowanie posiada mniszek lekarski (zwłaszcza młode liście). Cenione na wiosnę są młode mięsiste liście ziarnopłonu wiosennego (później w liściach pojawiają się substancje trujące). Duże zastosowanie posiada kilka gatunków jasnot, które są często niedoceniane. Nie można również zapomnieć o kulinarnym znaczeniu pospolitych babek. Podobna opinia dotyczy także koniczyń, m.in. młode pędy na wiosnę i lato, a także słodko smakujące kwiaty. Powyższe uwagi wskazują na szerokie

możliwości wykorzystania niechcianych chwastów w ogrodzie. Mogą być one stosowane nie tylko jako cenny nawóz.

Książka S. Hansch i E. Schwarzer porusza ważny problem zwalczania chwastów w ogrodzie, a także ich wykorzystanie dla celów kulinarnych oraz jako cennego nawozu. Należy dążyć do upowszechnienia wiedzy zawartej w książce S. Hansch i E. Schwarzer. Byłoby dobrze przetłumaczyć recenzowaną książkę na język polski jako cenną pomoc dla ogrodników, ale także dla konsumentów i kucharzy poszukujących zdrowych lokalnych surowców.

*Eugeniusz Kośmicki (Poznań)
e-mail: e.h.kosm@gmail.com*

Andreas Bärtels, Taschenatlas Blütenbäume für den Hausgarten. 108 Arten und Sorten für den Garten (Podręczny atlas: drzewa kwitnące dla ogrodów przydomowych. 108 gatunków i odmian do ogrodów), 116 barwnych fotografii, ss.128, Stuttgart (Hohenheim) 2019, Verlag Eugen Ulmer, ISBN 978-3-8186-0523-0, www.ulmer.de



Profesor Andreas Bärtels należy do najbardziej znanych niemieckich dendrologów o międzynarodowej sławie. Jest on autorem wielu książek i artykułów naukowych poświęconych roślinom drzewiastym i lasom. Ostatnią książką prof. A. Bärtelsa jest „Podręczny atlas: drzewa kwitnące dla ogrodów przydomowych. 108 gatunków i odmian do ogrodów”. Recenzowany tutaj podręczny atlas zajmuje się kwitnącymi drzewami – którym to poświęca się stosunkowo mniej uwagi. Wiele gatunków drzew ma bowiem niepozorne kwiaty i zapylanych jest nie przez owady, ale przez wiatr (m.in. dęby, buki, graby, topole, wierzby itp.). Stąd też A. Bärtels umieścił w swojej pracy jedynie takie gatunki i odmiany, które wyróżniają się wyraźnie zabarwionymi dużymi kwiatami. Charakteryzują się one zazwyczaj przez zapach i zapylane są przez owady.

Recenzowana książka składa się z następujących części: „Przedmowy”; części „Drzewa kwitnące: zastosowanie i wybór”; podstawowej części „Drzewa kwitnące od A-Z” oraz „Serwisu” obejmującego dwie tabele („Zabarwienie liści jesienią” i „Ozdobne owoce”) oraz skorowidzu niemieckich nazw drzew. W „Przedmowie” Eike J. Jablonski (aktualny Prezydent Niemieckiego Związku Dendrologicznego) wskazuje na wysoką wartość książki A. Bärtelsa, gdzie przedstawiono barwne fotografie i szczegółowe opisy roślin, a także ich cechy szczególne. W części „Drzewa kwitnące: zastosowanie i wybór” przedstawiono znaczenie drzew jako najważniejszego elementu kształtującego ogrody. Omówiono tutaj: kwiaty drzew, użyteczność drzew kwitnących, możliwości zastosowania drzew kwitnących, krótką charakterystykę okresów kwitnienia omawianych drzew, piękno barw kwiatów. Drzewa kwitnące rozwijają swoje kwiaty już w okresie

przedwiosennym (*Cornus mas*, czyli dereń jadalny czy magnolia *Magnolia denudata*); wiele drzew kwitnie w okresie maja i czerwca (kasztanowce, derenie, złotokapy, wiele gatunków i odmian magnolii, jesion mannowy, a także dawidia chińska). Natomiast w czerwcu – lipcu kwitną przepiękne katalpy (surmie), magnolia sercowata (*Magnolia subcordata*). Nieco później kwitną stewarcje i japoński lilak drzewiasty (*Syringa reticulata* subsp. *reticulata*). Tylko niewiele drzew kwitnie w okresie pełnego lata: mydleniec wiechowaty (*Koelreuteria paniculata*), japoński *Clerodendrum trichotomum* i magnolie *M. grandiflora* i *M. virginiana*. W okresie sierpnia i września kwitną mało jeszcze znane: ligustr błyszczący *Ligustrum lucidum* i japońskie drzewo pagodowe (*Styphnolobium japonicum*). Najpóźniej, bo dopiero we wrześniu – październiku, kwitnie *Heptacodium miconioides*, określane jako „kwiat siedmiu synów nieba”. Przy opisie poszczególnych gatunków i odmian drzew omawia się: sylwetkę, liście, kwiaty, owoce, stanowisko, gleby oraz wartość ogrodniczą według oceny brytyjskiej (*Award of Garden Merit* AGM) i holendersko-niemieckiej w formie gwiazdek.

Najważniejszy jest szczegółowy opis i barwne fotografie wszystkich omawianych w książce roślin drzewiastych (108 gatunków, odmian i mieszańców). Niesposób wymienić w krótkiej recenzji wszystkie przedstawione w książce kwitnące drzewa. Należy wymienić kilka (4) kasztanowców (*Aesculus*), trzy gatunki katalpy (*Catalpa*), dwa gatunki judaszowców, derenie ozdobne (6 gatunków i odmian), głogi ozdobne (6), ośnieże (3), złotokapy (*Laburnum*, 3), magnolie (18), jabłonie ozdobne (11 gatunków i odmian), glogowniki (*Photinia*, 2), wiśnie, ceremchy, morele, migdałki (16), ozdobne grusze (3), robinie (3), jarząby (2), stewarcje (2), styrakowce (2).

Na uwagę polskich czytelników zasługują takie mało jeszcze znane gatunki, jak albicja jedwabista (*Albizia julibrissin*), urodlin trzypłatowy, tzw. „banan indiański” (*Asimina triloba*), strączyn żółty (*Cladrastis lutea*), mydleniec wiechowaty (*Koelreuteria paniculata*), późno kwitnący ligustr błyszczący (*Ligustrum lucidum*), bardzo oryginalny kwaśnodrzew amerykański (*Oxydendrum arboretum*), japońskie drzewo pagodowe (*Styphnolobium japonicum*), japoński lilak drzewiasty (*Syringa reticulata* subsp. *reticulata*), ewodia Daniela (*Tetradium daniellii*), a także lipa Henry’ego (*Tilia henryana*).

Książka prof. A. Bärtelsa „Podręczny atlas: drzewa kwitnące dla ogrodów przydomowych” zasługuje na uwagę polskich czytelników. Jest ona dobrze opracowana i zawiera doskonale wykonane fotografie drzew kwitnących. W pracy przedstawiono wiele jeszcze

mało znanych roślin drzewiastych, które zasługują na uprawę także i w Polsce. Jest ona cenna dla dendrologów i ogrodników specjalistów, a także szerokiego grona zainteresowanych czytelników.

Eugeniusz Kośmicki (Poznań)
e-mail: e.h.kosm@gmail.com

MIKOŁAJ KOPERNIK W DZIEJACH POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

Stanisław Knutelski, Elżbieta Pyza (Kraków)

Rok 2023 został ustanowiony przez senat RP Rokiem Mikołaja Kopernika z okazji 550 rocznicy urodzin i 480 rocznicy śmierci wybitnego Astronoma. Wiele uczelni, szkół oraz innych instytucji, a także organizacji społecznych i mediów zaangażowało się w te obchody. Ukazało się mnóstwo tekstów o Koperniku i zorganizowano liczne wystawy m.in. na Zamku Królewskim w Warszawie, w Bibliotece Jagiellońskiej czy w Collegium Maius UJ. Wystawiono również liczne copernicana, w tym będący własnością Uniwersytetu Jagiellońskiego (UJ) słynny obraz Jana Matejki pt. „Astronom Kopernik, czyli rozmowa z Bogiem”. W Uniwersytecie Jagiellońskim oprócz wystaw, zorganizowano wiele wydarzeń dotyczących najśłynniejszego studenta UJ (<https://kopernik550.uj.edu.pl>). Poświęcono mu również numer specjalny (2023/241) czasopisma „Alma Mater” (<https://almamater.uj.edu.pl>).

Wstęp

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika (PTP im. Kopernika) upamiętniło swojego Patrona dwudniowym wydarzeniem pt. „Weekend z Mikołajem Kopernikiem u przyrodników Krakowa”, a także artykułami opublikowanymi w Piśmie Przyrodniczym „Wszechświat”. W tym artykule pragniemy przypomnieć zarówno sylwetkę, jak i dokonania tego wielkiego Polaka, a także przedstawić dzieje oraz obecne wyzwania Polskiego Towarzystwa Przyrodników, którego, 148 lat temu, Mikołaj Kopernik został patronem. Mamy nadzieję, że podane tu informacje zaintrygują Czytelników i staną się inspiracją do twórczego działania na różnych polach. Jak pokazują losy Mikołaja Kopernika, odkrywcą może zostać każdy człowiek z pasją. Liczymy też na aktywność nowych członków naszego Towarzystwa.

Mikołaj Kopernik – sylwetka i dokonania

Mikołaj Kopernik był prawdziwym geniuszem, jednym z najwybitniejszych absolwentów Uniwersytetu Krakowskiego i jednocześnie jednym z najbardziej znanych na świecie przedstawicieli nauki. Mówił o sobie *Nicolaus Copernicus Thorunensis*, czym podkreślał swoje pochodzenie. Jan Nepomucen Kamiński, XIX-wieczny poeta w swoim znanym dwuwierszu napisał o Mikołaju Koperniku: „*Wstrzymał Słońce, ruszył Ziemię, polskie wydało go plemię*” [8]. Co wiemy o pochodzeniu sławnego astronoma? Na

czym polega jego fenomen i czego dziś możemy się od niego uczyć?

Kopernik patrzył na te same gwiazdy i w to samo niebo co wszyscy, jednak widział więcej oraz inaczej. Dokonał ogromnego przewrotu w nauce, nie tylko z powodu jednego z najważniejszych odkryć w historii ludzkości, ale zapoczątkował także rewolucję naukową, która zmieniła postrzeganie świata. W swoim najśłynniejszym dziele *De revolutionibus orbium coelestium* (pol.: O obrotach sfer niebieskich) przedstawił założenia heliocentrycznej budowy Układu Słonecznego, burząc dotychczasowy obraz świata, którego centrum stanowiła Ziemia. Swoimi teoriami pomógł znacząco zmienić nie tylko sposób patrzenia na naukę i otaczający wszechświat. Prace Kopernika dokonały przełomu przede wszystkim w głowach oraz umysłach ludzi, wywołując jedną z najważniejszych rewolucji naukowych od czasów starożytnych, co nazwano przewrotem kopernikańskim. Z tego też powodu heliocentryzm bywa nazywany także kopernikanizmem, a kosmologiczno-filozoficzny postulat odrzucenia wszelkiego geocentryzmu i antropocentryzmu – zasadą kopernikańską. Warto też podkreślić, że astronomiczne dzieło Kopernika wiązało się również z rewizją fizyki Arystotelesa, będącej częścią jego systemu filozoficznego, otwierając niejako drogę do mechaniki klasycznej, teorii grawitacji Newtona i do nowożytnej metody naukowej.

Kopernik był człowiekiem skromnym, charakteryzującym się pokorą w dążeniu do prawdy, ciekawością świata, konsekwencją w działaniu bez pośpiechu

i odwagą w podejmowaniu wciąż nowych wyzwań. Posiadał rozległą wiedzę z wielu dziedzin i szerokie spektrum zainteresowań. Taką osobę moglibyśmy nazwać jednym słowem – polihistor lub polimat (wiele wiedzący, bardzo uczony). Był prawnikiem, urzędnikiem, dyplomata, lekarzem i niższym duchownym katolickim, doktorem prawa kanonicznego. Zajmował się astronomią i astrologią, matematyką, ekonomią, strategią wojskową, kartografią oraz filologią. Bywa nieraz nazywany także fizykiem i filozofem. Najbardziej jest jednak znany jako astronom i twórca heliocentrycznego modelu Układu Słonecznego. Jest prawdopodobnie pierwszym heliocentrykiem w Europie od czasów starożytnej Grecji. Przyjrzyjmy się bliżej jego sylwetce i dokonaniom.

Mikołaj Kopernik (łac. *Nicolaus Copernicus*, niem. *Nikolaus Kopernikus*) przyszedł na świat 19 lutego 1473 r. w Toruniu. Jego ojciec, również Mikołaj, był krakowskim kupcem handlującym miedzią. Prawdopodobnie od nazwy tego metalu (łac. *cuprum*) miało się wywodzić rodowe nazwisko przyszłego uczonego. Wśród historyków nie ma jednak zgody co do tego, skąd właściwie pochodziła familia Koperników „po mieczu” (<https://wielkahistoria.pl>). Podobnie w przypadku matki Kopernika, Barbary z Watzenrodów, nie udało się ustalić skąd do Torunia w drugiej połowie XIV wieku przybyli jej przodkowie. Niektórzy polscy autorzy wskazują Śląsk, zaś niemieccy podają Hesję lub Nadrenię-Palatynat (<https://wielkahistoria.pl>).

Kopernik odebrał gruntowne wykształcenie. W 1491 r. ukończył naukę w szkole przy kościele św. Jana w Toruniu. Potem wraz z bratem Andrzejem przybył do Krakowa, gdzie studiował tzw. sztuki wyzwolone (*quadrivium*) w Uniwersytecie Krakowskim do 1495 r. Rok później przyjął niższe święcenia kapłańskie i prawdopodobnie subdiakoniat. W latach 1496–1501 studiował prawo kanoniczne w Uniwersytecie w Bolonii (Włochy). W 1497 r. został powołany jako członek warmińskiej kapituły katedralnej i objął urząd kanonika we Fromborku, gdzie spędził większość swego życia. W 1500 r. odbył praktykę prawniczą w kancelarii papieskiej w Rzymie (Włochy). Potem (1501–1503) studiował medycynę w Uniwersytecie w Padwie (Włochy). Doktorat z prawa kanonicznego uzyskał w Uniwersytecie w Ferrarze (Włochy) 31 maja 1503 r. W latach 1504–1510 (lub 1512) pełnił funkcję sekretarza i lekarza swojego wuja, biskupa warmińskiego Łukasza Watzenrodego w Lidzbarku Warmińskim (<https://almamater.uj.edu.pl>).

W międzyczasie, w latach 1507–1510, opracował i rozpowszechnił w formie rękopisu (kilka kopii) pierwszy zarys teorii heliocentrycznej pt. *Commenta-*

riolus (pol.: Mały komentarz). W dziele tym Kopernik przedstawia siedem następujących założeń dotyczących ruchu sfer w układzie heliocentrycznym: 1) nie istnieje jeden środek wszystkich sfer niebieskich; 2) środek Ziemi nie jest środkiem świata, lecz tylko środkiem ciężkości i sfery Księżyca; 3) wszystkie sfery krążą wokół Słońca jako środka i dlatego w pobliżu Słońca znajduje się środek świata; 4) odległość Słońca od Ziemi jest niezauważalnie mała w porównaniu z odległością do firmamentu; 5) każdy ruch na firmamencie jest wywołany ruchem Ziemi, która się obraca w ciągu doby; 6) ruch Słońca po niebie nie jest jego własnym ruchem, lecz skutkiem ruchu Ziemi i naszej sfery, z którą się obracamy wokół Słońca, podobnie jak każda inna planeta; Ziemia wykonuje więc kilka ruchów; 7) to, co u planet wydaje się ich ruchem wstecznym lub posuwaniem się naprzód, nie pochodzi od nich, lecz od Ziemi, której ruch wystarczy dla wyjaśnienia tak wielu nierówności dostrzeganych na niebie. Należy dodać, że jest to pierwsze znane dzieło astronomiczne napisane przez polskiego astronoma. Do 1878 r. *Commentariolus* istniał tylko w formie rękopisu. Wówczas to został opublikowany po raz pierwszy z kopii wiedeńskiej przez Maximiliana Curte. Inną kopię tego dzieła odnaleziono i wydano drukiem w Sztokholmie w 1881 r.

Był również tłumaczem bizantyjskiego pisarza Teofilakta Symokatty na język łaciński. W drugiej połowie 1509 r. *Listy* tego autora w przekładzie Kopernika ukazały się drukiem w oficynie Jana Hallera w Krakowie. Przetłumaczył z greki na łacinę zbiór 85 fikcyjnych listów o charakterze literackim pt. *Theophilacti Scolastici Simocatti Epistole morales, rurales et amatoriae, interpretatione latina* (pol.: Teofilakta scholastyka Symokatty listy obyczajowe, sielskie i miłosne w przekładzie łacińskim).

W 1512 r. wraz z kapitułą fromborską Kopernik złożył przysięgę wierności królowi Polski Zygmuntowi I i rozpoczął sprawowanie urzędów kanclerza oraz wizytatora kapituły we Fromborku. Następnie w latach 1513–1516 brał udział w pracach nad reformą kalendarza juliańskiego. W międzyczasie, w 1514 r. zakupił wieżę w murach warownych Fromborka, gdzie urządził swoje obserwatorium astronomiczne. W 1516 r. rozpoczął też działalność gospodarczo-administracyjną w dobrach kapituły warmińskiej. Cztery lata później, w 1520 r. zorganizował obronę Olsztyna podczas ostatniej wojny z zakonem krzyżackim. Potem, w 1523 r. został generalnym administratorem diecezji warmińskiej.

Kopernik był prawdziwym „człowiekiem renesansu”, ponieważ działał również jako lekarz, prawnik, kartograf i ekonomista. Jednak na świecie znany

jest najbardziej jako astronom. W 1522 r. opracował „traktat o monetach”, w którym dowodził, iż gorszy pieniądź wypiera lepszy. W 1526 r. wraz z Bernardem Wapowskim opracował mapę Królestwa Polskiego i Litwy. Jest też autorem map Warmii oraz innych terenów Prus.

W 1528 r. przedstawił założenia reformy monetarnej w traktacie *Monetae cudendae ratio* (<https://almamater.uj.edu.pl>). „Traktat o monetach” został napisany na zlecenie króla Zygmunta Starego i przedstawiony przez Mikołaja Kopernika przed prowincjonalnym sejmem pruskim już w 1522 r. Praca ta, ale już pod zmienionym tytułem: *Dissertatio de optima monetae cudendae ratione*, została po raz pierwszy wydana drukiem dopiero w 1816 r. Kopernik sformułował w niej prawo o wypieraniu lepszej monety przez gorszą, a także wczesną wersję ilościowej teorii pieniądza. Zwracał też uwagę na związki pomiędzy podażą pieniądza a inflacją. Ponadczasowe i obecnie aktualne, wydają się być następujące jego sformułowania: „Niemożliwe jest osiągnąć z bicia złej monety tyle zysku, ile jest straty z jej obiegu przez długie lata.”; „Szczególnie te kraje kwitną, które mają dobrą monetę; upadają zaś i giną, które używają złej.”; „Wiadomo, że te kraje, które używają dobrej monety, obfitują w sztuki piękne, wyborowych rzemieślników i dostatek, a tam, gdzie licha moneta w obrocie, przez gnuśność i uporną beczynność jest zaniedbana uprawa sztuk pięknych i nauki, a dobrobyt zanika.”; „Lichy pieniądź lenistwo raczej krzewi, aniżeli stanowi pomoc dla biednych ludzi.”. Prawo to jest dziś określane prawem Kopernika-Greshama. Jednak największy wpływ na naukę światową miały odkrycia astronomiczne Kopernika. Jego najśłynniejszym dokonaniem jest *De revolutionibus orbium coelestium*. Rękopis tego dzieła znajduje się obecnie w zbiorach Biblioteki Jagiellońskiej [5]. Zostały w nim przedstawione założenia heliocentrycznej i heliostatycznej budowy wszechświata. Burzyły one ówczesny obraz świata i stanowiły przewrót w nauce i światopoglądzie tamtejszego społeczeństwa. Odkrycie to spowodowało rewolucję naukową, co potem nazwano przewrotem kopernikańskim. Spisywanie Księgi pierwszej *De revolutionibus* Kopernik rozpoczął w 1514 r. Jednakże cały rękopis tego dzieła powstał prawdopodobnie w latach 1515–1530. Przedstawione w nim poglądy zostały zreferowane papieżowi Klemensowi VII w 1533 r. (<https://encyklopedia.pwn.pl>). Pierwsze dwa arkusze zawierające rozdziały 13 i 14 Księgi pierwszej *De revolutionibus* wyszły spod prasy drukarskiej w Wittenberdze w 1542 r. pod postacią osobnej książki pt. *De lateribus et angulis triangularum...* (O bokach i kątach trójkątów).

Przedmowę napisał niemiecki uczyony Retyk, który w 1539 r. przybył do Fromborka w celu zapoznania się z teorią Kopernika. Jemu to Kopernik w 1541 r. powierzył rękopis celem wydania go drukiem. Wysłał też do Norymbergi napisaną przez siebie przedmowę do tego dzieła, którą zadedykował papieżowi Pawłowi III. Z opublikowaniem epokowego dzieła *De revolutionibus* czekano ponad 30 lat. Jego pierwsze wydanie składające się z sześciu ksiąg i zatytułowane: *De revolutionibus orbium coelestium* ukazało się w Norymberdze w 1543 r. (<https://almamater.uj.edu.pl>). Nad drukiem czuwał Andreas Osiander, teolog norymberski, który dokonał wielu zmian. Usunął nawet przedmowę Autora i dopisał własną, anonimową. Wynikało z niej, że teoria Kopernika jest tylko hipotezą, dzięki której można skonstruować efektywne modele matematyczne opisujące ruch planet. Zmienił także tytuł z *De revolutionibus* na *De revolutionibus orbium coelestium*. Pierwsze polskie tłumaczenie dzieła dokonane przez Jana Baranowskiego ukazało się dopiero w 1854 r.

Dedykowane papieżowi Pawłowi III dzieło początkowo wzbudziło pozytywne zainteresowanie hierarchii Kościoła. Było też cytowane na niektórych uniwersytetach, choć protestanci odrzucili je natychmiast. Jednakże, w związku z dużym wpływem, jaki wywarło na niektórych ówczesnych uczonych (m.in. G. Bruno, Galileusz), zaczęto dostrzegać w nim niebezpieczeństwo dla panującego światopoglądu religijnego. W efekcie tego, dzieło Kopernika zostało umieszczone na indeksie (*Index librorum prohibitorum*), skąd wycofano je dopiero w 1757 r. Należy dodać, że autograf *De revolutionibus orbium coelestium* został w 1999 r. wpisany na listę UNESCO „Pamięć Świata” (<https://encyklopedia.pwn.pl>). Według profesora Karasa [6] ogromny wpływ na rozwój naukowy Mikołaja Kopernika miały jego studia na krakowskiej uczelni w latach 1491–1495, a jego najśłynniejsze dzieło „*De revolutionibus...*” „wyrósł z Krakowa”. Świadczą o tym „w pełni nowatorskie astronomiczne osiągnięcia Kopernika, które przeplatają się w jego dziele z filozoficzno-przyrodniczymi poglądami czasów, w jakich żył” [1, 9]. W nauce światowej Kopernik uważany jest za twórcę metody naukowej w dociekaniu prawdy. We wstępie do swojego największego dzieła napisał: „...myśli uczzonego są niezależne od osądu ogółu – ponieważ dążeniem uczzonego, o ile tylko ludzkiemu rozumowi pozwala na to Bóg, jest szukanie we wszystkim prawdy”. Do innych osiągnięć Kopernika należy zaliczyć twierdzenie w geometrii płaskiej, nazywane jego imieniem, chociaż nie jest on jego pierwszym autorem.

Kopernikowi przypisuje się także łaciński poemat religijny pt. *Septem Sidera* (pol. Siedem Gwiazd), który jako jego autentyczne dzieło został wydany w 1629 r. i przesłany papieżowi Urbanowi VIII. To pierwsze wydanie znajduje się obecnie w zbiorach krakowskiej wszechnicy (Biblioteka Jagiellońska) pod sygnaturą nr 1474 (<https://wydawnictwo.umk.pl>).

Mikołaj Kopernik pełnił także szereg funkcji administracyjnych i urzędów. Był kanonikiem warmińskiej kapituły katedralnej (od 1497 r.), scholastykiem wrocławskiej Kolegiaty Świętego Krzyża i św. Bartłomieja w latach 1503–1538, kanclerzem kapituły katedralnej warmińskiej (1511–1513, 1520, 1524–1525, 1529), posłem lub wizytatorem dóbr kapitulnych (1511, 1521–1522, 1531–1537, 1539), zarządcą kasy aprowizacyjnej (1513), generalnym administratorem biskupstwa warmińskiego, komisarzem Warmii (1521), opiekunem stołu kapitulnego (1526–1532). Przebywał również na dworze wuja Łukasza Watzenrodego, biskupa warmińskiego w Lidzbarku Warmińskim i Olsztynie jako administrator dóbr kapituły. Uczestniczył także w zjazdach stanów Prus Królewskich w Grudziądzu, Malborku, Elblągu i Toruniu (https://pl.wikipedia.org/wiki/Mikołaj_Kopernik).

Data śmierci Mikołaja Kopernika jest różnie podawana. Powszechnie wymienia się 24 maja 1543 r. Jednakże wg ks. prof. Szorca [10] nie jest to data prawdziwa. Z przeprowadzonej przez niego analizy dokumentów protokołów posiedzeń kapituły fromborskiej wynika, że Kopernik nie żył już 21 maja 1543 r. Wydaje się więc, że właśnie tę datę jego śmierci należy przyjąć jako właściwą. Nie ma natomiast rozbieżności co do miejsca zgonu. Zmarł we Fromborku, gdzie został też pochowany w obecnej Bazylice Archikatedralnej Wniebowstąpienia Najświętszej Maryi Panny i św. Andrzeja.

Wybitnego torunianina uwieczniono nie tylko wieloma wspomnianymi terminami naukowymi od jego nazwiska. Został wybrany również na patrona uniwersytetów (np. Uniwersytet Mikołaja w Toruniu), dziesiątek szkół oraz co najmniej kilkunastu innych instytucji, głównie badawczych i oświatowych, jak też wielu towarzystw naukowych, w tym naszego PTP im. Kopernika, a także szeregu nagród i czasopisma naukowego. Użyty też nazwy różnym obiektom na Ziemi i w Kosmosie, taksonowi botanicznemu *Copernicia macroglossa* H. Wendl. ex Becc. – endemicznej palmie na Kubie, pierwiastkowi chemicznemu kopernik (Cn, łac. *copernicium*) z grupy metali przejściowych w układzie okresowym, o liczbie atomowej 112, kilku statkom wodnym, pociągowi, samolotowi i teleskopowi kosmicznemu. W tym roku

na cześć Kopernika nazwano jego nazwiskiem (*Catasticta copernicus* Pyrcz & Fähræus sp.) nowopoznany i opisany dla nauki gatunek motyla [7]. Kopernik jest też wielokrotnie upamiętniany przez sztukę, np.: liczne obrazy, wśród nich wspomniane już wcześniej dzieło Matejki, co najmniej kilkadziesiąt pomników w kilkunastu krajach, wizerunki na banknotach, monetach i znaczkach pocztowych, serię opowiadań, co najmniej dwie powieści, dwa pełnometrażowe filmy fabularne, serial, musical oraz dwie inne kompozycje muzyczne. Mikołaj Kopernik i jego twórczość stały się tematem całej dziedziny badawczej, którą nazwano kopernikologią.

Na koniec należy podkreślić także patriotyzm Kopernika. Przez całe życie był wiernym poddanym kolejnych królów polskich z dynastii Jagiellonów. Jak napisał: „...nie ma obowiązków większych nad obowiązek względem Ojczyzny, dla której nawet życie należy poświęcić”.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika – czym jest i czym się zajmuje?

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika (PTP im. Kopernika) jest najstarszym w kraju (1875–2023, 148 lat) i jednym z najstarszych na świecie towarzystw naukowych upowszechniających osiągnięcia nauk przyrodniczych. Jest tylko kilka starszych od niego stowarzyszeń o podobnym charakterze: 1) The Royal Society (rok założenia – 1660), 2) L'Académie des sciences (1666), 3) The Royal Society of Edinburgh (1783) i 4) National Academy of Sciences (1863). Ale już National Geographic Society (1888), jedno z najbardziej rozpoznawanych na świecie towarzystw przyrodniczych, jest młodsze od PTP im. Kopernika. Jest organizacją typu „non profit” (Art. 3. ust. 2 ustawy z dnia 24 kwietnia 2003 r. o działalności pożytku publicznego i o wolontariacie w Polsce) propagującą nauki przyrodnicze (<http://www.ptpk.org>). Swoje statutowe zadania Towarzystwo realizuje w 4 oddziałach terenowych (Kraków, Szczecin, Lublin, Rzeszów) oraz 3 sekcjach przedmiotowych: Speleologicznej (Kraków), Dydaktyki Biologii (Kielce) oraz Nauk o Człowieku (Biologii Człowieka) w Szczecinie. W oddziałach upowszechniana jest wiedza przyrodnicza poprzez odczyty, wycieczki przyrodnicze oraz warsztaty dla uczniów. Sekcje szerzą wiadomości w zakresie swoich specjalności, głównie poprzez sympozja.

Sekcja Dydaktyki Biologii ma na celu zaznajamianie się biologów, a w szczególności nauczycieli biologii z problemami dydaktyki biologii, a także inicjowanie badań w tym zakresie. Sekcja ta okresowo

organizuje Ogólnopolskie Konferencje Dydaktyki Biologii.

Sekcja Speleologiczna (działa od 1964 r.) zrzesza specjalistów reprezentujących różne nauki przyrodnicze: geologię, geomorfologię, paleontologię, speleologię fizyczną, biosepeleologię oraz archeologię, a także i inne nauki. Należą do niej również grotolazi prowadzący praktyczną działalność dokumentacyjną oraz inwentaryzacyjną w jaskiniach i antropogenicznych pustkach podziemnych. Szczegóły powstania i historii rozwoju tej sekcji są przedstawione na jej stronie internetowej (<http://www.speleo.ptpk.org>). Sekcja Speleologiczna organizuje w różnych miejscach kraju coroczne sympozja speleologiczne o zasięgu krajowym oraz wydaje materiały sympozjalne zawierające abstrakty referatów i przewodniki sesji terenowych. Dbą również o wysoki poziom artykułów naukowych z zakresu szeroko pojętych nauk geologicznych w ramach konkursu o nagrodę i medal Marii Markowicz-Łohinowicz.

Sekcja Nauk o Człowieku (powołana w 2010 r.) rozwija interdyscyplinarną aktywność naukową i popularyzatorską, organizując spotkania i konferencje.

Ponadto PTP im. Kopernika organizuje konferencje naukowe, a jedną z bardziej znanych jest „Tydzień Mózgu” będący częścią międzynarodowej akcji krzewienia wiedzy o mózgu pod patronatem The European Dana Alliance for the Brain. Od 1999 r. konferencja ta jest corocznie organizowana także w Krakowie. Od 2013 r. odbywa się również konferencja „Tydzień Mózgu w Szczecinie”. Od 2014 r. odbywają się także inne konferencje Towarzystwa: coroczna konferencja „Choroby rzadkie nie tylko w programie nauczania” (sesje w Szczecinie i we Wrocławiu) oraz w cyklu dwuletnim międzynarodowa konferencja „Ekologia człowieka” (<http://ptpk.org/konferencje.html>).

Od przeszło trzydziestu lat PTP im. Kopernika patronuje „Olimpiadzie Biologicznej”, organizowanej przez Komitet Główny i Komitety Okręgowe. Jest to coroczny ogólnopolski konkurs dla uczniów szkół średnich zainteresowanych biologią (<http://www.olimpiol.pl>).

W ramach PTP im. Kopernika organizowane są także konkursy wiedzy neurobiologicznej „Brain Bee” dla uczniów szkół średnich z całej Polski, których celem jest motywowanie uczniów do studiowania, a potem kontynuowania kariery zawodowej w obszarach nauk podstawowych i klinicznych dotyczących szeroko pojętej neurobiologii. Towarzystwo organizuje także inne, mniej jeszcze znane konkursy, jak np.: konkurs na najlepszy artykuł popularnonaukowy z neurobiologii, na najlepszą fotografię, na najlepszy artykuł napisany przez magistrantów i dok-

torantów („Wszechświat”), „Dzień Mózgu” dla młodzieży szkolnej, a nawet programy dla uczniów szkół podstawowych i przedszkolaków.

Towarzystwo współpracuje także z uczelniami i innymi towarzystwami naukowymi w Polsce oraz za granicą.

Prawie od samego początku swego istnienia PTP im. Kopernika wydaje dwa czasopisma upowszechniające wiedzę przyrodniczą: „Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych” (ukazuje się od 1876 r.) i „Wszechświat. Pismo Przyrodnicze” (od 1882 r.). Obydwa publikują oryginalne artykuły w języku polskim ze streszczeniami w j. angielskim i prezentują wysoki poziom merytoryczny. Są w Polsce najstarszymi czasopismami i gdyby nie brak państwowości na początku istnienia Towarzystwa, a później wojen światowych oraz permanentnych trudności finansowych, być może mogłyby być w podobnej sytuacji jak obecnie dwa najsłynniejsze światowe czasopisma przyrodnicze: brytyjski „Nature” (od 1869 r.) i amerykański „Science” (od 1880 r.), które zostały założone w podobnym czasie. Na łamach „Kosmosu” oraz „Wszechświata” publikowali swoje artykuły najznamienitsi przedstawiciele nauki polskiej od kilku pokoleń. Mają one też historyczne zasługi w umacnianiu polskości i poczucia więzi narodowej, zarówno w trudnych czasach zaborów, jak i w okresach obu wojen światowych, okupacji oraz komunizmu. Jak dotychczas, oba czasopisma przetrwały wszystkie problemy polityczne i ekonomiczne. Od momentu powstania do odzyskania przez Polskę niepodległości, świadomie pełniły rolę łącznika pomiędzy uczonymi polskimi we wszystkich zaborach oraz tymi spoza ich granic. Wydawały artykuły wielu wybitnych polskich naukowców, m.in.: Marii Skłodowskiej-Curie, Benedykta Dybowskiego, Marcelego Nenckiego, Jana Sztolcmana i innych, prowadzących badania poza granicami dawnych terenów Polski. Szczególnie promowały prace archeologiczne prowadzone na terenach dawnej Rzeczypospolitej. Dogłębnie opisywały także wyniki badań polskich badaczy zesłanych na Sybir, podkreślając wyraźnie wkład polskich badaczy przyrody syberyjskiej dla nauki światowej. Odegrały również ważną rolę w propagowaniu nazewnictwa polskiego nazw naukowych organizmów oraz terminów biologicznych. Miało to istotne znaczenie, zwłaszcza bezpośrednio po okresie zaborów, kiedy koniecznym było ujednolicenie terminologii przyrodniczej w całej Polsce. Problemy stosowania jednolitej terminologii i nazewnictwa są ważne także obecnie [2, 3].

Oprócz popularyzacji naukowej wiedzy przyrodniczej w społeczeństwie oraz informowaniu

o interesujących książkach (recenzje), spotkaniach, inicjatywach, konferencjach, Olimpiadzie Biologicznej oraz innych wydarzeniach, celem „Kosmosu” i „Wszechświata” jest udostępnianie swoich łam studentom, doktorantom oraz młodym pracownikom naukowym, którzy publikują swoje pierwsze artykuły naukowe („Kosmos”) i popularnonaukowe („Wszechświat”). Warto więc nie tylko utrzymywać, ale także chronić to wspaniałe dziedzictwo polskiej nauki i kultury, nie tylko z powodu wysokiego poziomu merytorycznego oraz doniosłych zasług historycznych, ale głównie dlatego, żeby wszystkim Polakom, a szczególnie uczniom i nauczycielom szkół oraz studentom, umożliwić dostęp do rzetelnej wiedzy przyrodniczej napisanej poprawną polszczyzną. Więcej szczegółowych informacji o obu czasopismach Towarzystwa przedstawia opracowanie Knutelskiego i Pyzy [4].

Początki związku z Kopernikiem i dalsze dzieje Towarzystwa

Sto pięćdziesiąt lat temu, 19 lutego 1873 r. odbyły się uroczystości jubileuszowe 400-lecia urodzin Mikołaja Kopernika. Wydarzenie to stało się dla nauczycieli akademickich uczelni lwowskich impulsem do powołania stowarzyszenia o nazwie Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika. Sygnatariuszami projektu jego statutu byli: Teofil Ciesielski (botanik), Feliks (Szczęsny) Kreutz (mineralog), Eugeniusz Janota (ksiądz, przyrodnik), Bronisław Radziszewski (chemik), Tomasz Stanecki (fizyk), Henryk Strzelecki (dyrektor Szkoły Lasowej), Edward Tangl (botanik austriacki) oraz Władysław Tyniecki (botanik, leśnik). Projekt został złożony do zatwierdzenia w Namiestnictwie jesienią 1873 r. Następnego roku, 22 grudnia 1874, został zalegalizowany statut obejmujący 16 paragrafów. Rok później, 17 stycznia 1875 powołano zarząd tymczasowy, a 19 lutego tego samego roku wybrano stały zarząd na walnym zebraniu. Stąd data 19 lutego 1875 r. uznawana jest za formalny początek działalności PTP im. Kopernika [11]. To konstytucyjne zebranie wybrało profesora Kreutza na pierwszego prezesa Towarzystwa. W spotkaniu uczestniczyli także: Emil Godlewski senior (botanik), Marcei Nencki (lekarz, chemik, fizjolog), Marian Łomnicki (geolog, zoolog), Józef Rostafiński (botanik) oraz Szymon Syrski (zoolog). Warto tu nadmienić, że do połowy XX wieku uroczyste posiedzenia Towarzystwa zwoływano właśnie w dniu 19 lutego.

W początkowym okresie działalność Towarzystwa ograniczała się tylko do okręgu lwowskiego i krakowskiego, poświęcając najwięcej uwagi badaniom przyrody, głównie z zakresu geologii, mineralogii,

petrografii, botaniki, zoologii i fizjografii Polski południowej, zwłaszcza na obszarze Karpat. Prowadzono prace dotyczące inwentaryzacji i zabezpieczenia zasobów przyrody oraz ich ochrony. Z czasem działalność ulegała pewnym zmianom, jednakże zasadniczo nie odbiegała od pierwotnego statutu.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika nigdy nie było organizacją narodową, chociaż w swojej nazwie ma słowo „polskie” i w większości tworzyli ją Polacy. Dla przykładu, w 1875 r. na ogólną liczbę 82 członków, 4 pochodziło z Królestwa Polskiego, a w 1899 r. członkami Towarzystwa było 10 przyrodników z Rosji i 3 z Niemiec. Swoje artykuły w czasopismach Towarzystwa publikowali autorzy z różnych krajów, traktując to zawsze jako wyróżnienie. Warto podkreślić, że umiędzynarodowieniu Towarzystwa sprzyjał ostatni z paragrafów statutu, nie zabraniając formalnie powoływania na członków przyrodników z innych krajów, czy też innych zaborów niż Galicja. Dzięki temu już na pierwszym walnym zebraniu członkami honorowymi mianowano m.in.: Jana Baranowskiego (astronom, tłumacz i wydawca dzieł Kopernika) z Warszawy, Ignacego Domeykę (geolog, mineralog) z Santiago de Chile oraz Jana Kantego Działyńskiego (wydawca z Paryża).

W początkowym okresie funkcjonowania PTP im. Kopernika było tak ubogie, że nie stać go było na druk własnego czasopisma, czy nawet statutu i sprawozdania z pierwszego walnego zgromadzenia. Dlatego materiały te zostały opublikowane w czasopiśmie Towarzystwa Aptekarskiego, redagowanego wówczas przez B. Radziszewskiego.

Ze względu na działania wojenne w latach 1914–18 działalność Towarzystwa uległa zawieszeniu. Po uzyskaniu niepodległości została wznowiona. W nowych warunkach życia naukowego w Polsce, PTP im. Kopernika zmieniło charakter działalności, koncentrując się przede wszystkim na upowszechnianiu wiedzy przyrodniczej, głównie na łamach wydawanych przez siebie czasopism: „Kosmosu” i „Wszechświata”. *De facto* było to celem od początku istnienia Towarzystwa i jest obecnie kontynuowane (<http://ptpk.org>). Rozszerzył się także zakres działań na teren całego kraju dzięki utworzeniu licznych nowych oddziałów terenowych. W 1926 r. Towarzystwo zrzeszało 828 członków i było wówczas najliczniejszym polskim towarzystwem przyrodniczym. Wtedy rozwinęła się także działalność odczytowa. Najaktywniej była prowadzona w oddziale lwowskim i krakowskim. W 1927 r. powołano do życia nowy „Kosmos – seria B”, a w 1930 r. wznowiono wydawanie „Wszechświata”, które w 1914 r. zostało zawieszone z powodu I wojny światowej. Gromadziło również księgozbiór.

W okresie II wojny światowej PTP im. Kopernika przeniósł swoją działalność poza Polskę. Powstały nowe oddziały w Wielkiej Brytanii i Palestynie. Utworzony w 1941 r. oddział w Tel Avivie zorganizował w ciągu czteroletniej działalności kilkadziesiąt posiedzeń naukowych z odczytami, a także uruchomił pracownię biologiczną i chemiczną oraz bibliotekę z czytelnią. Ponadto organizował liczne wycieczki przyrodnicze oraz prowadził działalność wydawniczą, publikując np. prace zbiorowe o M. Koperniku i M. Skłodowskiej-Curie. W latach 1942–1944 wydał także 3 tomy prac zawierające po kilkanaście artykułów przyrodniczych. Na wzór pierwotnych tytułów czasopism Towarzystwa nadano im nazwy „Kosmos” (1942 r.), „Wszechświat” (1943 r.), a także „Przyroda” (1944 r.). Podobną działalność prowadzili przyrodnicy w oddziałach w Londynie i Edynburgu.

Po II wojnie, z początkiem 1945 r. PTP im. Kopernika wznowiło swoją działalność, ale już nie we Lwowie (został odebrany Polsce), jak wcześniej, tylko w Krakowie. W wielu miastach kraju powstały nowe oddziały terenowe. W latach 1964–75 działała także Sekcja Kopernikowska. Popularyzowała ona postać i dokonania Mikołaja Kopernika w związku z 500-setną rocznicą jego urodzin. W 1975 r. działało 18 oddziałów, co stanowi rekord w dziejach Towarzystwa. Oddziały te w drugiej połowie XX w. organizowały posiedzenia naukowe z odczytami, referatami i komunikatami, a także wycieczki terenowe i ogólnopolskie sesje naukowe. Wygłaszane na tych posiedzeniach i konferencjach referaty, które najbardziej cieszyły się uznaniem, były wydawane drukiem jako „Zeszyty Problemowe Kosmosu”.

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika przetrwało zabory, dwie wojny światowe oraz okres komunizmu i nadal funkcjonuje, chociaż z coraz większymi trudnościami. Mimo tego stara się realizować statutowe cele i zadania (<http://ptpk.org>) oraz wyznaczać nowe, aby dotrzeć do jak największego grona odbiorców. Organizuje wiele bezpłatnych dla uczestników imprez o charakterze edukacyjnym i upowszechniającym wiedzę przyrodniczą.

Osoby tworzące Zarząd Główny, zarządy Oddziałów i Sekcji PTP im. Kopernika, jak również redakcje „Kosmosu” i „Wszechświata” pracują na zasadach wolontariatu. Jednakże koszty organizacji imprez, konferencji i konkursów oraz przygotowania do publikacji kolejnych zeszytów obu czasopism naukowych, a także prace administracyjne wymagają środków finansowych. Towarzystwo ma corocznie ogromne trudności finansowe z powodu uzyskiwania niewystarczających dotacji z Ministerstwa Edukacji i Nauki na organizację poszczególnych form działalności, głównie konferencji popularnonaukowych „Tydzień Mózgu w Krakowie” i konkursu neurobiologicznego „Brain Bee”, a w szczególności wydawania czasopism. Bardzo więc potrzebujemy wsparcia finansowego na naszą działalność. Jeśli redakcje „Kosmosu” i „Wszechświata” nie znajdą obecnie wystarczającego wsparcia finansowego działalności wydawczej, to w najbliższych latach czasopisma te mogą zniknąć. Warto chronić to co zostało stworzone w Polsce, ma długoletnią historię i wysoki poziom merytoryczny oraz odgrywa ważną rolę w upowszechnianiu nauki i kultury w Polsce.

Bibliografia

1. Heller M. (2023) Kopernik jako relatywista. *Alma Mater, miesięcznik UJ*. Nr specjalny, 241: 34–37.
2. Knutelski S., Wiorek M., Knutelska E. (2017a) Problemy z nazewnictwem organizmów. II. Nazewnictwo wernakularne. *Wszechświat*, 118: 95–102.
3. Knutelski S., Wiorek M., Knutelska E. (2017b) Problemy z nazewnictwem organizmów. I. Nazewnictwo naukowe. *Wszechświat*, 118: 243–255.
4. Knutelski S., Pyza E. (2023) Upowszechnianie osiągnięć nauk przyrodniczych przez Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika dawniej i obecnie. T.X. Hofman I., Błażejowski J., Kansy A. (red.). *Polska Akademia Nauk, Warszawa*, s. 193–205.
5. Pietrzyk Z. (2023) Dzieje autografu De revolutionibus Mikołaja Kopernika. *Alma Mater, miesięcznik UJ*. Nr specjalny, 241: 38–45.
6. Pagacz-Moczarska R. (2023) Dzieło Kopernika wyrasta z Krakowa. Z prof. Marcinem Karasem z Pracowni Filozofii Polskiej Instytutu Filozofii Uniwersytetu Jagiellońskiego rozmawia Rita Pagacz-Moczarska. *Alma Mater, miesięcznik UJ*. Nr Specjalny, 241: 6–17.
7. Pyrcz T., Fåhræus Ch., Boyer P. i wsp. (2023) The sunny butterflies: new species of high montane pierids of the *Catasticta poujadei* group from the Peruvian Andes (Pieridae, Pierinae, Aporiina). *Zootaxa*, 5336. 530–542., doi: 10.11646/zootaxa.5336.4.4.

8. Sternik E. (1973) Popularny dwuwiersz o Koperniku i jego zapomniany autor. Notatki Płockie. Kwartalnik Towarzystwa Naukowego Płockiego, 18/2: 34–35.
9. Stopka K. (2023) Kraków, krakowski uniwersytet, Kopernik i jego sława. Alma Mater, miesięcznik UJ. Nr specjalny, 241: 24–32.
10. Szorc A. (1973) Mikołaj Kopernik, kanonik warmiński. Warmińskie Wyd. Diecezjalne, Olsztyn.
11. Wójcik Z. (1996) Kosmos organ Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika 1876–1996. Kosmos, 45: 3–9.

Źródła internetowe:

12. <https://almamater.uj.edu.pl>
13. <https://encyklopedia.pwn.pl>
14. <https://kopernik550.uj.edu.pl>
15. <http://www.olimpiol.pl>
16. <http://www.ptpk.org>
17. <http://ptpk.org/konferencje.html>
18. <http://www.speleo.ptpk.org>
19. <https://wielkahistoria.pl>
20. https://pl.wikipedia.org/wiki/Miko%C5%82aj_Kopernik
21. <https://wydawnictwo.umk.pl>

e-mail: s.knutelski@uj.edu.pl, elzbieta.pyza@uj.edu.pl

PODZIĘKOWANIE DLA RECENZENTÓW

Redakcja *Wszechświata* serdecznie dziękuje Recenzentom, którzy poświęcili swój czas i wiedzę dla oceny artykułów i innych tekstów przysłanych do *Wszechświata* i opublikowanych w roku 2023. Równocześnie prosimy o dalszą życzliwą pomoc i współpracę.

Podziękowanie to składamy zgodnie z uchwałą podjętą na zebraniu Rady Redakcyjnej *Wszechświata* w dniu 17.11.2022 r. Zdecydowaliśmy wtedy, iż w każdym ostatnim numerze *Wszechświata* z danego roku będziemy umieszczać podziękowania dla Recenzentów artykułów w danym roku, z wymienieniem ich nazwisk w kolejności alfabetycznej.

W imieniu Redakcji,
Redaktor Naczelna Prof. dr hab. Maria Śmiałowska

Poniżej zamieszczamy alfabetyczny spis recenzentów w roku 2023:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| • Ciężkowski Wojciech | • Skonieczna-Żydecka Karolina |
| • Gradziński Michał | • Śmiałowska Maria |
| • Grzmil Paweł | • Stojakowska Anna |
| • Jabłońska Anna | • Szymanowski Mariusz |
| • Kieżun Marta | • Weiner January |
| • Knutelski Stanisław | • Zabuski Lesław |
| • Kowalska Sylwia | • Zaleski Tomasz |
| • Łajczak, Adam | • Zawilska Jolanta |
| • Margielewski Włodzimierz | • Zemanek Bogdan |
| • Motyka Jacek L. | |
| • Nalepa Irena | |
| • Pierzchała-Koziec Krystyna | |
| • Płytycz Barbara | |
| • Pyza Elżbieta | |



Kredowa powierzchnia erozyjna rozwinięta na wapieniach górnej jury (oksford), z miocenijskimi przemieszczeniami uskokowymi.
Rezerwat przyrody Bonarka. Fot. Alfred Uchman.



W

apienie górnej jury (oksford) na stoku Wzgórza Wawelskiego koło Smoczej Jamy. Fot. Alfred Uchman.