

Geologia w ochronie środowiska

scenariusz IV cz. 1



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



Rzeczpospolita
Polska



UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny





Projekt „PING Program Implementacji Nauk Geologicznych w Szkołach Podstawowych”
jest współfinansowany w ramach Unii Europejskiej z Europejskiego Funduszu Społecznego
POWR.03.01.00-00-T015/18



Fundusze Europejskie

Wiedza Edukacja Rozwój



Rzeczpospolita Polska



UNIwersytet JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE



Unia Europejska

Europejski Fundusz Społeczny

Celem projektu jest nabycie i podniesienie kompetencji w zakresie aktywności zawodowej oraz poszerzenie wiedzy ogólnej z zakresu nauk geologicznych przez uczniów i uczennice podkrakowskich Szkół Podstawowych poprzez uczestnictwo w cyklu interaktywnych warsztatów.

Dofinansowanie projektu z UE: 890 496,70 zł.

Geologia w ochronie środowiska

scenariusz IV cz. 1

Marek Cieszkowski, Klaudiusz Salamon

**Uniwersytet Jagielloński,
Wydział Geografii i Geologii, Instytut Nauk Geologicznych,
Kraków, ul. Gronostajowa 3a**

**Redakcja: Mariusz Kędzierski
Oprawa graficzna: Adam Wierzbicki**



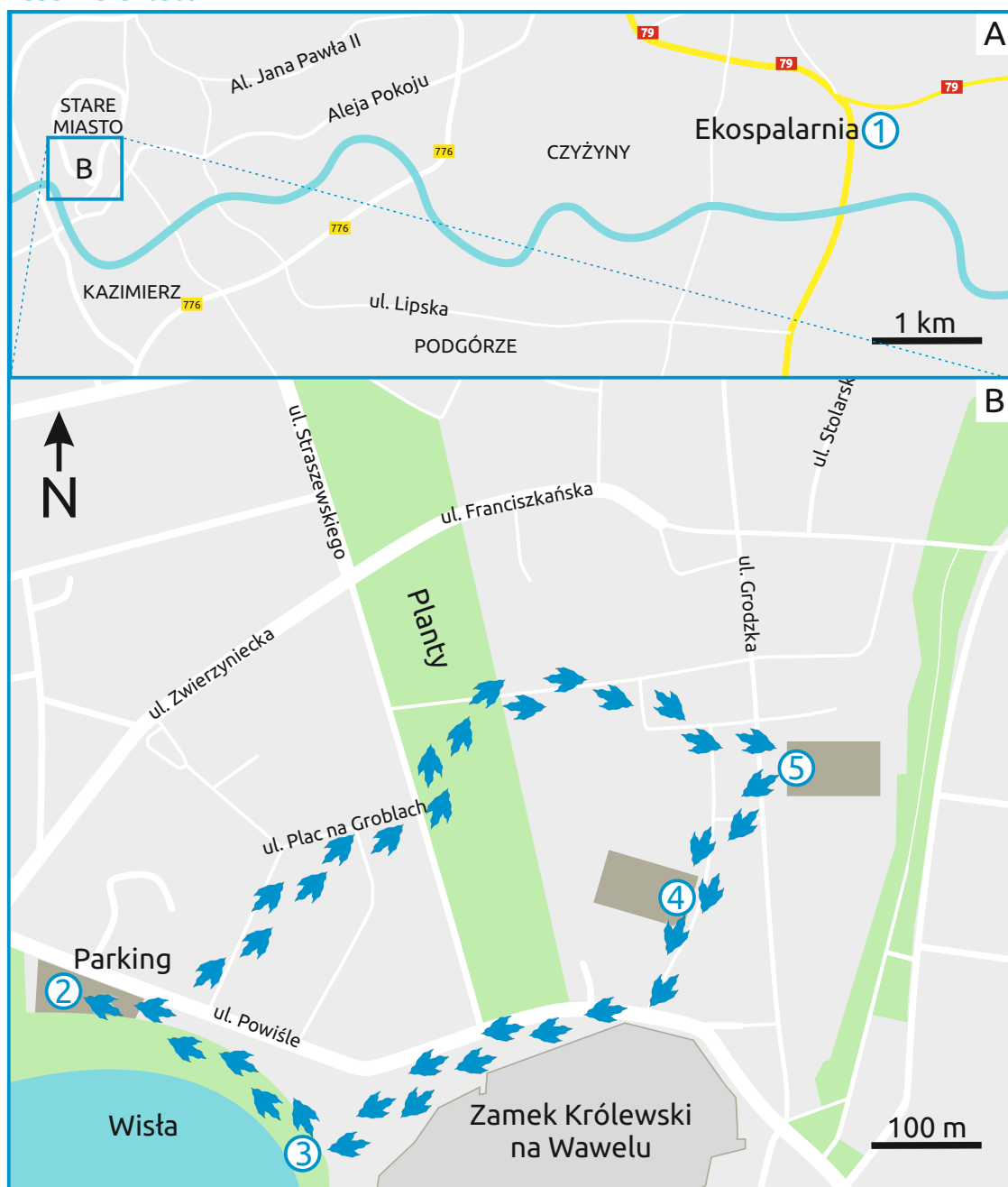
Projekt „PING Program Implementacji Nauk Geologicznych w Szkołach Podstawowych” jest współfinansowany w ramach Unii Europejskiej z Europejskiego Funduszu Społecznego. POWR.03.01.00-00-T015/18

Imię i nazwisko osoby uczestniczącej w warsztatach:

.....



Trasa warsztatów



– Trasa i kierunek wycieczki

③

– Punkt na trasie wycieczki



– Obiekt na trasie wycieczki

①

– Ekospalarnia (Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów)

②

– Parking

③

– Wisła (historia miasta)

④

– ul. Kanonicza 17 (Pałac Biskupa Erazma Ciołka)

⑤

– Kościół św. Piotra i Pawła (wpływ zanieczyszczeń na zabytki)

Punkt 1 - Ekospalarnia

Pierwszym odwiedzionym przez nas miejscem jest Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów w Krakowie, czyli Ekospalarnia przy ul. Jerzego Giedroycia 23.

Miejsce to jest bez wątpienia powiązane z ochroną środowiska, bo problem z odpadami różnego typu jest jednym z najbardziej „palących” problemów ludzkości. Powoli toniemy w śmieciach. Problem najprościej rozwiązać można zrzucając wszystkie odpadki w jedno miejsce. Tego typu miejsca istnieją, nazywamy je wysypiskami. Jednak nie dość, że zajmują one dużo miejsca, to wbrew pozorom, składowanie śmieci nie jest proste. Bezpieczne wysypisko to skomplikowana konstrukcja, którą trzeba zabezpieczyć. Padający na nią deszcz może tworzyć ścieki, czyli szkodliwy „sok ze śmiecia” zanieczyszczający glebę i wody podziemne. Dodatkowo, różnego typu gazy powstające na wysypisku mogą szkodzić zdrowiu i środowisku oraz powodują, że całość zwyczajnie śmierdzi. Część odpadków można poddać recyklingowi albo kompostowaniu, ale nie wszystkie się da. Ostatnią możliwością jest ich zniszczenie np. spalenie nadających się do tego śmieci. Oczywiście, nie wygląda to tak, że odpady wjeżdżają do jakiejś hali na wywrotce, a przystówiowy pan Gienek łopatą wrzuca do pieca plastikowe butelki, zużyte pieluchy i na deser starą wykładzinę, żeby ilość pyłu w powietrzu przypadkiem nie spadła. To nie tak.

Jak więc taki proces wygląda? Krakowska Ekospalarnia poszczycić się może nowoczesną infrastrukturą oraz stosowaniem sprawdzonej, używanej powszechnie metody, czyli tzw. rusztowej technologii spalania. Brzmi to trochę jak grillowanie śmieci. Ale jak w zasadzie działa? Po pierwsze, trzeba oczywiście mieć śmieci, które przywożone są do zakładu i składowane. Może wydawać się to śmieszne, ale brak śmieci może być dla takiego zakładu bardzo problematyczny. Przekonała się



Zakład Termicznego
Przekształcania
Odpadów w Krakowie.



o tym Szwecja, w której tylko 4% odpadków ląduje na wysypiskach, reszta jest albo poddawana recyklingowi albo spalana, aby uzyskać z nich prąd i ciepło. Szwedzkie zakłady są tak skuteczne, że Szwedom w pewnym momencie zaczęło brakować śmieci i musieli zacząć je zwozić z innych krajów. W Polsce na razie nie ma takiego problemu. Śmieci więc już mamy. Co dalej? Teraz trzeba je przemieszać i odrzucić to, czego spalić się nie da, np. materiały radioaktywne w piecu wylądować nie mogą. Ale to co można spalić, zostaje wrzucone przez szyb do komory paleniskowej, gdzie spala się na podzielonym na trzy części ruchomym ruszcie. Najpierw w temperaturze powyżej 100°C odpady się suszy, potem w temperaturze 250°C zaczynają wydzielać się gazy, aż w końcu powyżej 850°C śmieci ulegają spaleniowi i zgazowaniu. Powstałe spaliny dopala się jeszcze tak, aby nie było w nich za dużo trującego tlenku węgla (wzór chemiczny CO). Z pieca wyjeżdżają nam schłodzone już pozostałości, a kominem wylatują spaliny. No cóż, nie jest niestety tak, że po prostu spalamy w całości śmieci. Nie sprawia to, że one magicznie znikają. Jak nazwa zakładu wskazuje, są one przekształcane, czyli przerabiane na coś innego. W tym przypadku na żużel, pyły, popioły i spaliny. Z żużla, przy pomocy wielkich magnesów, najpierw wyciąga się złom. Po dodatkowej obróbce i leżakowaniu w odpowiednio przystosowanym miejscu, żużel można stosować jako materiał budowlany. Gorzej jest z popiołami, bo początkowo są dość niebezpieczne i trzeba je odpowiednio „stabilizować i zestalać”, a finalnie raczej się je składowe, np. w Niemczech wpycha się je do pustych wyrobisk górniczych. Zostają jeszcze spaliny i pyły, czyli „dym z komina”, niestety wypuszczany do atmosfery. W jego skład wchodzi głównie dwutlenek węgla, para wodna, tlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu i niespalone węglowodory. Ich skład jest ściśle kontrolowany i gazy te przed wypuszczeniem do atmosfery są oczyszczane, m.in. mocznikiem, mleczkiem wapiennym, węglem aktywnym i filtrami. Wszystko to obniża ilość szkodliwych substancji i pozwala spalinom spełnić normy emisji do powietrza. Ogólnie, po całym procesie, przekształcone śmieci zajmują mniej miejsca (tylko 25%, czyli 1/4 tego, co do spalarni wjechało) i są w większości neutralne dla środowiska. Dodatkowo, podczas spalania wytwarza się energia i ciepło, które też można wykorzystać. W ogólnym rozrachunku i tak jest lepiej, niż w przypadku śmieci przed obróbką, których wbrew pozorom nie dość, że powoli nie ma gdzie składować, to jeszcze śmierdzą i są niebezpieczne dla zdrowia i życia.

Gazy cieplarniane -

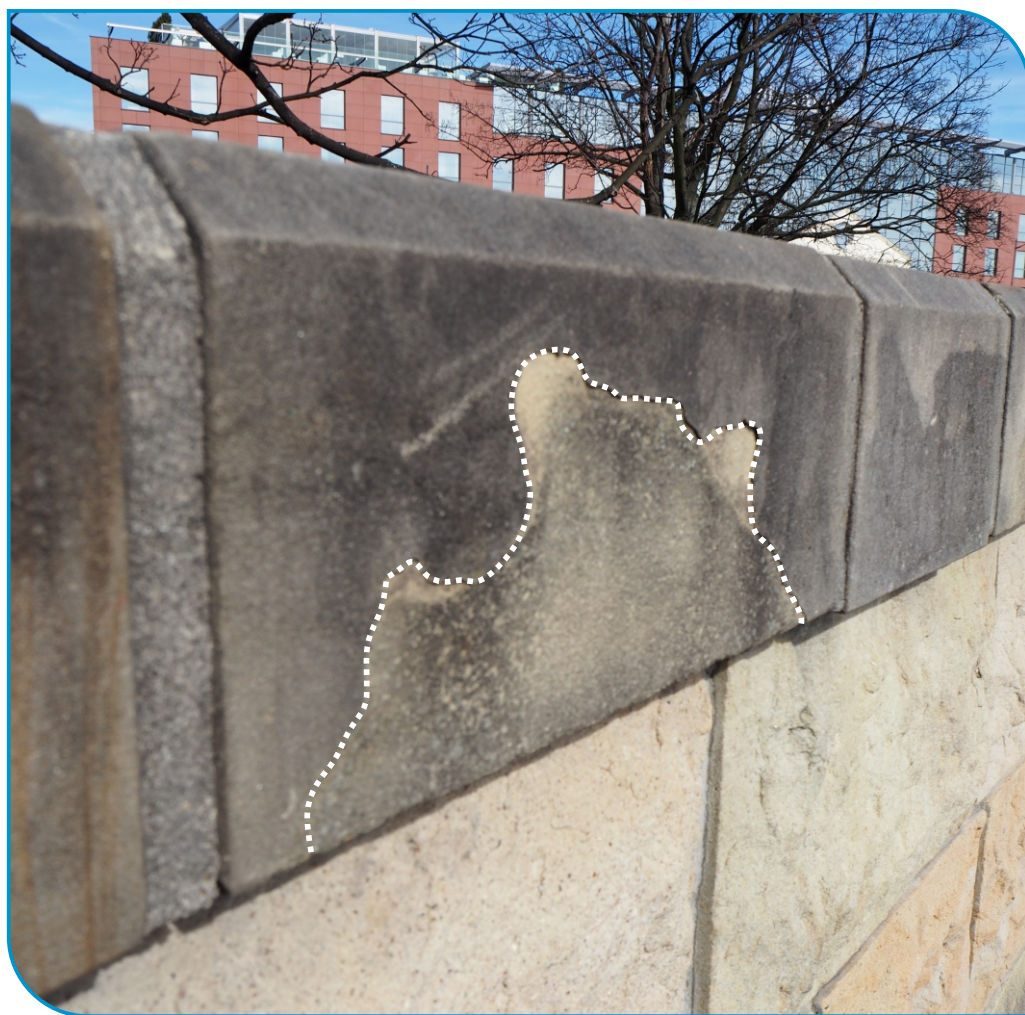
gazy takie jak: para wodna, dwutlenek węgla, metan odpowiedzialne są za zatrzymywanie wewnątrz atmosfery promieniowania słonecznego a tym samym podniesienia jej temperatury.

Punkt 2 - Parking

Na początku wycieczki po Starym Mieście możemy zadać sobie pytanie: dlaczego Kraków wygląda tak, jak wygląda? Oczywiście, głównie dlatego, że tak został zbudowany i tak stoi. Mamy kamienice, fabryki, kościoły, place, budki z jedzeniem i restauracje. Ale dlaczego wszystko nie jest czyściutkie i nowe? Każdy odpowie, że to przecież oczywiste, bo się brudzi i rozpada. Ale dlaczego rzeźby, powstałe przecież z kamienia,



Wietrzenie
piaskowców w murze
przeciwpowodziowym
przy bulwarach
wiślanych.



który przez miliony lat tkwił pod ziemią, po kilku latach się rozpadają? Można by powiedzieć, że wszystko niszczy samo z siebie i już dawno by się posypało, gdyby nie odpowiedni ludzie, którzy cały czas coś naprawiają, odmalowują, wymieniają na nowe czy szorują. Jednak nic nie dzieje się samo z siebie. W mieście, za niszczenie zabytków odpowiadają konkretne zjawiska lub procesy. Z jednej strony mamy zjawiska całkowicie naturalne, takie jak mróz czy deszcz, a z drugiej powstałe z winy człowieka lub przy jego znaczącym udziale (np. zanieczyszczenia). Oczywiście zjawiska naturalne i te, które spowodował człowiek, mogą się ze sobą mieszać i tworzyć np. kwaśne deszcze czy smog.

Duże znaczenie zarówno dla zabytków, jak i dla naszych organizmów ma to, co je otacza: powietrze i woda. Jeżeli już przy wodzie jesteśmy, to zastanówmy się czym ona w ogóle jest? Niby to proste pytanie, ale odpowiedzi usłyszeć można kilka. Część osób odpowie zgodnie z definicją, że jest to związek chemiczny o wzorze H_2O o takich to, a takich właściwościach, a ktoś inny powie, że jest to takie mokre „coś”, co płynie w rzece albo z kranu i jak się rozleje to trzeba powycierać. Pierwsza osoba pomyślała więc o wodzie jako o czystym związku chemicznym, a druga o wodzie z jaką mamy do czynienia na co dzień.

Zupełnie czysta woda, pozbawiona jakichkolwiek domieszek (czyli samo H_2O), występuje w naturze rzadko, głównie dlatego, że jest świetnym rozpuszczalnikiem. Z tego powodu, jak to w rozpuszczalniku,



Sole - związki
chemiczne powstałe
w wyniku reakcji
kwasu z zasadą

rozpuszczają się w niej rozmaite związki chemiczne, zwane solami. I nie jest to tylko sól kuchenna (zwana też kamienną albo bardziej fachowo, chlorkiem sodu) używana jako przyprawa do kotleta, ale cała grupa związków powstałych z reakcji kwasów z zasadami. Przy czym nie chodzi o to, że kwasy mają zasady, ale o kolejną dużą grupę związków chemicznych zwanych właśnie zasadami. Soli, jakie mogą być rozpuszczone w wodzie, jest naprawdę sporo i mają one wpływ na jej właściwości. Jedne zmieniają jej kolor, inne smak, jedne są niezbędne żywym organizmom do przeżycia, inne wręcz przeciwnie - są trujące. Jeżeli chodzi o ochronę zabytków w Krakowie i zanieczyszczenia, ważna jest obecność kilku soli, m.in. chlorków (np. wspomniany chlorek sodu NaCl), siarczanów (np. gips - siarczan wapnia CaSO_4) i węglanów.

Podobnie jest z powietrzem, które jest mieszaniną różnych gazów. W jego skład wchodzi głównie azot (symbol N), tlen (O), argon (Ar), dwutlenek węgla (CO_2), para wodna (H_2O) i kilka innych. Dodatkowo w powietrzu występują aerozole. Nie chodzi jednak o typ dezodorantu pod pachy, tylko o różnego rodzaju stałe cząsteczki, ciekłe kropelki i tym podobne drobinki. Ilość pewnych gazów, np. dwutlenku węgla, jak i aerozoli w powietrzu może się wahać i sprawiać, że powietrze może być bardziej lub mniej czyste.

O czym warto wspomnieć, a co jest trochę skomplikowane, to jednostki. Ilość substancji rozpuszczonych w mieszaninie nazywamy stężeniem i podajemy je w wielu różnych jednostkach, zależnie od tego, o jakie stężenie nam chodzi (a może być stężenie molowe, masowe, objętościowe i wiele innych). Tutaj, w przypadku mieszaniny wody i różnych soli, używać będziemy stężenia masowego, czyli ilości substancji rozpuszczonej w danej objętości mieszaniny. Zazwyczaj podajemy to w gramach substancji na liter mieszaniny (skrót to g/l) lub gramach na decymetr sześcienny (g/dm^3). Oba znaczą to samo, bo liter to decymetr sześcienny. Wystarczy zerknąć na dowolną butelkę z wodą

„Sól kamienna” – skała zbudowana z minerału halitu, będącego chlorkiem sodu (NaCl). Znana głównie w formie pokruszonej, jako przyprawa. Jedyna skała stale spożywana przez człowieka.



Jedna z wielu tablic informujących o jakości powietrza w Krakowie. W celu walki ze smogiem od 1 września 2019 roku w Krakowie wejdzie w życie zakaz ogrzewania domów węglem i drewnem.

**Kryształy**

– jakiegokolwiek ciała stałego o uporządkowanej, czyli krystalicznej budowie wewnętrznej.

Minerał – pierwiastek, związek chemiczny lub ich mieszanina o charakterystycznych cechach fizycznych i chemicznych np. budowie krystalicznej. Musi powstać bez udziału człowieka.

mineralną gdzie podano, jakie jest stężenie poszczególnych jonów. Można też spotkać się z terminem zasolenie i -jak łatwo zgadnąć- opisuje ono ilość soli w wodzie. Najczęściej podajemy je w promilach (symbol ‰, czyli jednej dziesiątej procenta) lub w gramach na kilogram (g/kg) co oznacza, ile gramów soli jest w kilogramie wody. Ponieważ 1 litr wody waży mniej więcej 1 kg można przyjąć, że w przypadku zasolenia g/kg równa się g/l, aczkolwiek jest to bardzo duże uproszczenie. Ważne, żeby się nie pogubić i nie mieszać różnych jednostek. Czasem o stężeniu soli w wodzie albo o zasoleniu mówi się potocznie „mineralizacja”. W tym przewodniku używać będziemy w obu przypadkach wspomnianych już gramów na litr (g/l).

W przypadku powietrza, ilość aerozoli podaje się często w mikrogramach na metr sześcienny ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), a gazów w procentach (%) albo w dziwnej nieco jednostce zwanej ppm. Oznacza ona liczbę atomów lub cząsteczek substancji na milion atomów lub cząsteczek całej mieszaniny.

Punkt 3 - Wisła**Jura**

– okres w dziejach Ziemi, trwający od 201 do 145 milionów lat temu. Polska w dużej mierze pokryta była wtedy morzem!

Obecność Wisły, Krakowa i Wawelu obok siebie jest dla nas czymś całkowicie oczywistym. Tereny te jednak wyglądały kiedyś zupełnie inaczej. Jakieś 160 milionów lat temu, w jurze, znajdowało się tu ciepłe, płytkie morze. Pływały w nim zwierzęta takie jak amonity, a na dnie rosły gąbki i osadzał się w dużych ilościach muł węglanowy (węglan wapnia, wzór CaCO_3). Luźne ziarenka z czasem połączone zostały spoiwem (proces taki nazywamy lityfikacją) tworząc białe wapienie. Pod koniec jury morze wycofało się i teren ten stał się lądem. Po raz kolejny został



Widok z Wawelu na zakole Wisły.



zalany w późnej kredzie, morze jednak znowu wycofało się, aby po raz kolejny wkroczyć w miocenie. Wtedy też, ok. 20 milionów lat temu, ruchy tektoniczne spowodowały potłamanie warstw skalnych, w tym wapieni jurajskich, na mniejsze bloki, które poprzesuwały się względem siebie. Zupełnie jak tabliczka czekolady łamana na mniejsze kostki. Powstały wtedy wypiętrzone zręby i obniżone rowy pomiędzy nimi. Potem, około miliona lat temu, teren ten pokryty został lodowcem (a że był on bardzo duży i pokrywał olbrzymi obszar, nazwano go lądolodem), który kilkakrotnie pokrywał te tereny i z nich się wycofywał. Woda z topiącego się lodu zaczęła formować rzeki, których przebieg również zmieniał się wielokrotnie, jednak w końcu połączyły się w jedną rzekę, która po zniknięciu lądolodu zaczęła płynąć na północ. Rzeką tą nie mogła jednak płynąć zupełnie dowolnie, musiała na przykład omijać wypiętrzone w miocenie zręby z białego jurajskiego wapienia, które z czasem przekształciły się w białe wzgórza. Kilkadziesiąt tysięcy lat temu, zaczęli przybywać na te tereny pierwsi ludzie z gatunku *Homo sapiens*. Nie wiadomo jak na początku nazywali płynącą tu rzekę, jednak z czasem zaczęto mówić na nią Wisła. Rzeką tą była duża, dało się nią płynąć i dzięki temu transportować różne towary. Wokół Wisły zaczęły powstawać osady ludzkie. Szczególnie jedno białe, wapienne wzgórze z jaskiniami miało, jak to się mówi, „znaczenie strategiczne”. Jego lokalizacja była bardzo dobra. Wisła była tu płytka, powolna i miała wiele odnóg, pomiędzy którymi znajdowały się mniejsze wyspy lub mokradła. Sprawiało to niestety, że tereny te miejscami były bagniste i trochę „stęchłe”, ale za to ułatwiało obronę w razie ewentualnego ataku nieprzyjaciela. Łatwiej było bronić się w osadzie otoczonej rzeką oraz moczarami niż postawionej na płaskim obszarze. To „ważne strategicznie wzgórze” zaczęto nazywać Wawelem. Właściciele tych terenów zmieniali się: były tu paleolityczne plemiona, potem Celtowie, a po nich Słowianie. Na „strategicznym wzgórzu” osiedlano się, później wybudowano gród, a w końcu kościół. Kwitł tutaj również handel. W miejscu przecinania się ważnych szlaków handlowych, na północ od Wawelu, powstała wieś zwana Kraków, która w końcu stała się ważnym miastem. Morał z tej bajki? To, gdzie ulokowany jest Kraków, wynika wprost z budowy geologicznej.

Z Wisły ludzie brali wodę do picia i mycia, łowili w niej ryby, transportowali nią towary. Skoro była taka ważna dla człowieka i ma taką historię, to chyba powinno się o nią dbać? Niestety, Wisła jest też miejscem, do którego wylewa się różnego rodzaju zanieczyszczenia, między innymi silnie zasolone wody z zakładów przemysłowych i kopalń na Śląsku oraz ścieki z Krakowa i okolic. A wody z kopalń mogą być naprawdę słone. Dla porównania: średnie stężenie samych tylko chlorków i siarczanów w wodach kopalnianych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w 2015 roku wynosiło 10,9 g/l (maksymalne ponad 200 g/l), a średnie zasolenie Bałtyku to mniej więcej 7 g/l. Kiedyś wszystko to lądowało w Wiśle, która w miejscu wlewania solanek była bardziej słona niż Bałtyk. W połowie lat dziewięćdziesiątych, gdy z powodu suszy w Wiśle było mało wody i jej stan w Krakowie był wyjątkowo niski,

Miocen – epoka w dziejach Ziemi, trwająca od 23,03 do 5,333 milionów lat temu. Część południowej Polski pokryta była wtedy morzem!

Wody podziemne o zawartości rozpuszczonych składników mineralnych wynoszącej co najmniej 35 g/l nazywamy **solankami**.



Wisła - królowa
polskich rzek!
Widok w stronę
Mostu Grunwaldzkiego



stężenie chlorków wynosiło niewyobrażalne 22 g/l! Słownie dwadzieścia dwa gramy na litr... Żeby uzyskać takie zasolenie musielibyśmy w litrze wody rozpuścić prawie 4,5 łyżeczki soli. Dla przypomnienia średnia dla całego Bałtyku wynosi 7 g/l. Ponadto w wodzie z Wisły znaleźć można było oleje, fenole czy metale ciężkie.

Czasy się na szczęście zmieniły, wprowadzono nowe regulacje, technologie odsalania ścieków i stan rzeki stopniowo się poprawia. W roku 2013 stężenie chlorków i siarczanów w Krakowie wynosiło bardziej akceptowalne 1,077 g/l. Jednak od roku 1988, woda, która płynie w krakowskich kranach nie pochodzi już z Wisły tylko z mniejszych rzek: Sanki, Raby, Dłubni i Rudawy.

O ile każdy może sobie wyobrazić, że zrzucanie ścieków raczej nie wpływa dobrze na jakość wody i nie poprawia zbytnio ani jej smaku, ani zdrowia pijącego, to jest coś jeszcze powiązanego z zanieczyszczaniem. Do XIX wieku, od grudnia do lutego, Wisła zamarzała na kość i nikogo to specjalnie nie dziwiło. Dzisiaj częściej widziana jest tylko płynąca leniwie kra, a lity lód pojawia się jedynie przy wielkich mrozach. Do tego zaledwie przez kilka tygodni i na tyle cienki, że utrzyma, co najwyżej, kilka dreptających po nim kaczek i łabędzi. Powodów dlaczego Wisła kiedyś zamarzała, a teraz nie, jest kilka. Po pierwsze, obserwowane od kilku lat coraz łagodniejsze zimy, a po drugie, wspomniane zanieczyszczenie. Duże zasolenie wody działa jak rozsypywanie soli zimą na chodniki i ulice. Sól obniża temperaturę zamarzania roztworu, czyli sprawia, że potrzeba znacznie niższej temperatury aby zamrozić wodę „słoną”, niż wodę „słodką”. Dodatkowy wpływ na temperaturę Wisły mają zrzuty ciepłej wody z elektrowni „Skawina”. Woda pobierana jest z Wisły w kanale Łączany-Skawina i używana do chłodzenia. Po całej procedurze wlewana jest z powrotem do rzeczki Skawinka, wraz w którą łąduje w Wiśle. Skład, czy mówiąc ogólniej, ilość zanieczyszczeń takiej

wody nie mogą ulec zmianie, ale zgodnie z pozwoleniami wodnoprawnymi, dobową średnią temperatura zrzucanej wody nie może przekraczać 30°C, co nieco podgrzewa atmosferę panującą w korycie Wisły.

Punkt 4 - ulica Kanonicza

Pozostawiamy Wisłę i, mijając Wawel, skręcamy w ulicę Kanoniczą podchodząc do domu nr 17. Jest to zabytkowy pałac biskupa Erazma Ciołka z XVI wieku, a obecnie oddział Muzeum Narodowego w Krakowie. Na całej dolnej części parteru, od chodnika aż po parapety, widoczne są białe wapienie jurajskie. Na takich skałach Kraków głównie stoi. Kiedyś wydobywano go w kamieniołomach na terenie miasta i jego okolic. Skała ta składa się głównie z węglanowego mułu (węglan wapnia, wzór CaCO_3), którego pojedyncze ziarenka są mniejsze niż 0,1 mm i nie są widoczne gołym okiem. Wapień jurajski tworzył się na dnie ciepłego morza ok. 160 milionów lat temu. Morze to było płytkie, znajdowało się na obrzeżach kontynentu lub było morzem śródlądowym (jakim współcześnie jest np. Bałtyk, tyle że znacznie od niego cieplejszym i też zapewne czystszy). Powstawały w nim wapienie w trzech odmianach, określane jako wapienie skaliste, płytowe i uławiczone.

Pierwsza odmiana, czyli wapienie skaliste, pierwotnie była podwodnymi budowlami tworzonymi głównie przez gąbki i jednokomórkowe organizmy zwane sinicami. Gąbki są bardzo prostymi organizmami złożonymi z wielu komórek (inaczej mówiąc wielokomórkowymi), jednak nie tworzącymi tkanek (np. skóry lub układu krwionośnego). Mimo to, posiadają one szkielety, które mogą być zbudowane z węglanu wapnia, białka, zwanego sponginą, lub krzemionki (tlenek krzemu o wzorze chemicznym SiO_2 z którego

Wapień –

skała osadowa, zbudowana głównie z węglanu wapnia (CaCO_3). Tworzy się zarówno w procesach chemicznych jak i jako nagromadzenia węglanowych szkieletów różnych organizmów.

Krzemień – skała

osadowa, krzemionkowa, najczęściej występuje w wapieniach, marglach, opokach, od których zawsze oddzielona jest ostrą granicą. Zbudowana jest z opalu, chalcedonu lub kwarcu (wszystkie o wzorze SiO_2). Pękają wzdłuż ostrych krawędzi.

Wietrzenie wapienia w warunkach miejskich.



zbudowane są też minerały, np. kwarc i chalcedon). To właśnie z tej ostatniej substancji zrobione były szkielety jurajskich gąbek z rejonu Krakowa. Podobne do raf budowle, tworzące obecnie wapienie skaliste, zwane są biohermami. Powstawały one w dość prosty sposób: na dnie jurajskiego morza zaczynały rosnąć gąbki przypominające kapelusze grzybów albo kieliszki. Gąbki ciągle były obrastane przez sinice, które miały zdolność wiązania węgla wapnia (dla przypomnienia - CaCO_3) i tworzyły na gąbkach naskorupienia. Na nich rosły kolejne gąbki, które znowu były obrastane przez sinice i tak w kółko. Na dnie powstawała więc mała górką: bioherma gąbkowo-sinicowa, która przypominała duży kopiec albo stóg siana i stale rosła w górę. Rosła i rosła, aż dorastała do powierzchni morza, gdzie kruszyły ją fale.

Węglan wapnia, który osadzał się w dużych ilościach pomiędzy biohermami tworzył kolejną odmianę wapieni zwaną wapieniami utawionymi. Nie tworzą one litych, masywnych skał, lecz są podzielone na wyraźnie rozdzielone warstwy. Nazwa „utawiony”, pomimo, że może kojarzyć się z rybami związana jest właśnie z warstwowaniem. Geolodzy ławicami nazywają warstwy lub zespoły warstw wyraźnie (ostro) oddzielone od siebie.

Po śmierci gąbek i zasypaniu biohermy osadem, krzemionkowe szkielety zaczynały się rozpuszczać. Krzemionka (dla przypomnienia - SiO_2) była wtedy transportowana z bioherm do otaczającego je mułu węglanowego. Tam się zbierała i z powrotem kamieniała tworząc nieregularne, bardzo twarde, brązowe albo czarne buty, zwane krzemieniami (łatwo to zapamiętać: krzemienie zbudowane są z krzemionki). Wyraźnie widać je w wapieniach utawionych.

Poza gąbkami i sinicami w wapieniach jurajskich można znaleźć skamieniałe szczątki innych organizmów, m.in. amonitów i belemnitów. Obie grupy spokrewnione były z ośmiornicami i mątwami, przez co były do nich bardzo podobne. Również miały macki i miękkie ciało. Może amonity trochę się wyróżniały, bo posiadały też skręconą muszlę. Zarówno amonitów jak i belemnitów niestety już nie spotkamy, bo obie grupy zwierząt wymarły w tym samym czasie co dinozaury.

Niezależnie od odmiany, wapienie jurajskie mogą być białe, kremowe albo beżowe. Wszystkie jednak z czasem pokrywają się białym nalotem. Na takiej powierzchni bardzo dobrze widoczne są różnego rodzaju plamy i zacieki powstałe wskutek działania warunków atmosferycznych i zanieczyszczeń. Często obecne są czarne plamy związane z rozpuszczaniem węglanów i krystalizacją gipsu (siarczan wapnia, CaSO_4) połączone z przyczepianiem się stałych cząsteczek z powietrza (pyłu). W niektórych miejscach widać też zielone zacieki powstałe zniszczenia elementów (np. blach pokrywających dachy zabytków) zrobionych z miedzi (symbol Cu) lub jej stopów (np. mosiądzu czyli stopu miedzi i cynku).

Zerknijmy jeszcze na chodnik zrobiony z czerwonych, wylewnych skał magmowych zwanych „porfirami”. Wydobywano je w kamieniołomach w okolicy Krzeszowic, np. w Miękinii.



Nazwy różnych charakterystycznych skał zazwyczaj tworzy się poprzez połączenie typu skały (np. piaskowiec, granit) z miejscem wydobywania (np. wapienie pińczowskie od miejscowości Pińczów) lub jej cechy charakterystycznej np. dolomity diploporowe od występujących w niej pozostałości glonów Diplopora).



Amonity – grupa wymarłych głowonogów o charakterystycznej płaskospiralnej zwykle symetrycznej muszli.

Punkt 5 - Kościół Św. Piotra i Pawła

Idąc ul. Kanoniczą mijamy Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie i skręcamy w prawo, w plac św. Marii Magdaleny. Dokładnie naprzeciwko, przy ulicy Grodzkiej 52a, widoczny jest XVII-wieczny kościół pod wezwaniem Świętych Apostołów Piotra i Pawła. Jego budowę zafundował sam król Zygmunt III Waza, a zaprojektowali go włoscy architekci w stylu barokowym jaki wówczas panował w światowym budownictwie, wzornictwie i całej kulturze. Co więcej, była to pierwsza krakowska budowla wzniesiona w tym stylu. Wzorem dla stworzenia fasady posłużyły architektom inne barokowe rzymskie budowle: kościół św. Zuzanny w Rzymie (Chiesa di Santa Susanna alle Terme di Diocleziano) i kościół Najświętszego Imienia Jezus (La chiesa del Santissimo Nome di Gesù Il Gesù) popularnie zwany Kościołem Jezusa (Il Gesù).

Fasada kościoła św. Piotra i Pawła jest wykonana głównie z triasowego dolomitu diploporowego ze wstawkami z różowego marmuru paczółtowski. Pod nazwą dolomit kryją się minerały i skała z niego zbudowana (oraz góry, które jednak zrobione są nie tylko z dolomitu. Nazwa minerału, jak i gór, pochodzi od nazwiska mineraloga Deodata Dolomieu). Sama skała podobna jest do wapienia (węglan wapnia, wzór CaCO_3), ale oprócz wapnia (symbol Ca) zawiera również magnez (symbol Mg). Często zdarza się, że przez różnego typu wapienie przesącza się woda, w której rozpuszczone jest bardzo dużo jonów magnezu. Podmieniają one jony wapnia w poszczególnych kryształach. Węglan wapnia zmienia się więc w węglan wapnia i magnezu, o nieco już bardziej skomplikowanym wzorze $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$. W czasie tego procesu w skałe powstają drobne dziurki, inaczej zwane porami. Cała skała robi

Porowatość - ogół
pustek w skałe.



Widok fasady
Kościół św. Apostołów
Piotra i Pawła oraz
wapienni apostołowie na
piaskowcowych cokołach.



Fasada kościoła
św. Apostołów Piotra
i Pawła z widocznym
elementem wykonanym
z różowego marmuru
paczółtowskiego.



się bardziej porowata, czyli jest w niej po prostu więcej dziurek, niż było wcześniej.

Wiemy już co to dolomit, natomiast słowo diploporowy określa nam jego konkretny typ i pochodzi od występujących w skale skamieniałych glonów z rodzaju *Diplopora*. Oprócz glonów występują również szczątki liliowców, muszle ślimaków, małży, małżoraczków i otwornic. Najdziwniejsze z tej gromadki są liliowce, zwierzęta spokrewnione z jeżowcami i rozgwiazdami. Większość z nich zbudowana jest z kielicha na łodydze przyczepionej do dna. W ogólnym zarysie przypominają kwiaty albo, bardziej obrazowo, rozgwiazdę na patyku. Takie fragmenty wciąż oglądać można w ścianach fasady kościoła św. Piotra i Pawła. Dolomity diploporowe są zwykle barwy żółtawej, ale stają się szare przez miejski brud łatwo przyczepiający się do porowatej powierzchni. Skały te powstały na dnie morza w środkowym triasie, kiedy na lądzie biegały pierwsze dinozaury.

Ogrodzenie kościoła w XVIII wieku ozdobiono posągami dwunastu apostołów. Wyrzeźbione były z wapienia pińczowskiego, nazwanego tak od miasteczka Pińczów, położonego w połowie drogi między Kielcami a Krakowem, gdzie był wydobywany. Skała ta powstała w miocenie na dnie ciepłego morza. Jak to wapień, zbudowany jest

głównie z węglańu wapnia, tyle że nie tylko z mułu, jak wapień jurajski, a przede wszystkim z wapiennych glonów koralinowych z rodzaju *Lithothamnium*. Ich cechą charakterystyczną jest zdolność odkładania w swoich komórkach węglańu wapnia (związku chemicznego, który tworzy też wapień). Sprawia to, że ich plecha jest twarda, w przeciwieństwie do miękkich ciał glonów z innych grup (określanych czasem potocznie jako „wodorosty”). *Lithothamnium* mają też charakterystyczny kształt, przypominający mały mózg albo orzech włoski bez łupinki. Glony te żyły w płytkich strefach morza jednak ich twarde plechy były kruszone przez fale i przenoszone głębiej w morskie tonie, gdzie gromadziły się w dużej ilości. Luźne fragmenty z czasem połączone zostały tzw. cementem, który zadziałał jak klej. Ze względu na obecność wapiennych glonów, wapień pińczowski nazywany jest czasami wapieniem litotamniowym. Poza glonami znaleźć można w nim mszywioty, ślimaki, małże, koral, jeżowce, liliowce, czasem szczątki ryb, zęby rekinów i płaszczy, a nawet wielorybów, krokodyli czy delfinów.

Wapień pińczowski był również często stosowany do tworzenia szczegółowych, misternie wykonanych elementów budowlano-rzeźbiarskich. Ponieważ po wydobyciu jest on miękki i dzięki temu prosty w obróbce, można go ciąć piłami do drewna. Łatwo jest w nim również wykuwać rzeźby, zdobienia i tego typu detale potrzebne do ozdoby. Pomimo, że początkowo jest miękki, po jakimś czasie wapień pińczowski twardnieje. Zawarta w nim wilgoć wyparowuje, a w jego porach (małutkich dziurkach znajdujących się w skale) krystalizuje węgiel wapnia, co nadaje mu trwałości. Ze względu na dużą ilość porów wapień



Współczesne rekonstrukcje rzeźb apostołów wykonane z wapienia pińczowskiego.



Cokół pod figurą apostoła wykonany z piaskowca szydłowieckiego z widoczną laminacją przekątną.



ten jest bardzo lekki (jak na skałę, oczywiście) - metr sześcienny (można go sobie wyobrazić jako wielką kostkę, której każdy bok ma długość 1 metra) wykuty z wapienia pińczowskiego waży „tylko” 1,6 tony (dla porównania: blok o takich samych wymiarach, zbudowany z wapienia jurajskiego z okolic Krakowa waży już 2,6 tony).

Figury apostołów postawiono na cokółach z jurajskiego piaskowca szydłowieckiego. Skała ta zbudowana jest z ziarenek kwarcu połączonych mieszką krzemionkowo-ilastą, która zadziałała jak klej. Gdy przyjrzymy się cokołom widać na nich dziwne smugi. Nie są to ślady po pędzlu czy koślawo nałożony „tynk”, ale cienkie warstewki (zwane laminami) piasku z jakich zbudowana jest skała. Ziarna piasku były przenoszone przez prądy morskie i osadzone na dnie tworząc poszczególne warstewki. Luźne ziarenka zostały połączone krzemionką, w ten sposób zakonserwowane i dzięki temu przetrwały do dziś. Piaskowiec ten podobnie jak wapień pińczowski jest łatwy w obróbce gdy jest świeży, jednak po wydobywaniu twardnieje. Robi się więc z niego rzeźby i pomniki, ale też ostrzałki do noży, koła młyńskie i żarna.

Wapienni apostołowie stali na piaskowcowych cokółach, mokli na deszczu i marzli na mrozie. Na nieszczęście dla nich, w drugiej połowie XX wieku dopadło ich zjawisko zwane kwaśnymi deszczami. W Krakowie



Piaskowiec - osadowa skała okruczowa powstała z piasku (ziarna o wielkości od 0,1 do 2 mm) połączonych spoiwem. Skład, warunki powstania oraz wygląd mogą być bardzo różnorodne.

spowodowane jest ono głównie zanieczyszczeniem powietrza, a konkretnie emitowanymi przez człowieka związkami siarki (symbol S, źródłem takich związków mogą być też wybuchy wulkanów). Związki te reagują z kroplami deszczu, co razem tworzy słaby kwas i powoduje nadtrawianie, np. wapiennych elewacji budynków czy cementu. Niszczyły też figury apostołów, zbudowane z dość miękkiego wapienia. Po wielu latach takiego kwaśnego prysznica, twarze rzeźb prawie całkiem się rozmyły, a same posągi zaczęły przypominać bezkształtne bryły z plasteliny. Figury stopniowo zaczęto wymieniać na nowe, też wykonane z wapienia pińczowskiego.

Zdjęte z cokołów zniszczone rzeźby początkowo składowano na terenie za kościołem, potem zostały one jednak wywiezione do Krzeszowic. Niszczyielska działalność warunków atmosferycznych i zanieczyszczeń jednak dalej postępuje. Obecne figury były czyszczone ostatnio w 2017 roku i już stwierdzono na nich pierwsze ślady erozji (niszczenia).

Opracowano na podstawie:

Dziewulska, J. M., 2008. Prace „reparacyjne” i restauracyjne kościoła śś. Piotra i Pawła w Krakowie w XIX wieku. Rocznik Biblioteki Naukowej PAU i PAN w Krakowie, 53: 259-282.

Gruszczyński, S., Motyka, J., Mikołajczak, J., Kasprzak, A., 2014. Potrzeba wdrożenia zintegrowanego systemu monitorowania i dozowania wód kopalnianych do rzeki Wisły. Przegląd Górniczy, 70 nr 8: 142-149.

Kędzierski, M., Kołodziej, B., Hoffmann, M., Machaniec, M., Stworzewicz, E. & Szulc, J., 2013. Sesja terenowa B. Budowa geologiczna i paleontologia regionu krakowskiego: dolny perm, środkowa i górna jura, górna kreda. W: Kędzierski, M. & Kołodziej, B. (red.), Aktualizm i antyaktualizm w paleontologii. XXII Konferencja naukowa Sekcji Paleontologicznej Polskiego Towarzystwa Geologicznego. Polskie Towarzystwo Geologiczne, Kraków: s. 89-100.

Pociask-Karteczka, J., 2009. Płynie Wisła, płynie... W: Partyka, J. (red.), Tu wszystko jest Polską... Eseje krajoznawcze o Krakowie i Małopolsce. Wyd. Oddział Krakowski PTTK im. Ks. Karola Wojtyły, Kraków, s. 41-80.

Rajchel, J., 2004. Kamienny Kraków. Spojrzenie geologa. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków, 233 s.

Strozik, G., 2017. Bilans i kierunki utylizacji słonych wód kopalnianych z czynnych i zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego z uwzględnieniem ich zagospodarowania w podziemnych technologiach górniczych. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, 98: 199-210.

Wilczyńska-Michalik, W., 2004. Influence of atmospheric pollution on the weathering of stones in Cracow monuments and rock outcrops in

Kwaśne deszcze

- deszcz o pH niższym niż 5,6. Związane jest to z obecnością kwasu powstałego z reakcji wody i zanieczyszczeń w powietrzu.

Bibliografia - spis materiałów

wykorzystanych do opracowania tekstu. Należy pamiętać o podawaniu (cytowaniu) źródeł informacji, z których korzystamy!

Cracow, Cracow-Częstochowa Upland and the Carpathians. Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, Kraków, 247 s.

Źródła internetowe:

Drath, J., 2015. Woda w Wiśle stopniowo coraz czystsza. http://lovekrakow.pl/aktualnosci/woda-w-wisle-stopniowo-coraz-czystsza_8264.html

Ekospalarnia Kraków, 2019. Termiczne przekształcanie odpadów. <https://khk.krakow.pl/pl/ekospalarnia/termiczne-przekształcanie-odpadow/>

Jelonek, M., 2014. Załącznik 4: Koncepcja udroźnienia małopolskiej Wisły. W: Rewitalizacja, ochrona bioróżnorodności i wykorzystanie walorów starorzeczy Wisły, zatrzymanie degradacji doliny górnej Wisły, jako korytarza ekologicznego. Prezentacje z III konferencji wiśliskowej - Kraków 27 XI 2014 r. <http://www.tnz.most.org.pl/wisliska/do-pobrania>

Szymczewska, P., 2017. Wisła opuszcza Kraków brudniejsza, niż do niego wpływa. <https://dziennikpolski24.pl/wisla-opuszcza-krakow-brudniejsza-niz-do-niego-wplywa-zdjecia-wideo/ar/11685180>

Wodociągi Miasta Krakowa, 2019. Skąd mam wodę? <https://wodociagi.krakow.pl/jakosc-wody/skad-mam-wode.html>