



**MINISTERSTWO ŚRODOWISKA**



**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY**  
JEDNOSTKA BADAWCZO-ROZWOJOWA Krajowy Rejestr Sądowy 0000122099

**ODDZIAŁ KARPACKI W KRAKOWIE**

*im. Prof. Mariana Książkiewicza*

31-560 KRAKÓW, ul. Skrzatów 1

tel./fax: Sekretariat 0-12 411-26-32, Centrala: 0-12 411-38-22, 0-12 411-58-44

**NIP 675-000-62-40**

**REGON 000332133-00058**

*E-mail: sekretariat.ok@pgi.gov.pl*

**BAZA DANYCH GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKICH  
WRAZ Z OPRACOWANIEM  
ATLASU GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKIEGO  
AGLOMERACJI KRAKOWSKIEJ**

*Wykonano na zamówienie Ministra Środowiska*

*Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony*

*Środowiska i Gospodarki Wodnej*



Opracował Zespół pod kierunkiem

dr inż. Józefa Chowańca

Dyrektor

Oddziału Karpackiego

Państwowego Instytutu Geologicznego

**Kraków, grudzień 2007 r.**

## **SKŁAD ZESPOŁU**

### **Oddział Karpacki Państwowego Instytutu Geologicznego, Kraków**

dr inż. Józef Chowaniec – kierownik, upr. 040254

mgr inż. Maciej Borowiec

mgr inż. Piotr Freiwald – upr. geol. nr VII-1317

mgr inż. Tomasz Koziara

mgr inż. Piotr Owsiak

mgr inż. Robert Patorski – upr. geol. nr V-1310

mgr inż. Krzysztof Witek – upr. geol. nr 050987

### **Państwowy Instytut Geologiczny**

mgr Krzysztof Majer

mgr Michał Jaros

mgr Izabela Mioduszevska

mgr Piotr Gałkowski

mgr Paweł Pierzykowski

### **Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie**

mgr inż. Jarosław Kos – upr. geol. VI -0402

Zbigniew Jaskólski - upr. geol.070965

mgr inż. Antoni Sasaki - upr. geol.VII-1303

mgr inż. Paweł Różański - upr. geol.VII -1352

mgr inż. Sylwia Kwaśniewska

mgr inż. Łukasz Cempura

### **Soft-Projekt**

mgr inż. Jan Szymański

Spis treści:

1. WSTĘP .....	5
2. CEL PRACY .....	5
3. ZAKRES PRACY .....	6
4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA AGLOMERACJI KRAKOWSKIEJ .....	9
4.1. Jednostki geomorfologiczne .....	9
4.2. Budowa geologiczna .....	11
4.3. Warunki hydrogeologiczne .....	17
5. SERIE GEOLOGICZNO –INŻYNIERSKIE .....	25
6. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GEOLOGICZNO–INŻYNIERSKICH .....	32
6.1. Opis serii geologiczno – inżynierskich .....	32
6.2. Mapy tematyczne .....	47
6.3. Przekroje geologiczno – inżynierskie (zał. 14 – 16) .....	60
6.4. Zagrożenia geodynamiczne i górnicze oraz zjawiska krasowe .....	61
9. TERENY DO DALSZEGO UDOKUMENTOWANIA .....	63
10. PODSUMOWANIE .....	64
11. LITERATURA .....	65

## **Spis załączników tekstowych**

Załącznik tekstowy 1 - Zestawienie wyników badań laboratoryjnych wykonanych na próbach gruntów pobranych z otworów badawczych wykonanych przez Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie.

## **Spis załączników graficznych**

1. Podział aglomeracji krakowskiej na arkusze w skali 1:10 000	skala 1:100 000
2.01 – 2.30 Mapa dokumentacyjna	skala 1:10 000
3.01 – 3.30 Mapa gruntów na głębokości 1 m	skala 1:10 000
4.01 – 4.30 Mapa gruntów na głębokości 2 m	skala 1:10 000
5.01 – 5.30 Mapa gruntów na głębokości 4 m	skala 1:10 000
6.01 – 6.30 Mapa utworów antropogenicznych	skala 1:10 000
7.01 – 7.30 Mapa głębokości występowania zwierciadła wód podziemnych	skala 1:10 000
8.01 – 8.30 Mapa warunków budowlanych	skala 1:10 000
9.01 – 9.30 Mapa stropu utworów podczwartorzędowych	skala 1:10 000
10.01 – 10.30 Mapa zagospodarowania terenu	skala 1:10 000
11.01 – 11.30 Mapa terenów zagrożonych i wymagających ochrony	skala 1:10 000
12. Mapa wychodni utworów mezozoicznych	skala 1:50 000
13. Mapa geomorfologiczna	skala 1:50 000
14 – 16. Przekroje geologiczno - inżynierskie	
17. Objaśnienia do przekrojów	

## **1. WSTĘP**

Podstawą opracowania pn. "Baza danych geologiczno – inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno – inżynierskiego aglomeracji krakowskiej" jest umowa nr 351/2005/Wn-07/Fg-go-tx/D z dnia 20.07.2005 r. zawarta pomiędzy Ministerstwem Środowiska a Państwowym Instytutem Geologicznym. Prace realizowane na podstawie wyżej wymienionej umowy finansowane były ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Opracowanie jest zgodne z „Kartą informacyjną pracy geologicznej”.

Atlas geologiczno – inżynierski aglomeracji krakowskiej wykonany został w oparciu o „Instrukcję sporządzania atlasów geologiczno – inżynierskich dla miast techniką komputerową” opracowaną przez Państwowy Instytut Geologiczny (PIG) i Instytut Techniki Budowlanej (ITB) w 2000 r.

Przy realizacji atlasu, w ramach kooperacji, Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie na podstawie umowy nr 2/2005 z dnia 25.11.2005 r. wykonało uzupełniające wiercenia geologiczno-inżynierskie, a także brało udział w tworzeniu bazy danych.

## **2. CEL PRACY**

Celem pracy było wykonanie atlasu geologiczno – inżynierskiego aglomeracji krakowskiej pn. "Baza danych geologiczno – inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno – inżynierskiego aglomeracji krakowskiej", składającego się z części tekstowej i zestawu map tematycznych w skali 1:10 000 i 1:50 000 wykonanych techniką komputerową.

W atlasie geologiczno – inżynierskim aglomeracji krakowskiej przedstawiono kompleksową ocenę warunków geologiczno – inżynierskich na tle budowy geologicznej i warunków wodnych w oparciu o zebrane materiały archiwalne. Dla osiągnięcia tego celu stworzono bazę danych geologiczno – inżynierskich, która stanowiła podstawę opracowania.

Wyniki prac przedstawiono w formie graficznej i opisowej. Część graficzna zawiera mapy dokumentacyjne, mapy gruntów na różnych głębokościach, mapy utworów antropogenicznych, mapy głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych, mapy strukturalne, mapy zagospodarowania terenu, mapy warunków budowlanych, mapę

zagrożeń i obszarów chronionych, a także mapę geomorfologiczną oraz przekroje geologiczno – inżynierskie.

Wykonany zestaw map tematycznych pozwala na ocenę warunków geologiczno – inżynierskich i może być wykorzystany przy planowaniu zagospodarowania przestrzennego aglomeracji krakowskiej. Do planowania przestrzennego mogą być również wykorzystane reprezentatywne przekroje geologiczno – inżynierskie.

W części tekstowej omówione zostały wszystkie istotne elementy składające się na warunki geologiczno – inżynierskie aglomeracji z uwzględnieniem specyfiki tego regionu.

### **3. ZAKRES PRACY**

Atlas geologiczno – inżynierski obejmuje cały obszar miasta Krakowa wraz z północno-zachodnią częścią gminy Wieliczka i południowo-wschodnimi fragmentami gmin Zabierzów i Wielka Wieś o łącznej powierzchni 378,77 km<sup>2</sup>.

Opracowanie wykonano na podstawie materiałów archiwalnych zebranych w archiwach następujących instytucji:

- Państwowego Instytutu Geologicznego Oddział Karpacki w Krakowie,
- Centralnego Archiwum Geologicznego,
- Przedsiębiorstwa Geologicznego S.A. w Krakowie,
- Urzędu Wojewódzkiego w Krakowie.

Do opracowania atlasu wykorzystano materiały archiwalne pochodzące z długiego przedziału czasowego obejmujące okres ostatnich pięćdziesięciu lat. W trakcie analizy i krytycznej oceny materiałów natrafiono na szereg trudności, na przykład w wielu starszych opracowaniach archiwalnych w opisie otworów nie umieszczono współrzędnych oraz rzędnych wysokościowych.

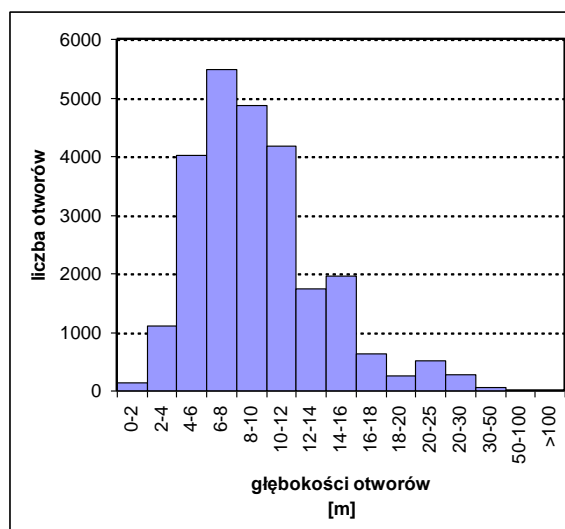
Na obszarach niedostatecznie rozpoznanych, zaprojektowano i wykonano dodatkowe prace wiertnicze, które zostały zrealizowane przed Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie. Wiercenia wykonano na podstawie „Projektu prac geologicznych dla wykonania: Bazy danych geologiczno-inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji krakowskiej na terenie powiatów krakowskiego-grodzkiego, krakowskiego, wielickiego i proszowickiego w województwie małopolskim” (Freiwald, Kos, 2007). W związku z tym, że rozpoznanie terenu pod względem geologiczno-inżynierskim jest nierównomierne i w miarę oddalania się od centrum aglomeracji i głównych szlaków komunikacyjnych jest słabsze, wiercenia

zlokalizowano w rejonie granic opracowania. W ramach prac terenowych odwiercono 207 otworów o głębokości od 6 do 10,5 m o łącznym metrażu 1514,3 mb. W trakcie wierceń pobrano 262 próby gruntów do badań laboratoryjnych (wilgotność naturalna, ciężar objętościowy, granica płynności i plastyczności, wskaźnik i stopień plastyczności, kąt tarcia wewnętrznego, kohezja, zawartość części organicznych, analiza sitowa). Wyniki tych badań przedstawiono na załączniku tekstowym 1.

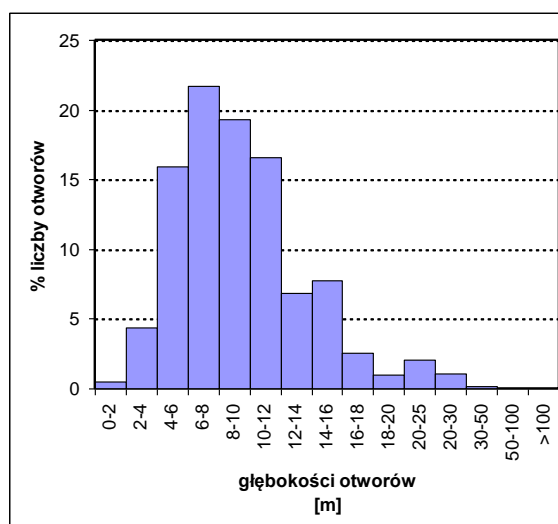
Lokalizację reprezentatywnych otworów archiwalnych przedstawiono na 30 arkuszach map topograficznych w skali 1:10 000. Z analizowanych materiałów archiwalnych do bazy danych wyselekcjonowano 25 029 otworów. Do komputerowego banku danych geologiczno – inżynierskich (BDGI) wprowadzono profile wyselekcjonowanych otworów archiwalnych z podaniem litologii gruntów i skał, ich podstawowych parametrów fizyczno-mechanicznych oraz genezy wraz z określeniem serii geologiczno - inżynierskich. Komputerowe karty otworów archiwalnych wykonano za pomocą programu Geostar.

Liczba otworów archiwalnych dla poszczególnych arkuszy jest różna w zależności od stopnia zagospodarowania terenu, od ośmiu do prawie trzech tysięcy otworów. Średnia gęstość rozpoznania wynosi około 65 otworów/km<sup>2</sup> powierzchni aglomeracji. Taka gęstość rozpoznania spełnia wymagania „Instrukcji wykonywania atlasów geologiczno – inżynierskich dla miast techniką komputerową” w przypadku złożonej budowy geologicznej. Głębokość otworów należących do bazy danych atlasu jest zróżnicowana i zawiera się w przedziale od 0,5 do 297,0 m, średnio głębokość ta wynosi 8,9 m i tę wartość należałoby uznać za wiarygodną w rozpoznaniu podłoża gruntowego aglomeracji krakowskiej. Głębokości otworów podzielono na klasy co zostało przedstawione na ryc. 1. Największa liczba otworów jest w przedziale od 6 do 8 m, co stanowi około 22 % całkowitej ilości otworów (ryc. 2). Mniejsze ilości otworów stwierdzono w przedziałach głębokości 8-10 m (19%), 10-12 m (16,5%) oraz 4-6 m (15%). Najmniej otworów jest w przedziałach 0-2 m (0,5%) i powyżej 30 m (0,25%).

Grunty i skały występujące w podłożu budowlanym opisano za pomocą serii geologiczno – inżynierskich. Jako kryteria przy wydzieleniu serii przyjęto: genezę, litologię i wiek osadów.



Ryc. 1. Liczba otworów należących do bazy atlasu w poszczególnych przedziałach głębokości.



Ryc. 2. Procentowy udział otworów należących do bazy atlasu w poszczególnych przedziałach głębokości.

Grunty i skały podłoża przypisano do 31 serii geologiczno – inżynierskich. Wybrane w wyniku analizy, reprezentatywne otwory z wydzielonymi seriami wprowadzono do bazy danych. Dane te sprawdzono i uzupełniono, a następnie naniesiono poprawki i przygotowano bazę danych do sporządzania map tematycznych. Do opracowywania mapy głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych wykorzystano dodatkowo informacje z Banku Hydro. Przy użyciu wybranych programów komputerowych ArcView, Geostar oraz Microstation opracowano następujące mapy:



- dokumentacyjne (zał. 2.01- 2.30),
- gruntów na różnych głębokościach z wydzieleniem serii geologiczno – inżynierskich (zał. 3.01 – 3.30; 4.01 – 4.30; 5.01 – 5.30),
- utworów antropogenicznych (zał. 6.01 – 6.30),
- głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych (zał. 7.01 – 7.30),
- warunków budowlanych (zał. 8.01 – 8.30),
- stropu utworów podczwartorzędowych (zał. 9.01 – 9.30),
- zagospodarowania terenu (zał. 10.01 – 10.30),
- terenów zagrożonych i wymagających ochrony (zał. 11.01-11.30),
- wychodni utworów mezozoicznych (zał. 12),
- geomorfologiczną (zał. 13).

#### **4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA AGLOMERACJI KRAKOWSKIEJ**

##### **4.1. Jednostki geomorfologiczne**

Obszar aglomeracji krakowskiej położony jest na granicy dwóch megaregionów – Pozaalpejska Europa Środkowa oraz Region Karpacki (Kondracki, 2001). Taka specyfika położenia geograficznego determinuje warunki geomorfologiczne, geologiczne, hydrogeologiczne jak i również geologiczno-inżynierskie. Jednostki fizyczno-geograficzne występujące na obszarze Krakowa przedstawiono w tabeli I.

##### **Wyżyna Małopolska (342)**

###### Płaskowyż Proszowicki (342.23)

Na terenie aglomeracji krakowskiej makroregion Wyżyn Polskich reprezentowany jest przez Płaskowyż Proszowicki należący do podprowincji Niecki Nidziańskiej, która z kolei należy do prowincji Wyżyny Małopolskiej.

Na terenie Krakowa Płaskowyż Proszowicki występuje w północnej i północno-wschodniej części miasta. Makroregion Płaskowyżu Proszowickiego charakteryzuje się łagodnymi wzniesieniami od około 220 – 280 m n.p.m. Pod względem hipsometrycznym płaskowyż pochylony jest w kierunku południowo-wschodnim. Cały obszar płaskowyżu pokryty jest pokrywą utworów lessowych. Poniżej lessów zalegają morskie osady mioceny zalegające na węglanowych utworach kredy.

Tabela I. Jednostki fizyczno-geograficzne na obszarze aglomeracji krakowskiej (numeracja regionów zgodna z J. Kondracki, 2001).

MEGAREGIONY	PROWINCJE	PODPROWINCJE	MAKROREGIONY	MEZOREGIONY
3 Pozaalpejska Europa Środkowa	34 Wyżyny Polskie	342 Wyżyna Małopolska	342.2 Niecka Nidziańska	342.23 Płaskowyż Proszowicki
5 Region Karpacki	51 Karpaty Zachodnie z Podkarpaciem Zachodnim i Północnym	512 Północne Podkarpacie	512.3 Brama Krakowska	512.31 Rów Skawiński
				512.32 Obniżenie Cholerzyńskie
				512.33 Pomost Krakowski
		512.4 Kotlina Sandomierska	512.41 Nizina Nadwiślańska	
		513 Zewnętrzne Karpaty Zachodnie	513.3 Pogórze Zachodniobeskidzkie	513.33 Pogórze Wielickie

### **Północne Podkarpacie (512)**

#### Rów Skawiński (512.31)

Rów Skawiński ciągnie się od Spytkowic, gdzie dolina Wisły zwęża się do szerokości 2 km pomiędzy zrębem w Kamieniu, a progiem Pogórza Wielickiego. Dolina Wisły przebiega na kierunku wschodnim przez około 22 km, a następnie skręca na północny – wschód. Mezuregion 512.31 zajmuje południową i południowo-zachodnią część aglomeracji krakowskiej.

#### Obniżenie Cholerzyńskie (512.32)

Obniżenie Cholerzyńskie stanowi równinę położoną pomiędzy Garbem Tęczyńskim i zrębem w Kamieniu na zachodzie i północy, a Rowem Skawińskim na południu i wyspowymi zrębami wapiennymi na terenie Krakowa. Obniżenie wypełnione jest łałami mioceńskimi, na których zalegają osady czwartorzędowe. Równina położona jest 40-50 m ponad dnem doliny Wisły. Mezuregion 512.32 zajmuje północno-zachodnią część aglomeracji krakowskiej.

### Pomost Krakowski (512.33)

Pomost Krakowski stanowi układ wzgórz wapiennych i obniżeń tektonicznych, którymi przepływa Wisła. Najważniejsze wzgórza to wzniesienie Tyńca (282 m n.p.m.), Sowińca (362 m n.p.m.), Pychowic (246 m n.p.m.), Krzemionek (235 m n.p.m.) oraz Wawelu i Skalki. Prawie cały obszar Pomostu Krakowskiego znajduje się w granicach aglomeracji krakowskiej, dlatego też występują tu bardzo duże zmiany środowiska przyrodniczego spowodowane działalnością człowieka. Mezonegion 512.33 zajmuje zachodnią i środkową część aglomeracji krakowskiej.

### Nizina Nadwiślańska (512.41)

Nizina Nadwiślańska obejmuje dolinę Wisły od Krakowa po Zawichost. W obrębie aglomeracji krakowskiej znajduje się jej niewielki zachodni fragment. Dolinę wypełniają czwartorzędowe osady akumulacji rzecznej o miąższości do kilkunastu metrów. Poniżej zalegają morskie osady miocenu. Od północy Nizinę Nadwiślańską ogranicza krawędź erozyjna Płaskowyżu Proszowickiego należącego do Wyżyny Małopolskiej. Mezonegion 512.41 zajmuje środkową i wschodnią część aglomeracji krakowskiej.

### **Zewnętrzne Karpaty Zachodnie (513)**

#### Pogórze Wielickie (513.33)

Pogórze Wielickie należące do rozciąga się od Andrychowa na zachodzie po dolinę Raby na wschodzie. Ku północy opada wyraźnym progiem o wysokości kilkadziesiąt metrów, który stanowi brzeg nasunięcia płaszczowin karpackich na sfałdowane osady miocenu. Mezonegion 513.33 występuje w południowej części aglomeracji krakowskiej i zajmuje niewielką część miasta.

Geomorfologia aglomeracji krakowskiej została przedstawiona na mapie geomorfologicznej w skali 1: 50 000 (zał. 13).

## **4.2. Budowa geologiczna**

### **Jednostki geologiczno-strukturalne**

Obszar aglomeracji krakowskiej zlokalizowany jest na pograniczu kilku jednostek geologiczno-strukturalnych (Burtan, 1954; Gradziński, 1955; Rutkowski, 1989b, 1989c, 1993; Stupnicka, 1989; Waryszyńska – red., 1995). W jej skład wchodzi:

- monoklina krakowsko-częstochowska – północno-zachodnia i północna część miasta,

- niecka miechowska – północno-wschodnia część miasta,
- zapadlisko przedkarpackie – zachodnia, środkowa i wschodnia część miasta,
- Karpaty – niewielki fragment w południowej części miasta.

### **Monoklina krakowsko-częstochowska**

Stanowi naturalną kontynuację monokliny przedsudeckiej i na terenie aglomeracji krakowskiej graniczy z brzegiem zapadliska przedkarpackiego i niecką miechowską. Rozciągłość monokliny przebiega na kierunku NW-SE i odpowiada rozciągłości wychodni skał górnajurajskich, tworzących najbardziej eksponowaną morfologicznie część tej jednostki. Warstwy triasu i jury są nachylone w kierunku północno-wschodnim, zapadając pod osady kredowe niecki miechowskiej. Monoklina powstała podczas ruchów laramijskich na przełomie kredy i paleogenu. Następnie obszar monokliny został zrównany, a w neogenie na południowy skraj monokliny nasunęły się płaszczowiny Karpat fliszowych. Południowa część monokliny uległa obniżeniu, a na przedpolu Karpat utworzył się rów przedgórski, który został wypełniony osadami miocenu. W podłożu monokliny występują struktury paleozoiczne zbudowane głównie ze skał węglanowych (karbon, dewon, perm) oraz skał starszych utworów znanych jedynie z wierceń.

Profil utworów monokliny, w obrębie aglomeracji krakowskiej, rozpoczyna się utworami środkowej jury (baton – kelowej) wykształconych w postaci iłów i mułowców z wkładkami piaszczystymi oraz piaskowców i wapieni piaszczystych. Istotną rolę w budowie podłoża aglomeracji krakowskiej odgrywa kompleks skał górnajurajskich (oksford) wykształconych w postaci wapieni skalistych, płytowych i ławicowych. Miąższość kompleksu zwiększa się w kierunku wschodnim, a na terenie miasta wynosi od 180 do 230 m. Zwięzłe i bardzo twarde wapienie skaliste występują nieregularnie wśród wapieni płytowych i ławicowych. Wapienie jurajskie są partiami spękane i szczelinowate, a nawet skrasowiałe. Ponadto, są one pocięte siecią uskoków i głębokich szczelin, które często są wtórnie wypełnione materiałem gliniastym lub ilastym. W obrębie jurajskich utworów węglanowych w miejscach uskoków oraz pęknięć powstały w wyniku procesów erozyjnych mniejsze i większe doliny. Ze względu na większą odporność na wietrzenie wapienie występujące w facji skalistej zaznaczają się w rzeźbie terenu tworząc na stokach wzgórz zrębowych formy skałkowe, np. w Lesie Wolskim, Rezerwat Panieńskie Skały, Wzgórze Wawelskie. Wapienie uławiczone odsłaniają się na terenie aglomeracji krakowskiej w kamieniołomach w Podgórzu, Płaszowie i Zakrzówku.

Na omawianym obszarze osady kredy reprezentowane są przez utwory należące do cenomanu, turonu, santonu, kampanu i mastrychtu. Osady cenomanu wykształcone są w facji gruboklastycznej w postaci piaskowców, piasków i zlepieńców. Miąższość tych utworów nie przekracza 1 m. Powyżej w profilu utworów kredy górnej występują osady węglanowo-klastyczne (margle, zapiaszczone wapienie, zlepieńce) o miąższości do kilku metrów. Najmłodszym ogniwem kredy górnej występującym na obszarze aglomeracji krakowskiej są margle, wapienie margliste, a także opoki należące od santonu po dolny mastrycht. Osady kredy górnej o miąższości od kilku do kilkunastu metrów, na terenie monokliny krakowsko-częstochowskiej występują lokalnie w postaci płatów margli na osadach jury.

### **Niecka miechowska**

Jednostka ta leży pomiędzy zrębem świętokrzyskim na północnym-wschodzie, a monokliną krakowsko-częstochowską na zachodzie. Stanowi ona południowy fragment dużej struktury zwanej niecką szczecińsko-łódzko-miechowską. Na południu nieckę miechowską przykrywają miocénskie osady zapadliska przedkarpackiego. Na obszarze aglomeracji krakowskiej niecka miechowska występuje w jej północno-wschodniej części.

Podłoże niecki miechowskiej stanowią osady paleozoiczne. Właściwa, charakterystyczna kredowa seria sedymentacyjna rozpoczyna się piaskami i piaskowcami albu, powyżej których rozwinęła się sedymentacja węglanowa rozpoczynająca się utworami cenomanu reprezentowanymi przez wapniste piaskowce glaukonitowe. Powyżej zalegają zapiaszczone osady węglanowe turonu, w skład których wchodzi margle, wapienie inoceramowe i otwornicowe oraz gezy. W stropie osadów górnej kredy (santon, kampan, mastrycht) występują margle, wapienie, margliste i opoki. Osady te odsłaniają się na terenie aglomeracji krakowskiej w rejonie Mistrzejowic i Bieńczyc, gdzie ich miąższość osiąga kilkudziesięciu metrów (Gradziński, 1974; Rutkowski, 1989b; Budowa geologiczna..., 1991).

W górnej części profilu obserwuje się zastępowanie wapieni przez osady margliste. Nieckę cechuje asymetria – skrzydło południowo-zachodnie jest łagodniejsze, a północno-wschodnie bardziej strome.

### **Zapadlisko przedkarpackie**

Na północ od brzegu nasunięcia karpackiego rozciąga się zapadlisko przedkarpackie. Na obszarze aglomeracji krakowskiej zajmuje ono dużą powierzchnię w jej zachodniej,

środkowej i wschodniej części. Jest ono wypełnione utworami neogeńskimi, leżącymi na starszym podłożu poczynając od prekambryjskich skał krystalicznych po kredowe osady wykształcone w postaci facji epikontynentalnej.

Zapadlisko przedkarpackie jest młodą strukturą geologiczną, stanowiącą fragment rowu przedgórskiego Karpat, wypełnionego molasami mioceńskimi (baden dolny - sarmat). Osady miocenu zalegają niezgodnie na utworach mezozoicznych, paleozoicznych i prekambryjskich. Praktycznie na całym obszarze osady te pokryte są utworami czwartorzędowymi o zmiennej miąższości, często uzależnionej od morfologii ich podłoża. Z materiałów publikowanych i archiwalnych wynika, że głębokość stropu podłoża przedmioceńskiego przy brzegu Karpat dochodzi do około 2 500 m.

Najstarszym ogniwem występującym w profilu utworów zapadliska przedkarpackiego są osady zaliczane do paleogenu, reprezentowane przez piaski, ily oraz rumosze, wypełniają one formy krasowe lub tworzą pokrywy o niewielkim zasięgu. Osady te posiadają niewielką miąższość i występują lokalnie (np. Mateczny, Pasternik, Podgórze).

Osady miocenu na obszarze aglomeracji krakowskiej zalegają na utworach jury lub kredy. Wypełniają one rów przedkarpacki oraz wszystkie głębsze zapadliska tektoniczne. W południowej części Krakowa występują również na zrębach tektonicznych. W zachodniej i środkowej części aglomeracji krakowskiej głównymi utworami miocenu są ily skawińskie, których miąższość przekracza miejscami 100 m. Ily te podścielone są lokalnie płatami wapieni słodkowodnych i ostrygowych. W południowej, a przede wszystkim w południowo-wschodniej części aglomeracji utwory miocenu reprezentowane są przez osady formacji solonośnej w facji chlorkowej wykształcona w postaci soli kamiennej z przewarstwieniami iłowców anhydrytowych. Miąższość serii osadów chemicznych w okolicach Wieliczki wynosi około 80 m. W części południowej aglomeracji w rejonie Skotnik, Łagiewnik i Woli Duchackiej na powierzchni odsłaniają się gipsy należące również do serii chemicznej. Ponad serią chemiczną występują ily i mułowce, niekiedy z wkładkami tufitów (warstwy chodenickie).

W południowo-wschodniej części aglomeracji, ponad iłami skawińskimi występuje seria piasków bogucickich tworzących wkładki w obrębie warstw grabowieckich. Miąższość warstw grabowieckich jest zmienna i generalnie wzrasta w kierunku wschodnim, gdzie w rejonie Wyciąża przekracza 200 m (Rutkowski, 1989b).

W rejonie Pasternika, w północno-zachodniej części aglomeracji, występują żwiry plioceńskie stanowiące cienką pokrywę nad iłami mioceńskimi.

## **Karpaty**

Biorąc pod uwagę zróżnicowanie budowy i historię geologiczną Karpaty podzielono na: Karpaty wewnętrzne i na północ od nich Karpaty zewnętrzne, zwane często Karpatami fliszowymi.

Karpaty zewnętrzne (fliszowe), będące najbardziej zewnętrzną jednostką Karpat, zbudowane są ze skał osadowych powstałych w zbiorniku geosynklinalnym. Zróżnicowanie litologiczne osadów paleogeńsko-kredowych (lokalnie jurajsko-kredowych i paleogeńsko-neogeńskich) oraz styl zaburzeń pozwalają na wyróżnienie w Karpatach zewnętrznych kilku jednostek tektoniczno-facjalnych.

Na terenie aglomeracji krakowskiej występuje niewielki fragment Karpat zewnętrznych reprezentowany przez osady kredowo-paleogeńskie płaszczowiny podśląskiej. Są to osady piaskowcowo-lupkowe warstw grodziskich, wierzowskich, lgockich i ciężkowickich.

## **UTWORY CZWARTORZĘDOWE**

Ze względu na fakt, że utwory czwartorzędowe pokrywają wszystkie jednostki geologiczno-strukturalne na obszarze aglomeracji krakowskiej, mają one największe znaczenie przy rozpatrywaniu warunków geologiczno-inżynierskich.

Osady czwartorzędu zalegają na powierzchni erozyjnej różnej genezy i wieku (od górnej jury po pliocen). Miąższość tych osadów wynosi najczęściej od kilku do kilkunastu metrów, maksymalnie ponad 50 (Rutkowski, 1989a, 1989b, 1993; Paul i in., 1996).

Utwory czwartorzędowe na terenie aglomeracji krakowskiej reprezentowane są przez osady plejstocenu (złodowacenie południowopolskie, interglacjał mazowiecki, złodowacenie środkowopolskie, interglacjał eemski, złodowacenie północnopolskie) i holocenu.

Osady złodowacenia południowopolskiego zaliczono gliny zwałowe, piaski i żwiry lodowcowe oraz piaski wodnolodowcowe. Gliny zwałowe nie tworzą ciągłych pokryw, a na powierzchni odsłaniają się w rejonie Tyńca i Szczyglic. Miąższość glin wynosi kilka metrów. Piaski lodowcowe tworzą pokrywy na zboczach i wzgórzach w zachodniej i północno-zachodniej części aglomeracji. Piaski i żwiry wodnolodowcowe występują lokalnie w zachodniej części aglomeracji.

Interglacjał mazowiecki reprezentowany jest na obszarze aglomeracji karpackiej przez żwiry piaszczyste z materiałem karpackim. Osady te spotykane są w północnej części Krakowa.

Do osadów zlodowacenia środkowopolskiego zalicza się piaski rzeczno-peryglacialne. Piaski są różnoziarniste z wkładkami żwirów i pyłów. Występują one w rejonie Piekar, Balic, Pastrznika, Bronowic i na Azorach w zachodniej części aglomeracji.

Na osadach peryglacialnych zlodowacenia środkowopolskiego rozwinął się poziom glebowy zaliczany do interglacjału eemskiego.

Z osadów plejstocęńskich największe rozprzestrzenienie posiadają utwory zlodowacenia północnopolskiego. Reprezentowane są przez piaski rzeczno-peryglacialne, żwiry oraz lessy. Osady piaszczysto-żwirowe budują średni taras dolin Wisły i jej większych dopływów, natomiast lessy pokrywają wzgórza w północnej i południowej części aglomeracji.

Piaski są drobno i średnio ziarniste, wyraźnie warstwowane, natomiast w skład żwirów wchodzi otoczaki wapieni jurajskich (doliny Rudawy i Prądnika) oraz otoczaki karpackie (dolina Wisły).

Lessy pochodzące ze zlodowacenia północnopolskiego są dwudzielne. Less młodszy dolny, o miąższości kilku metrów, stwierdzono w rejonie Szczyglic i Zwierzyńca. Less młodszy górny to typowy osad eoliczny, nieuwarstwiony, zazwyczaj wapnisty.

Holocen zbudowany jest przez utwory wypełniające niskie tarasy rzeczne (zalewowy i nadzalewowy), których sedymentacja rozpoczęła się po rozcięciu tarasu średniego u schyłku zlodowacenia środkowopolskiego. W skład tych utworów wchodzi piaski i żwiry, a część stropową budują pyły, mady i torfy. Miąższość osadów holocęńskich w dolinie Wisły wynosi od 3 do ponad 10 metrów.

W dolinach rzecznych czwartorzęd jest wykształcony jako holocęńskie piaski, żwiry, mady, namuły i torfy. Największe rozprzestrzenienie posiadają osady aluwialne doliny Wisły, która w centrum miasta ma szerokość około 5 km. W jej podłożu występują przeważnie ily miocenu, których powierzchnia jest w miarę równa. Niekiedy zaznaczają się rozcięcia związane z dopływami. W dolinie Wisły występują dwa tarasy. Niższy zbudowany jest z holocęńskich osadów żwirowych i piaszczystych przykrytych madami. Ich łączna miąższość wynosi od kilku do kilkunastu metrów. W obrębie tarasu niższego, szczególnie we wschodniej części aglomeracji, występują liczne starorzecza, niekiedy



zupełnie zasypane. W profilu starorzeczy często spotyka się torfy. Torfy niskie, których miąższość dochodzi do około 3 m spotyka się głównie w dolinach Wisły, Rudawy, Białuchy i Wilgi. W rejonie aglomeracji krakowskiej torfy najczęściej występują na powierzchni, a niekiedy przykryte są osadami o niewielkiej miąższości (rejon ronda mogińskiego, Rybitw i Czyżyn).

Duże znaczenie na obszarze aglomeracji krakowskiej posiadają utwory antropogeniczne. Są to osady nawarstwiające się w wyniku wielowiekowej działalności człowieka - od średniowiecza aż po czasy współczesne. Ich największa koncentracja występuje w obrębie Starego Miasta oraz terenu Nowej Huty. Miąższość tych osadów przekracza lokalnie nawet 5 m.

### **4.3. Warunki hydrogeologiczne**

Złożona budowa geologiczna podłoża przedczwartorzędowego z przewagą struktur zrębowych i rowów tektonicznych, posiada istotny wpływ na warunki hydrogeologiczne aglomeracji krakowskiej (Chowaniec, 2006; Chowaniec, Witek 1997a, 1997b; Duda i in., 1997; Freiwald, Witek, 2006; Kleczkowski i in., 1994; Kleczkowski, Myszka, 1989; Kowalski, 1997; Koziara, Patorski, 2006; Myszka, 1992; Pyrich i in., 1982; Witek, 1984, 2005). W podziale na jednostki hydrogeologiczne wg B. Paczyńskiego, (1993, 1995) omawiany obszar mieści się na granicy trzech regionów: XI – nidziańskiego, XII - śląsko-krakowskiego oraz XIII - przedkarpackiego.

Do opracowania warunków hydrogeologicznych na obszarze aglomeracji krakowskiej wykorzystano odpowiednie arkusze Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 z objaśnieniami, które wykonano w latach 1997 – 1998. Na ich podstawie scharakteryzowano piętra wodonośne czwartorzędu, neogenu, paleogenu, kredy i jury.

Złożona budowa geologiczna podłoża przedczwartorzędowego z przewagą struktur zrębowych i rowów tektonicznych, posiada istotny wpływ na warunki hydrogeologiczne. W podziale na jednostki hydrogeologiczne Paczyńskiego, (1993, 1995) omawiany obszar mieści się na granicy trzech regionów: XII - śląsko-krakowskiego, XI - nidziańskiego oraz XIII - przedkarpackiego.

Na podstawie istniejących danych, na terenie aglomeracji krakowskiej, wydzielono następujące piętra wodonośne: czwartorzędowe, neogeńskie, paleogeńsko-kredowe (fliszowe), kredowe i jurajskie.

### **Czwartorzędowe piętro wodonośne**

Jak wykazano na Mapie hydrogeologicznej Polski 1 : 50 000, arkusze Kraków i Niepołomice (Duda i inni, 1997; Kowalski, 1997), w obrębie piętra czwartorzędowego najważniejsze znaczenie ma poziom plejstoceniowy związany z obszarem pradoliny Wisły (Kleczkowski, 1964; Kleczkowski i inni, 1974, 1989, 1991, 1993, 1994, Myszkowski i zespół, 1975; Myszkowski, 1992), gdzie wody występują w utworach żwirowo-piaszczystych najczęściej podścielonych praktycznie nieprzepuszczalnymi łałami mioceńskimi (zał. 5.3, 5.4). Lokalnie tylko podłoże stanowią utwory jury lub kredy. Poziom plejstoceniowy charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem w profilu pionowym pod względem składu ziarnowego; najgrubszy materiał występuje w spągowej części warstwy wodonośnej. Czwartorzędowe utwory wodonośne w kopalnej dolinie Wisły i w obrębie stożka Prądnika osiągnęły miąższość do kilkunastu metrów. Miąższość ta jest zmienna, zależnie od rzeźby starszego podłoża. Dlatego też największe miąższości występują w obrębie dawnych nurtów Prawisły i Prabiałuchy, najmniejsze we współczesnym korycie Wisły stanowiącym odcinek przełomowy między Tyńcem a Wawelem.

Zasilanie piętra czwartorzędowego odbywa się przez bezpośrednią infiltrację wód opadowych oraz lateralny lub ascenzyjny dopływ z jurajskiego i kredowego piętra wodonośnego. W sposób naturalny piętro czwartorzędowe jest drenowane przez rzeki i ciekły powierzchniowe, a sztucznie przez czynne studnie eksploatacyjne i odwodnieniowe. Studnie odwadniające pracują ciągle na niskim tarasie Wisły aby zniwelować wpływ spiętrzenia Wisły wykonanego w latach 60-tych stopnia wodnego w Dąbiu (do 4 m). Współczynniki filtracji utworów wodonośnych piętra czwartorzędowego wynoszą najczęściej od 1 do  $2 \times 10^{-4}$  m/s.

Poziom plejstoceniowy doliny Wisły stanowi część Głównego Zbiornika Wód Podziemnych GZWP 450 (Q) Dolina Wisły (Kleczkowski – red., 1990), wymagającego szczególnej ochrony, w obszarach zawierających wody o wystarczająco dobrej jakości.

Wody podziemne czwartorzędowego piętra wodonośnego eksploatuje się w celu zaopatrzenia ludności aglomeracji krakowskiej w wodę z ujęcia w Mistrzejowicach. Ilość eksploatowanej wody stanowi jedynie 1-2 % zapotrzebowania miasta na wodę. Pozostałe 98-99 % wody pozyskiwane jest z ujęć powierzchniowych: ze zbiornika na rzece Rapie w Dobczycach, z ujęcia na rzece Rudawie, z ujęcia na rzece Dłubni i z ujęcia na rzece Sance.

## **Neogeńskie piętro wodonośne**

Znaczenie użytkowe w obrębie piętra neogeńskiego ma jedynie poziom piaszczysty związany z warstwami grabowieckimi (piaski bogucickie) we wschodniej części obszaru. Obszar ten stanowi fragment Głównego Zbiornika Wód Podziemnych GZWP 451 (Tr) subzbiornik Bogucice (Kleczkowski – red., 1990), wymagającego szczególnej ochrony przez utworzenie specjalnych obszarów ochronnych (ONO i OWO).

Użytkowy poziom wodonośny stanowią utwory piaszczyste, piaski i piaskowce o miąższości od 5 do 60 m, lokalnie ponad 100 m. Zasilanie poziomu wodonośnego piasków bogucickich w wodę odbywa się prawie wyłącznie przez infiltrację opadów bezpośrednio na wychodniach. Wychodne piasków bogucickich rozciągają się równoleżnikowo od południowej części Krakowa w kierunku wschodnim i mają szerokość około 1 km. Pewną rolę w zasilaniu piasków bogucickich odgrywa także przesiąkanie wód z poziomu czwartorzędowego (Nałęcki, 1994). Pewien udział w zasilaniu może mieć również lateralny dopływ wód ze zrębów jurajskich Kurdwanowa i Podgórze. Poza pasem wychodni wody są chronione przed wpływami zewnętrznymi i wyróżniają się korzystnymi cechami fizyko - chemicznymi. Ich zasoby dyspozycyjne są ograniczone. Wody zbiornika podziemnego są słabo odnawialne. Zbyt duża ilość studzien i nieuporządkowana gospodarka wodami stanowią zagrożenie poziomu, stąd konieczna jest ścisła jego ochrona. Na pierwszy plan należałoby wysunąć ochronę zasobową. Naruszenie równowagi hydrodynamicznej może wywoływać i przyspieszać procesy degradacji (Kowalski, 1997).

Współczynnik filtracji piasków bogucickich jest mało zróżnicowany i mieści się w granicach od  $6,0 \times 10^{-6}$  do  $8,0 \times 10^{-5}$  m/s (Nałęcki, 1994). Przewodność warstwy wodonośnej wynosi zazwyczaj poniżej 100 m<sup>2</sup>/d. Uzyskane dotychczas wydajności studzien neogeńskich kształtują się w bardzo szerokich granicach - od 4.4 m<sup>3</sup>/h do 218 m<sup>3</sup>/h. Wydajność 218 m<sup>3</sup>/h uzyskano w studni dla Fabryki Drożdży w Krakowie-Podgórzu. W studni tej po przekroczeniu wydatku 50 m<sup>3</sup>/h miało miejsce piaszczenie, dlatego też potencjalną wydajność studni trzeciorzędowych przyjęto do 70 m<sup>3</sup>/h, chociaż w sprzyjających warunkach można będzie uzyskać wydajności większe. Wydatki jednostkowe zawierają się w przedziale do kilku m<sup>3</sup>/h/ m (Duda i inni, 1997; Kowalski, 1997).

W obrębie neogeńskiego poziomu wodonośnego związanego z piaskami bogucickimi wyróżniony został główny zbiornik GZWP nr 451 - (Subzbiornik Tr Bogucice), sięgający poza aglomerację krakowską - o całkowitej powierzchni 176 km<sup>2</sup> i zasobach dyspozycyjnych 40 000 m<sup>3</sup>/24h (Kleczkowski – red., 1990).

W utworach neogeńskich w okolicach uzdrowiska Mateczny w Krakowie występują wody mineralne. Wody mineralne występują w piaskach paleogenu i w spękanych wapieniach miocenu przykrytych przez ility warstw skawińskich (Kleczkowski, Myszka, 1989). Są to wody artezyjskie o samowypływie 3-10 m nad poziom terenu. Wody charakteryzują się typem  $\text{SO}_4\text{-Cl-Na-Mg-Ca}$ , z zawartością  $\text{H}_2\text{S}$  i mineralizacją około  $2.5 \text{ g/dm}^3$ . W ocenie badań izotopowych są one wodami infiltracyjnymi o czasie przebywania w systemie wodonośnym ponad 10 000 lat. Nie wyklucza się także domieszki wód młodszych (Zuber, Grabczak, 1991).

### **Paleogeńsko-kredowe (fliszowe) piętro wodonośne**

**Utwory fliszowe** składają się głównie z piaskowców i łupków występujących w różnych proporcjach. Opierając się na ilościowych relacjach tych utworów w obrębie formacji fliszowej, wyróżnia się trzy tzw. subfacje: fliszu piaszczystego (przewaga piaskowców i zlepieńców nad łupkami i mułowcami), normalnego (udział piaskowców i łupków w przybliżeniu jednakowy) i łupkowego (zdecydowana przewaga łupków i mułowców). Ogólnie uważa się, że flisz ma tym lepsze zdolności gromadzenia i przewodzenia wody, im większy jest udział piaskowców. Również zaburzenia tektoniczne typu fałdowego i uskokowego komplikują warunki występowania wód podziemnych. Wody podziemne nie występują w typowych stratygraficznych poziomach wodonośnych. Związane są one ze strefą przypowierzchniową mocno zwietrzałą i spękaną, składającą się z odmiennych litologicznie skał różnego wieku. Strefa zawodniona tworzy nieciągły poziom wodonośny o zróżnicowanych cechach. Strefy zawodnione nie tworzą układów izolowanych i dlatego wody podziemne mogą przemieszczać się z jednego ośrodka do drugiego.

Wydajność uzyskiwana z utworów fliszowych z pojedynczych otworów jest różna, do kilku, rzadziej kilkunastu  $\text{m}^3/\text{h}$ . Wydajność jednostkowa na ogół mieści się w przedziale  $0,05 - 0,5 \text{ m}^3/\text{h/m}$ . Przeciętny współczynnik filtracji obliczony na podstawie próbnych pompowań zawiera się w granicach  $n \times 10^{-5} - n \times 10^{-7} \text{ m/s}$ . Analiza głębokości i wydajności otworów hydrogeologicznych w nawiązaniu do miąższości strefy spękań, umożliwiających krążenie i wymianę wód w utworach fliszowych wykazała, że do głębokości 60 m średnia wydajność wzrasta (w gruboławicowych piaskowcach magurskich do 80 m). Wynika z tego, że perspektywiczna do eksploatacji strefa sięga do głębokości 60-80 m poniżej powierzchni terenu.

Wody podziemne zasilane są głównie poprzez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych, a także poprzez infiltrację wód powierzchniowych oraz dopływ z podłoża. Infiltracja zależy głównie od charakteru litologicznego zwietrzliny i kąta nachylenia stoków. Przepływ wód podziemnych skierowany jest głównie w kierunku dolin rzecznych, które stanowią podstawę drenażu.

Ze względu na bardzo niewielkie rozprzestrzenienie osadów fliszowych na terenie aglomeracji krakowskiej (południowe fragmenty obszaru miasta) oraz słabe parametry hydrogeologiczne, wody piętra paleogeńsko-kredowego posiadają marginalne znaczenie.

### **Kredowe piętro wodonośne**

W obrębie piętra kredowego istotne znaczenie użytkowe ma poziom górnokredowy występujący w północnej części obszaru. Poziom ten jest słabo rozpoznany (Duda i inni, 1997; Kowalski, 1997). Tworzą go margle, opoki, wapienie, wapienie margliste i piaszczyste oraz lokalnie zlepionce górnej kredy. Jak wykazały badania jest to wielowarstwowy zbiornik wód podziemnych typu szczelinowo-porowego. Zasilanie poziomu górnokredowego odbywa się głównie przez infiltrację opadów bezpośrednio na wychodniach lub za pośrednictwem utworów czwartorzędowych. Przypuszczalnie część wód przepływa ascenzyjnie z wapieni górnej jury do leżących na nich utworów górnokredowych. Wodonośne piętro kredowe jest drenowane licznymi źródłami i ciekami powierzchniowym i (Dynowski, 1983).

Współczynniki filtracji skał górnej kredy, określane na podstawie wyników próbnych pompowań w studniach wierconych, mieszczą się w przedziale od  $4,05 \times 10^{-7}$  do  $1,33 \times 10^{-3}$  m/s (Duda i inni, 1997; Kowalski, 1997). Rozkład tej cechy ma charakter logarytmiczno-normalny i charakterystyczna dla tego typu rozkładu średnia geometryczna współczynnika filtracji wynosi  $9,37 \times 10^{-5}$  m/s. Przewodność głównego poziomu wodonośnego w górnej kredzie zmienia się od kilkudziesięciu do kilkuset m<sup>2</sup>/d.

Obszar występowania kredowego piętra wodonośnego stanowi fragment Głównego Zbiornika Wód Podziemnych GZWP 409 (K<sub>2</sub>) Niecka miechowska (Kleczkowski – red., 1990) wymagającego szczególnej ochrony przez utworzenie specjalnych obszarów ochronnych (ONO i OWO).

### **Jurajskie piętro wodonośne**

W piętrze jurajskim istotne znaczenie ma poziom górnourajski występujący w spękanych i częściowo skrasowiałych wapieniach (Kleczkowski, Mysza, 1989;

Kleczkowski i inni, 1994). W północno - zachodniej części Krakowa w obrębie górnourajskiego poziomu wodonośnego występuje fragment Głównego Zbiornika Wód Podziemnych GZWP 326 (J<sub>3</sub>) Częstochowa E (Kleczkowski – red., 1990).

Poziom górnourajski tworzą wapienie skaliste, płytowe i kredowate malmu. Wodonośność tych skał jest uzależniona głównie od rozwoju szczelin i kawern. Wapienie skaliste nieuławiczone są pocięte pionowymi lub prawie pionowymi szczelinami, a w uławiconych wapieniach skalistych i płytowych, sieć spękań pionowych jest uzupełniona oddzielnościami międzyławicowymi, odgrywającymi bardzo ważną rolę w kształtowaniu warunków przepływu wody podziemnej w tych skałach. Istotną rolę w przewodzeniu wody podziemnej odgrywają także kanały krasowe. Strefa wglębnego zasięgu i skrasowienia wapieni nie jest jednak dokładnie znana (Duda i inni, 1997).

Na podstawie wyników próbnych pompowań w studniach odwierconych w wapieniach górnej jury stwierdzono, że współczynniki filtracji tych skał zawierają się w przedziale od  $2,62 \times 10^{-9}$  do  $1,40 \times 10^{-3}$  m/s. Rozkład współczynników ma charakter logarytmiczno-normalny, a charakteryzująca go średnia geometryczna jest równa  $9,96 \times 10^{-6}$  m/s (Duda i inni, 1997).

Przewodność górnourajskiego poziomu wodonośnego kształtuje się najczęściej w przedziale kilkudziesięciu m<sup>2</sup>/d, a w korzystniejszych warunkach osiąga rząd 200 m<sup>2</sup>/d (Duda i inni, 1997; Kowalski, 1997).

Warunki krążenia wód w poziomie górnourajskim zależne są od morfologii, tektoniki i pokrycia utworami słaboprzepuszczalnymi. Na północ od rowu krzeszowickiego w wapieniach odsłaniających się na powierzchni zwierciadło wody w skali regionalnej ma charakter swobodny i układa się współkształtnie z bardzo urozmaiconą rzeźbą powierzchni terenu. Woda podziemna w skałach piętra jurajskiego generalnie przepływa od wysoczyzn (stref wododziałowych) ku dolinom rzecznych. Charakterystyczną cechą zwierciadła wody w piętrze jurajskim jest jego silne uzależnienie od wielkości opadów. W sposób naturalny piętro jurajskie jest drenowane licznymi źródłami (Dynowski, 1983). Niektóre z nich są ujęte dla potrzeb zaopatrzenia w wodę (Duda i inni, 1997).

Jak wykazały badania w obszarze wychodni wapienie jurajskie są zasilane w wodę prawie wyłącznie przez infiltrację opadów atmosferycznych, przy czym wskaźnik infiltracji jest znaczny w związku z rozwojem zjawisk krasowych i szeroko rozwartych szczelin w strefie przypowierzchniowej. Sprzyja to także szybkiemu wnikaniu wód meteorycznych do wapieni malmu, a wraz z nimi możliwych zanieczyszczeń

z powierzchni terenu. Zbiornik jurajski w obszarach wychodni, tj. tam gdzie jest pozbawiony jakiegokolwiek izolacji, jest zatem bardzo narażony (mało odporny) na oddziaływanie ognisk zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych (Duda i inni, 1997).

W licznych otworach stwierdzono, że w przypadkach izolowania wód jurajskich przez ility miocenijskie występują wody o charakterze artezyjskim bądź subartezyjskim. Są to jednak najczęściej wody zmineralizowane (Kleczkowski i inni, 1994). System krążenia w rowach pod pokrywą miocenu jest skomplikowany ale w korzystnych warunkach można i tutaj napotkać zwykle wody podziemne. Stąd też niektóre partie górnourajskiego poziomu wodonośnego w rowach tektonicznych autorzy arkusza MhP 1 : 50 000 (Duda i inni, 1997)

uznali za poziom o charakterze użytkowym, jeśli są to obszary pozbawione innych poziomów użytkowych.

#### 4. JAKOŚĆ WÓD

Na podstawie obszernego materiału analitycznego można stwierdzić, że mineralizacja wód podziemnych **czwartorzędowego poziomu użytkowego** jest bardzo zróżnicowana przestrzennie i zmienna sezonowo. Sucha pozostałość zmienia się w granicach od około 300 do ponad 1800 mg/dm<sup>3</sup>. Przeważają wody wielojonowe HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca-Na; SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Ca-Na; HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg. Dla obszaru Krakowa charakterystyczna jest mozaikowa zmienność pola hydrogeochemicznego. Dotyczy to szczególnie zmienności w zawartości żelaza i manganu, ale także siarczanów, twardości oraz azotu amonowego. Dużą zmienność notuje się w utworach piaszczysto-żwirowych niskiego tarasu Wisły. Należy podać dla przykładu, że zmienność zawartości żelaza na całym obszarze sięga od śladów do kilkudziesięciu mg/dm<sup>3</sup>. Na mozaikowy charakter zmienności mogą mieć wpływ czynniki naturalne związane z charakterem ośrodka i warunkami krążenia wód jak i przekształcenia wywołane wpływem rozwijającej się na tym obszarze aglomeracji miejskiej. Zmienne stężenia siarczanów, twardości oraz chlorków łączy się często z budową podłoża czwartorzędu (Duda i inni, 1997; Kleczkowski, 2003), tzn. z obecnością w tym podłożu morskich utworów trzeciorzędowych oraz z możliwością wypływu z jeszcze głębszego podłoża wód o podwyższonej mineralizacji (w rejonie zrębowych struktur jurajsko-kredowych).

Jakość wód w **neogeńskim piętrze wodonośnym** o charakterze piaszczystym jest na omawianym obszarze słabo rozpoznana. Wody z utworów neogeńskich poziomu piaszczystego (piaski bogucickie) charakteryzują się stosunkowo niską mineralizacją od

160 do 880 mg/dm<sup>3</sup> i należą do typu HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg. Są one wodami średniotwardymi. Wzrost mineralizacji obserwuje się w kierunku wschodnim w miarę głębszego zalegania warstw wodonośnych (Nałęcki, 1994; Witek, 1984).

Wody w utworach fliszowych (**piętro paleogeńsko-kredowe**) charakteryzują się suchą pozostałością na ogół w granicach od 200 do 500 mg/dm<sup>3</sup>. Uwzględniając obecność głównych jonów wydzielono następujące typy wód: HCO<sub>3</sub> - Ca, HCO<sub>3</sub> - Ca - Na, HCO<sub>3</sub> - Na - Ca, HCO<sub>3</sub> - Ca - Mg, HCO<sub>3</sub> -Ca - Na - Mg, HCO<sub>3</sub> - SO<sub>4</sub> - Cl - Ca - Mg. Zawartość żelaza dochodzi do 11,2 a manganu do 1,0 mg/dm<sup>3</sup>. Charakterystyczne jest to, że przy kontakcie fliszu podhalańskiego z pienińskim pasem skałkowym oraz strefie przytatrzańskiej, występują ultrasłódkie wody wysokiej jakości o mineralizacji 25 - 150 mg/dm<sup>3</sup>. Są to głównie wody typu HCO<sub>3</sub> - SO<sub>4</sub> - Ca - Mg i HCO<sub>3</sub> - Ca - Mg.

**Wody z utworów kredowych** charakteryzują się mineralizacją w granicach 430 - 900 g/dm<sup>3</sup>, twardością ogólną - 6.6 - 19.6 mval/dm<sup>3</sup>. Wody poziomu kredowego zawierają małe ilości żelaza, sporadycznie wartość ta sięga 2.1 - 3.2 mg/dm<sup>3</sup>. Najczęściej są to wody w przewodzie typu HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg.

**Wody z utworów jurajskich** charakteryzują się składem bardzo zróżnicowanym, głównie w zależności od warunków występowania poziomu wodonośnego. Wpływają na to warunki geologiczne, a przede wszystkim tektonika i charakter nadległych utworów miocenu. Na obszarze Krakowa mineralizacja wód jurajskich wynosi od 410 do ponad 1540 g/dm<sup>3</sup>, twardość ogólna od 4.6 mval/dm<sup>3</sup> do 11.6 mval/dm<sup>3</sup>, zawartość żelaza od 0.3 do 2.4 mg/dm<sup>3</sup>, a zawartość manganu od 0.1 do 23.0 mg/dm<sup>3</sup>.

Wody z odsłoniętych użytkowych poziomów jury górnej i kredy górnej są zazwyczaj wodami o dobrej i średniej jakości i są do siebie podobne pod względem ogólnej mineralizacji, twardości ogólnej i odczynu. Są to głównie wody HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg oraz HCO<sub>3</sub>-Ca (Duda i inni, 1997; Kowalski, 1997).

Jak wykazują badania, wody z zakrytych jednostek hydrogeologicznych jury górnej i kredy górnej zlokalizowanych w rowach tektonicznych mają jakość bardziej zróżnicowaną. Są to zbiorniki przepływowe w których jakość wód zależy od istnienia hydraulicznych połączeń ze strukturami zrębowymi stanowiącymi ich strefy zasilania oraz od intensywności wymiany wody. W warunkach dogodnych połączeń hydraulicznych w strukturach tych można napotkać wody o dobrej jakości. Zazwyczaj są to wody o jakości średniej, a w przypadku słabej wymiany wód poziomy te mogą zawierać wody o podwyższonej mineralizacji lub wody mineralne. Do tej grupy należą wody



eksploatowane przez źródła krakowskie (Kleczkowski i inni, 1994) oraz złoża wód leczniczych Mateczny (Kleczkowski, Myszką, 1989).

Wody podziemne występujące w granicach aglomeracji krakowskiej narażone są w bardzo wysokim stopniu na antropopresję. Znaczne zurbanizowanie obszaru, koncentracja przemysłu spowodowały wiele niekorzystnych zmian w środowisku, w tym również wód podziemnych. Czynniki degradujące związane z miejskim i przemysłowym zagospodarowaniem terenu spowodowały obniżenie jakości wód podziemnych.

## **5. SERIE GEOLOGICZNO –INŻYNIERSKIE**

Utwory występujące w obrębie aglomeracji krakowskiej podzielono na serie geologiczno-inżynierskie. Ze względu na budowę geologiczną i stratygrafię wydzielono 31 serii. Serie nr 1 do 29 wydzielono na obszarze Wyżyny Śląsko-Krakowskiej, niecki miechowskiej i zapadliska przedkarpackiego, natomiast serie nr 30 i 31 na obszarze zewnętrznych Karpat fliszowych.

Do opracowania serii wykorzystano materiały geologiczne, a zwłaszcza opracowania arkuszy Kraków, Niepołomice, Myślenice i Wieliczka Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 (Budowa geologiczna..., 1991; Burtan, 1954, Gradziński, 1955, 1974; Rutkowski 1989a, 1989b, 1989c, 1993, Paul i in., 1996; Waryszyńska, 1995).

Wydzielenie serii geologiczno-inżynierskich pozwoliło na zastosowanie programów komputerowych do opracowania różnych map tematycznych.

Charakterystykę serii przedstawiono w tabeli II.

Tabela II  
Charakterystyka serii geologiczno-inżynierskich występujących na terenie aglomeracji krakowskiej

Nr serii	Stratygrafia			Geneza	Litogeneza serii	Rodzaje gruntów wchodzących w skład serii	Sytuacja geomorfologiczna, sytuacja w profilu, miąższości
	System	Oddział	Pododdział				
1	2			3	4	5	6
<b>CZWARTORZĘD</b>							
<b>1</b>	<b>CZWARTORZĘD</b>	<b>HOLOCEN</b>		A	Nasypy budowlane, Nasypy niebudowlane	Pyły, gliny, piaski, żwiry, gruz, hałdy górnicze i hutnicze	Występują w stropowej części profili i charakteryzują się zróżnicowaną miąższością. Największe miąższości osiągają w centrum miasta (do kilku m) oraz na S od centrum w rejonie Płaszowa. Występują także wzdłuż ul. Zakopiańskiej oraz w okolicach Łagiewnik i Swoszowic. Na wschodzie występują na obszarze Nowej Huty. W przedziale głębokości od 0 do 2 m p.p.t. seria 1 występuje na całym obszarze przy czym im bliżej granic opracowania tym mniejszy jej udział. Nasypy zalegają na gruntach rodzimych różnej genezy i pochodzenia.
<b>2</b>			H	Gleba	Różne	Gleby występują na całym obszarze aglomeracji. Ich miąższość jest niewielka, najczęściej 0,2 – 0,3 m.	
<b>3</b>			D	Osady rzeczno-deluwialne dolin	Namuły, piaski, gliny piaszczyste i żwiry	Występują głównie w obrębie terasy akumulacyjnej Wisły oraz w obrębie wąwozów i parowów. Występują w profilach otworów na większości obszaru aglomeracji. Średnia miąższość wynosi około 2.5 m. Strop osadów występuje średnio na głębokości około 2 m p.p.t.	
<b>4</b>			H	Torfy	Torfy	Występują na małych obszarach i dość rzadko. Największe wystąpienia zlokalizowane są na SE od Huty Sędzimira, na terenie Czyżyn, wzdłuż rzeki Drwiny oraz w rejonie Kostrza, Bodzowa, i Pychowic. Najczęściej występują w obrębie niskiego tarasu oraz starorzeczy i na terenach zastoiskowych. Miąższości na ogół jest niewielka i wynosi średnio około 1 m; strop osadów przeciętnie występuje na głębokości około 2 m p.p.t.	
<b>5</b>			Rz	Namuły, piaski i żwiry rzeczne	Pyły, namuły, gliny, piaski i żwiry	Występują wzdłuż dolin rzecznych na znacznych obszarach. Miąższość w profilu wynosi około 6.5 m. Strop serii występuje na średniej głębokości 3.3 m p.p.t. i rzadko przekracza głębokość 10 m p.p.t.	
<b>6</b>			W	Piaski eoliczne	Piaski średnio- i gruboziarniste	Występują w formie wydym na niewielkich obszarach w rejonie Kobierzyna, Borka Fałęckiego, Prokocimia. Miąższość zróżnicowane od kilkudziesięciu cm do 10 m, średnio około 3 m.	
<b>7</b>			L	Osady starorzeczy	Iły i pyły	Występują dość często na niewielkich obszarach w obrębie niskiego tarasu zalewowego Wisły. Miąższość utworów wypełniających starorzecza waha się w granicach od kilkudziesięciu cm do 3,5 m, a w rejonie Mogiły i Pleszowa ich miąższość dochodzi do 6 m. Średnia miąższość wynosi około 2 m.	

8	PLEISTOCEN	złodowacenie północnopolskie	W	Osady eoliczne (lessy)	pyły, gliny pylaste, gliny pylaste zwięzłe	Występują na dużych obszarach, głównie w północnej części Krakowa oraz na południe od Rudawy i w rejonie Wieliczki. Miąższości w od kilku cm do około 16 m, średnio około 4.5 m. Strop osadów występuje na głębokości około 2.5 m p.p.t.
9			Rz-P	Osady rzeczno-teryglacjalne	Piaski i żwiry	Obszarowo zajmują znaczne powierzchnie. Utwory te są dominującymi osadami w profilu tarasu średniego, szeroko rozprzestrzenionego na terenie aglomeracji krakowskiej i występują wzdłuż współczesnej krawędzi doliny Wisły, zarówno w północy jak i na wschodzie aglomeracji. Średnia głębokość do stropu osadów - 4.5 m p.p.t. Średnia miąższość w profilu - około 6 m.
10			Rz	Osady tarasów akumulacyjnych	Piaski drobno- i średnioziarniste, pyły, żwiry	Występują głównie w środkowej części doliny Wisły wchodząc w skład tarasu średniego. W części południowej aglomeracji obszary występowania serii są znacznie większe niż w północnej części miasta. Średnia miąższość osadów - 5 m. Strop osadów - od kilku do kilkunastu m p.p.t.
11			W-D	Osady lessopodobne	Gliny pylaste, pyły, gliny pylaste zwięzłe, piaski pylaste	Występują w północno-wschodniej i północnej części Krakowa, na obszarze Woli Justowskiej, na W od Bronowic oraz w S i SE części aglomeracji (Wieliczka i okolice) Średnia miąższość osadów - około 4 m Strop osadów - średnio około 4.5 m p.p.t.
12		złodowacenie środkowopolskie	Rz	Aluwia, osady korytowe	Żwiry	Tworzą rozległą pokrywę w północnej części miasta, pomiędzy współczesnym korytem Rudawy i Dłubni. Do głębokości 4 m p.p.t. występują sporadycznie. Średnia miąższość - około 4 m Strop osadów - średnio około 8 m p.p.t.
13			Rz-P	Osady rzeczno-teryglacjalne	Piaski i żwiry	Licznie występują w NW części aglomeracji. Na N od centrum Krakowa występują bliżej powierzchni. W centrum i na wschód od centrum aż po dolinę Dłubni osady serii 13 zalegają głębiej. Średnia miąższość - około 6 m Strop osadów - średnio około 5 m p.p.t.
14		złodowacenie południowopolskie	Rz	Osady tarasów akumulacyjnych	Żwiry, w tym osady karpackie	Osady serii występują sporadycznie w okolicach Kobierzyna, Borka Fałęckiego oraz w rejonie Pasternika. Średnia miąższość - około 2 m. Strop osadów - średnio około 9 m p.p.t.
15			G, F	Osady lodowcowe (w tym morenowe) i wodnolodowcowe	Gliny pylaste, gliny pylaste zwięzłe, gliny piaszczyste, gliny, piaski i żwiry.	Występują najczęściej w rejonie Pasternika, Prądnika Białego oraz na południu Krakowa pomiędzy Skotnikami a Wieliczką. W profilu występują zarówno na powierzchni jak i są przykryte niewielką miąższością osadów Średnia miąższość - około 4 m. Strop osadów - średnio około 4 m p.p.t.

**NEOGEN**

16	NEOGEN	Pliocen	Zw-Rz	Osady zwietrzelinowe i z rozmycia (rzeczne)	Żwiry	Zostały stwierdzone w kilku otworach w rejonie Pasternika i Biezanowa. Średnia miąższość - około 2 m. Strop osadów – średnio około 12 m p.p.t.			
17			MIOCEN	M	Osady morskie, litoralne	Iły margliste z wkładkami piaszczystymi (warstwy grabowieckie)	Zostały wydzielone w rejonie Swoszowic oraz Wieliczki. Występują w formie cienkich soczewek piasków, pyłów i ilów piaszczystych wśród osadów ilastych. Średnia miąższość - około 5 m. Strop osadów – średnio około 5.5 m p.p.t.		
18						Piaski i piaskowce (warstwy bogucickie)	Warstwy bogucickie wykształcone jako piaski i piaskowce występują w obrębie warstw grabowieckich. Występują w rejonie Wieliczki i Biezanowa. Średnia miąższość - około 3.5 m. Strop osadów – od 0 do kilkunastu m p.p.t.		
19						Iły i mułowce z wkładkami piasków i tufitów (warstwy chodenickie)	Duże, zwarte obszary występowania stwierdzono w rejonie Pasternika oraz od Kobierzyna po Wieliczkę w S części aglomeracji. Na dużej części obszaru występowania pojawiają się na powierzchni lub przykryte są jednie warstwą gleby. Miąższość tej serii wynosi do kilkudziesięciu metrów, a jej strop zalega na głębokości od 0 do około 30 m, lokalnie nawet więcej.		
20						CH-M	Osady chemiczne	Gipsy, gipsy i sole, wyjątkowo wapienie osiarkowane (formacja z Wieliczki)	Występują w dużej ilości na południu Krakowa w rejonie między Skotnikami, Wołą Duchacką i Piaskami. Pojedyncze wystąpienia zlokalizowane są w rejonie Wieliczki i NW części aglomeracji. Średnia miąższość utworów wynosi 4,5 m, sporadycznie pojawiają się miąższości przekraczające 20 m. Występują głównie na powierzchni bądź przykryte cienką warstwą nadkładu (średnia głębokość stropu 4 m p.p.t.).
21						M	Osady morskie	Iły i iły piaszczyste z wkładkami piasków lub żwirowców ilastych z fragmentami skał fliszowych (warstwy skawińskie)	Są szeroko rozpowszechnione w centralnej i zachodniej części Krakowa. Zwarte wydzielania pojawiają się w okolicy Zakrzówka i Podgiorza, Prądnika Białego i Czerwonego oraz Modlniczki. Średnia miąższość - około 4 m. Strop osadów – średnio około 6 m p.p.t.
22						M	Osady morskie	Iły i mułowce	Utwory serii 22 szeroko rozpowszechnione na S od Wisły. Na północy występują w okolicy Wzgórz Krzesławickich. Średnia miąższość - około 4 m. Strop utworów występuje średnio na głębokości około 7 m p.p.t.

23				L	Osady litoralne i jeziorne	Wapienie i margle (caliche), wapienie ostrygowe, ily i margle słodkowodne	Występują bardzo rzadko (punktowo). Największe nagromadzenie osadów występuje w środkowej i W części aglomeracji. Pojedyncze wystąpienia znajdują się w rejonie Czyżyn, między Bronowiczami a Łobzowem oraz między Stradomiem a Starym Miastem. Średnia miąższość wynosi około 2.5 m. Strop osadów występuje na głębokości od kilku do kilkudziesięciu m p.p.t.
----	--	--	--	---	----------------------------	---	---

**PALEOGEN**

24	PALEOGEN			M	Osady morskie	Iły, ily z krzemieniami, piaski	Osadów tej serii nie stwierdzono w profilach otworów należących do bazy danych atlasu.
25				M	Osady zwietrzelinowe	Rumosze z krzemieniami, piaski, ily	Występują w rejonie Podgórze, Stradomia, Salvatora, Mydlnik Utwory serii występują na zróżnicowanych głębokościach – od 0 do 65 m p.p.t., a stwierdzona w otworach jej miąższość nie przekracza 10 m.

**KREDA GÓRNA**

26	KREDA GÓRNA	SENON		M	Osady morskie, epikontynentalne	Margle i opoki, miejscami z czertami	Osady tej serii występują nielicznie w profilach. pomiędzy dolinami Prądnika (Białuchy) i Dłubni oraz w rejonie Zakrzówka i Bonarki. Występowanie stropu utworów tej serii jest zróżnicowane i waha się od 0 do ponad 60 m p.p.t., najczęściej występuje na głębokości kilkunastu m p.p.t. Miąższość stwierdzona otworami bazy danych atlasu nie przekracza 10 m.
27		TURON		M	Osady morskie, epikontynentalne	Wapienie i zlepieńce	Występują w kilku otworach na północy opracowania (rejon Prądnika Czerwonego i Batowic) o raz na mniejszych głębokościach w okolicach Pychowic, i Zakrzówka. Średnia miąższość do (1.5 m)

28		CENOMAN		M	Osady morskie, epikontynentalne	Piaskowce kwarcytowe z krzemieniami i piaski, zlepieńce	Brak otworów zawierających serię 28. W oparciu o materiały archiwalne do tej serii zalicza się piaskowce kwarcytowe z krzemieniami o średnicy do kilkunastu cm z domieszką otoczków kwarcu. Występują w rejonie Pychowic, Podgórze i w N części aglomeracji. Miąższość – do kilkunastu m.
----	--	---------	--	---	---------------------------------	---	---

### JURA GÓRNA

29	JURA GÓRNA (MALM)	OKSFORD – KIMERYD		M	Osady morskie	Wapienie z wkładkami margli i wapieni skalistych, wapienie skaliste wapienie ławicowe z krzemieniami, płytowe, w stropie lokalnie zsylikowane lub zdolomityzowane	Na terenie aglomeracji występują one blisko powierzchni terenu w strefie występowania zrębów tektonicznych (Tynec, Zakrzówek, Bonarka, Wawel, Las Wolski) oraz w północnej i północno-zachodniej części miasta. Strop utworów węglanowych zalega na głębokości od 0 (zręby tektoniczne) do kilkudziesięciu m p.p.t. (rowy tektoniczne).
----	-------------------	-------------------	--	---	---------------	---	---

<b>Karpaty</b>							
30	<b>CZWARTO- RZĘD RZĘD</b>			ZW	Osady zwietrzelinowe i koluwia	Gliny, gliny z rumoszem, iły, piaski, piaski gliniaste, pyły	Występują generalnie w południowej i południowo-wschodniej części aglomeracji krakowskiej (okolice Wieliczki). Często w profilu tej serii spotyka się okruchy skał fliszu karpackiego. Średnia miąższość - około 4 m.
31	<b>KREDA – PALEOGEN</b>			M	Osady morskie	Piaskowce, łupki, mułowce fliszu karpackiego (jedn. podśląska)	Osady tej serii należą do fliszowych Karpat zewnętrznych jednostki podśląskiej. Wykształcone są w postaci piaskowców i łupków warstw ciężkowickich, lgockich i wierzowskich. Serie została stwierdzona w otworach należących do bazy danych atlasu na południe i południowo-zachód od Wieliczki. Strop osadów piaskowcowo-łupkowo-mułowcowych znajduje się na głębokości około 10 m p.p.t.

A-antropogeniczne, CH-chemiczne, D-deluwialne, F-fluwioglacjalne, G-glacjalne, H-organiczne (humus), L-litoralne i jeziorne, M-morskie, Rz-rzeczne, Rz-P rzeczno-peryglacjalne, W-eoliczne, W-D-eoliczno-deluwialne, Zw-zwietrzelinowe, Zw-Rz-zwietrzelinowo-rzeczne

## **6. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKICH**

### **6.1. Opis serii geologiczno – inżynierskich**

Charakterystykę poszczególnych serii geologiczno–inżynierskich opracowano na podstawie materiałów archiwalnych zebranych podczas realizacji tematu. Podane w tabelach parametry gruntów i skał budujących poszczególne serie pochodzą z badań laboratoryjnych wykonanych w ramach analizowanych dokumentacji.

#### **CZWARTORZĘD - HOLOCEN**

##### **Seria 1 - nasypy budowlane i niebudowlane**

Nasypy budowlane i niebudowlane występują praktycznie na całym obszarze aglomeracji, zwłaszcza w centrum Krakowa, Nowej Huty i Wieliczki. W skład serii wchodzi następujące rodzaje gruntów: pyły, gliny, piaski, żwiry z gruzem, kawałkami drewna itp., a także hałdy poprzemysłowe (przemysł hutniczy i chemiczny).

Należy tu wyróżnić dwa rodzaje nasypów. Pierwszy to nasypy budowlane, które powstały w sposób kontrolowany przy realizacji różnych inwestycji, między innymi celem zniwelowania nierówności powierzchni terenu, a więc nie znajdują odzwierciedlenia w analizowanych wierceniach. Drugi rodzaj to nasypy powstałe w sposób niekontrolowany, jako składowiska różnorodnych odpadów stałych takich jak gruz, cegła, fragmenty drewna, częściowo odpady z hutnictwa, wymieszane i wypełnione gruntami zarówno sypkimi jak i spójnymi, o różnej granulacji i konsystencji. Podobnie jak nasypy przemysłowe wypełniają one lokalne zagłębienia powierzchni terenu, mają również charakter nasypów nadpoziomowych.

Mogą one być źródłem zanieczyszczenia środowiska, przede wszystkim płytkiego podłoża i wód gruntowych.

Nasypy niekontrolowane uważa się za nie nadające się do bezpośredniego posadowienia obiektów głównie ze względu na ich bardzo niejednorodny skład oraz zróżnicowany i zmienny stan zagęszczenia, co powoduje, że obciążone wykazują bardzo nierównomierne osiadania. W przypadku konieczności zabudowy terenu pokrytego takimi nasypami zaleca się usunięcie ich z podłoża.

Jeszcze innym rodzajem nasypów są wysypiska komunalne, te utworzone w sposób niekontrolowany, powstałe na przestrzeni kilkuset lat znacznie zanieczyszczające



środowisko, zarówno powietrze jak i podłoże, oraz powstające w ostatnich latach wysypiska komunalne zgodne z wymogami ochrony środowiska.

Obszary występowania osadów serii nr 1 należy uznać za niekorzystne dla budownictwa w rejonach gdzie miąższość antropogenu przekracza 1 m.

### **Seria 2 - gleby**

Rodzaj gleby zależy od gruntu lub skały występującej w podłożu. Miąższość gleb na terenie aglomeracji krakowskiej wynosi 0,1 – 1,0 m, najczęściej 0,2 – 0,3 m. W opracowaniu nie rozróżniono rodzaju gleby. Rodzaj i niewielka miąższość gleb nie mają znaczenia dla zagadnień geologiczno-inżynierskich.

### **Seria 3 – osady rzeczno-deluwialne den dolin**

Osady zboczowe (deluwia) występują w północnej i południowej części aglomeracji. Wykształcone są głównie jako piaski i gliny piaszczyste z okruchami skał podłoża i występują w dolnych częściach stoków oraz u ich podnóży. Charakteryzują się miąższością do kilku metrów.

Obszary występowania tych gruntów należy uznać za mało korzystne dla budownictwa.

Osady rzeczno-deluwialne den dolin towarzyszą najczęściej powierzchniom niskich tarasów, czasem występują w obrębie starorzeczy. Największa koncentracja występowania tych utworów znajduje się w rejonie Rybitw. Wykształcone są jako namuły, piaski i żwiry.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 3 występują na głębokości od 0,5 do 11,6 m p.p.t, średnio 2,3 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle swobodnym, lokalnie mogą występować pod niewielkim naporem. Poziom jest nieciągły i występuje lokalnie w północno- i południowo zachodniej oraz północnej i południowej części aglomeracji (tabela IV).

Obszary nagromadzenia osadów serii nr 3 są mało korzystne dla budownictwa.

Parametry gruntów ilustruje tabela III.

### **Seria 4 - torfy**

Zaliczono tu torfy z przewarstwieniami namułów, piasków pylastych i pyłów.

Występują rzadko i na niewielkich obszarach. Na powierzchni występują głównie w zachodniej części terenu w rejonie Kostrza, Bodzowa, i Pychowic, natomiast w rejonie ronda mogińskiego, Rybitw i Czyżyn zalegają pod nakładem o niewielkiej miąższości.

Mięszczość torfów dochodzi do około 3 m. W torfowiskach przeważa torf tużycowo-trzciniowy, a oprócz tego spotykane są torfy olchowe, turzycowo-mszyste i in.

Towarzyszą najczęściej powierzchniom niskich tarasów (wzdłuż dolin Wisły, Rudawy, Białuchy i Wilgi), czasem występują w obrębie starorzeczy oraz wypełniają zagłębienia bezodpływowe (południowa część aglomeracji).

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 4 występują na głębokości od 0,1 do 9,4 m p.p.t, średnio 2,6 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle swobodnym, lokalnie mogą występować pod niewielkim naporem. Poziom jest nieciągły i występuje lokalnie w rejonie Czyżyn, Kobierzyna i Rybitw (tabela IV).

Rejony występowania gruntów organicznych, najczęściej zawodnionych, stanowią w efekcie obszary, na których praktycznie wyklucza się posadowienie obiektów bez wcześniejszej wymiany lub wzmocnienia podłoża gruntowego. Jednakże z powodu ich małej miąższości oraz występowania na niewielkich obszarach, nie mają one istotnego znaczenia dla zagadnień geologiczno-inżynierskich omawianego obszaru. Jednakże w przypadku większej miąższości seria ta stanowi o niekorzystnych warunkach posadowienia ze względu na dużą ściśliwość i małą nośność.

Parametry fizyczne gruntów ilustruje tabela III.

### **Seria 5 – namuły, piaski i żwiry rzeczne**

Występują na holocenijskim tarasie zalewowym w dolinach większych rzek omawianego obszaru, zwłaszcza Wisły, a także Rudawy, Białuchy, Dłubni i Wilgi. Holocenijskie osady akumulacji rzecznej (namuły, pyły, piaski o różnej granulacji, żwiry) wypełniające dolinę Wisły rozprzestrzenione są pasem o szerokości od 400 m do 5 km. W przyujściowych fragmentach dolin dopływów Wisły osady tej serii budują mięzse (do kilkunastu metrów) stożki napływowe.

Mady wykształcone są głównie jako pyły piaszczyste, pyły i sporadycznie ility pylaste. Występują w nich domieszki substancji organicznej.

Mięszczość mad wynosi przeważnie od 0,5 do 4 m, przy czym maksymalną miąższość osiągają w dolinie Wisły. Tarasy zalewowe z którymi związane jest występowanie mad charakteryzują się wysokością względną do 2 m, rzadziej do 5 m nad poziomem rzeki. W obrębie tych form geomorfologicznych zwierciadło wody występuje przeważnie na głębokości od 1 do 5 m.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 5 występują na głębokości od 0,1 do 19,7 m p.p.t, średnio 3,7 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle swobodnym, lokalnie mogą występować pod niewielkim naporem. Poziom ma charakter ciągły i występuje wzdłuż doliny Wisły i jej dopływów (tabela IV).

Obszary występowania mad określa się jako mało korzystne dla budownictwa, przede wszystkim z powodu płytkiego położenia zwierciadła wód gruntowych oraz możliwości obniżenia parametrów wytrzymałościowych gruntów w wyniku obecności słabonośnych przewarstwień. W przypadku potrzeby fundamentowania konieczne będzie wykonanie specjalnych badań i zabiegów inżynierskich jak odwodnienie terenu czy zwiększenie nośności podłoża, np. przez jego wzmocnienie.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 6 – piaski eoliczne**

Są to piaski średnie i grube o zmatowiałych ziarnach. Rozwinęły się w obrębie tarasu średniego oraz na piaskach lodowcowych wzgórz w Kobierzynie i Rącznej.

Zalegają na głębokości od 0 do około 10 m p.p.t., a ich miąższość waha się od kilkudziesięciu centymetrów do około 6 m, lokalnie może osiągnąć nawet 9 m.

Omawiane piaski eoliczne są przeważnie średniozagęszczone lub luźne, mało wilgotne, bez zawartości  $\text{CaCO}_3$  i występują powyżej zwierciadła wody gruntowej.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 6 występują na głębokości od 0,7 do 8,6 m p.p.t, średnio 2,1 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle swobodnym, lokalnie mogą występować pod niewielkim naporem. Poziom jest nieciągły i występuje lokalnie w Borku Fałęckim i Prokocimiu (tabela IV).

Obszary występowania osadów eolicznych są generalnie mało korzystne dla budownictwa. Dodatkowe znaczenie będą miały inne czynniki m.in. głębokość do zwierciadła wód gruntowych. Większe spadki terenu zdecydowanie pogarszają warunki geologiczno-inżynierskich na obszarach wychodni tych utworów.

Tabela III ilustruje parametry fizyczne i mechaniczne piasków eolicznych.

### **Seria 7 – osady starorzeczy**

Osady tej serii występują w obrębie doliny Wisły, szczególnie w środkowej i wschodniej części aglomeracji. Zajmują pozycję w obrębie tarasu niskiego

i reprezentowane są przez plastyczne gliny, gliny zwięzłe, gliny pylaste, pyły, niekiedy laminowane. W profilu litologicznym starorzeczy zlokalizowanych blisko krawędzi tarasu średniego, w miejscach gdzie dolina była zabagniona, tworzyły się torfy. Miąższość utworów wypełniających starorzecza waha się w granicach od kilkudziesięciu cm do 3,5 m, a w rejonie Mogiły i Pleszowa ich miąższość dochodzi do 6 m. Osady starorzeczy często, szczególnie w starych meandrach, przykryte są madami.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 7 występują na głębokości od 0,8 do 5,8 m p.p.t, średnio 3,1 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle, które występują pod niewielkim ciśnieniem i stanowią poziom nieciągły, słabozawodniony. Poziom występuje wzdłuż doliny Wisły, na wschód od centrum miasta (tabela IV).

Obszar występowania osadów wypełniających starorzecza posiada niekorzystne warunki budowlane.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

## **CZWARTORZĘD - PLEJSTOCEN**

### **Seria 8 – osady eoliczne (lessy)**

Serię budują lessy (pyły, gliny pylaste, gliny zwięzłe) zaliczane do górnego stadiału zlodowacenia północnopolskiego. Są one dwudzielne. Niższa część, tzw. less młodszy dolny, jest barwy brunatno-rdzawej o miąższości do kilku metrów i występuje w środkowo-zachodniej części aglomeracji. Less młodszy górny to typowy, eoliczny less barwy żółtej. Jest on nieuwarstwiony i zazwyczaj wapnisty. Łączna miąższość osadów zaliczanych do tej serii wynosi kilkanaście metrów. Występuje ona głównie północnej części aglomeracji leżąc na wzniesieniach i górnych partiach stoków oraz na osadach piaszczystych tarasu średniego w zachodniej części miasta. W południowej części aglomeracji (okolice Wieliczki) osady eoliczne spotykane są rzadziej i genetycznie posiadają charakter osadów eoliczno-deluwialnych.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 8 występują na głębokości od 0,2 do 14,5 m p.p.t, średnio 5,6 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym, lokalnie swobodnym. Poziom jest nieciągły i występuje lokalnie w rejonie Prądnika, Mistrzejowic, Wzgórz Krzesławickich, Prokocimia i Bieżanowa (tabela IV).

Pod względem przydatności do budownictwa są to grunty mało korzystne. Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 9 – osady rzeczno-peryglacjalne**

Do osadów serii rzeczno-peryglacjalnych zlicza się piaski i żwiry zlodowacenie północnopolskiego. Piaski są drobne i średnie, warstwowane, niekiedy z wkładkami żwirów. W dolinie Rudawy żwiry są wapienne, natomiast w dolinie Wisły w ich skład wchodzi głównie piaskowce karpackie. W pobliżu zboczy występują wkładki piasków gliniastych i pyłów. Utwory te są dominującymi osadami w profilu tarasu średniego, szeroko rozprzestrzenionego na terenie aglomeracji krakowskiej i występują wzdłuż współczesnej krawędzi doliny Wisły, zarówno w północy jak i na wschodzie aglomeracji. Miąższość tych osadów dochodzi do około 20 m.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 9 występują na głębokości od 0,3 do 21,9 m p.p.t, średnio 6,7 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle swobodnym, lokalnie mogą występować pod niewielkim naporem. Poziom jest nieciągły i występuje wzdłuż krawędzi doliny Wisły. W rejonie Czyżyn w obrębie tej serii nie występuje poziom wodonośny (tabela IV).

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych, przy czym rodzaj zabudowy uwarunkowany jest głębokością występowania zwierciadła wody gruntowej.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 10 – osady tarasów akumulacyjnych**

Grunty te genetycznie związane są z zasypaniem den dolinnych występujących na wyerodowanej wysoczyźnie. Wykształcone są w postaci piasków średnich i drobnych często ze żwirem niekiedy pylastych i zaglinionych. Lokalnie występują wkładki pyłów. Są one dobrze obtoczone, o barwie szarej lub żółtej, warstwowane poziomo lub przekątnie. Zawierają czasem domieszkę części organicznych. Piaski te na powierzchni występują głównie w środkowej części doliny Wisły wchodząc w skład tarasu średniego. Ich miąższość dochodzi do 20 m.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 10 występują na głębokości od 0,3 do 20,3 m p.p.t, średnio 8,1 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle swobodnym, lokalnie mogą występować pod niewielkim naporem. Poziom jest ciągły i występuje wzdłuż krawędzi doliny Wisły. W rejonie Czyżyn

i kombinatu metalurgicznego w Nowej Hucie w obrębie tej serii nie występuje poziom wodonośny (tabela IV).

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych, przy czym rodzaj zabudowy uwarunkowany jest głębokością występowania zwierciadła wody gruntowej, a także od zawartości części organicznych i obecności przewarstwień pyłów.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 11 – osady lessopodobne**

Serię budują osady eoliczno-deluwialne występujące w rejonie Wieliczki w południowo-wschodniej części obszaru oraz w północnej i w mniejszym stopniu północno-zachodniej części aglomeracji. Są to gliny pylaste i gliny pylaste zwięzłe z przewarstwieniami piasków pylastych i pyłów o miąższości do kilkunastu metrów.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 11 występują na głębokości od 0,3 do 16,1 m p.p.t, średnio 5,0 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle lekko naporowym, lokalnie swobodnym. Poziom jest nieciągły i zawodniony tylko lokalnie w rejonie Nowej Hucie i południowo-wschodniej części miasta (tabela IV).

Omawiany obszar występowania tych gruntów należy uznać za mało korzystny dla budownictwa.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 12 – aluwia, osady korytowe**

Osady tej serii należą do zlodowacenia środkowopolskiego i wykształcone są w postaci żwirów tworzących rozległą pokrywę w północnej części miasta, pomiędzy współczesnym korytem Rudawy i Dłubni. W skład tej serii wchodzi przede wszystkim żwirowiska wapienne. Wiek tych utworów należy odnieść do końcowego okresu zlodowacenia środkowopolskiego, kiedy topniejący na północy lodowiec dostarczał duże ilości wód rzekom spływającym na południe. Największe nagromadzenie tych osadów występuje w stożku napływowym Białuchy (Prądnika). Miąższość tej serii waha się w granicach od 1 do około 10 m.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 12 występują na głębokości od 2,3 do 15,0 m p.p.t, średnio 7,1 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle lekko naporowym, lokalnie swobodnym. Poziom jest nieciągły i występuje w rejonie Prądnika, Grzegórzek, Dąbia i Dębniak (tabela IV).

Omawiany obszar występowania tych gruntów należy uznać za korzystny dla budownictwa.

### **Seria 13 – osady rzeczno-peryglacjalne**

Są to osady zlodowacenia środkowopolskiego reprezentowane przez piaski od drobnych do grubych z wkładkami żwirów i pyłów, które niekiedy tworzą ich nadkład. Do osadów tych zalicza się także piaski podścielające lessy. Największe nagromadzenie tych utworów obserwuje się w północno-zachodniej części aglomeracji. Miąższość tej serii najczęściej wynosi od kilku do kilkunastu metrów.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 13 występują na głębokości od 0,7 do 22,0 m p.p.t, średnio 8,0 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle lekko naporowym, lokalnie swobodnym. Poziom jest ciągły i występuje w północnej części miasta, natomiast w części środkowej aglomeracji w serii tej nie występują wody podziemne (tabela IV).

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych, przy czym rodzaj zabudowy uwarunkowany jest głębokością występowania zwierciadła wody gruntowej, a także obecności pyłów w stropowej części serii.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 14 – osady tarasów akumulacyjnych**

Utwory tej serii należą do zlodowacenia południowopolskiego i na terenie aglomeracji spotykane są sporadycznie. Nie mają one praktycznie znaczenia w aspekcie przydatności dla budownictwa. Stanowią je głównie żwiry z materiałem karpackim o niewielkiej miąższości od kilkunastu centymetrów do 3 m. Zalegają one w północno-zachodniej (Pasternik) oraz na południe od Wisły w rejonie Borku Fałęckiego.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 14 występują na głębokości od 8,0 do 19,3 m p.p.t, średnio 11,7 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym. Poziom jest nieciągły i jest rozpoznany punktowo w rejonie Prądnika i Kobierzyna (tabela IV).

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych.

### **Seria 15 – osady lodowcowe (w tym morenowe) i wodnolodowcowe**

Grunty te genetycznie związane są z akumulacją glacialną związaną ze zlodowaceniem południowopolskim i reprezentowane są przez gliny zwałowe

(gliny pylaste, gliny pylaste zwięzłe, gliny piaszczyste), gliny, piaski i żwiry lodowcowe. Gliny zwałowe zachowane są szczątkowo w formie izolowanych płatów. Zalegają one bezpośrednio na utworach podłoża czwartorzędowego (jura, kreda, neogen) i wypełniają wyerodowane obniżenia. Miąższość tych glin wynosi kilka metrów. Z utworami morenowymi genetycznie związane są piaski wodnolodowcowe i żwiry z materiałem skał skandynawskich, wapieni i krzemieni jurajskich, piaskowców karpaccich, wapieni miocęńskich i skał krystalicznych. Piaski lodowcowe są drobno i średnioziarniste, niekiedy zailone i lokalnie posiadają wkładki żwirów. Osady tej serii o łącznej miąższości do około 10 m tworzą pokrywy na zboczach i wzgórzach głównie w południowej części (od Borku Fałęckiego po Biezanów) oraz w północno-zachodniej i północnej części miasta w rejonie Pasternika, Prądnika Czerwonego i Mistrzejowic.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 15 występują na głębokości od 0,1 do 29,8 m p.p.t, średnio 3,7 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym, lokalnie swobodnym. Poziom jest nieciągły i występuje w północno-zachodniej, północnej i południowej części aglomeracji krakowskiej (tabela IV)..

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

## **NEOGEN – PLIOCEN**

### **Seria 16 – osady zwietrzelinowe i z rozmycia (rzeczne)**

Osady pliocenu powstały w wyniku wietrzenia skał mezozoicznych oraz rozmywania osadów neogenu. Reprezentowane są przez żwiry kwarcowe, krzemieni jurajskich i zsylikowanych wapieni oraz opok kredowych. Występują one punktowo w północno-zachodniej (Pasternik) oraz południowo-wschodniej (Biezanów) części aglomeracji krakowskiej. Tworzą one cienkie pokrywy o miąższości do około 3 m na ściętych przez powierzchnię zrównania łańcuch badenu.

Wody podziemne w obrębie serii nr 16 stwierdzono tylko w jednym otworze (Biezanów) należącym do bazy danych atlasu i występują w stanie swobodnym na głębokości 7,0 m p.p.t. (tabela IV).

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych.



## **NEOGEN – MIOCEN**

### **Seria 17 – osady morskie, litoralne**

Warstwy grabowieckie występują w południowej części aglomeracji krakowskiej w rejonie Wieliczki i Swoszowic. Wykształcone są one jako szare ły piaszczyste z wkładkami pyłów i piasków drobnych występujących w formie cienkich soczewek w obrębie utworów ilastych. Miąższość tej serii stwierdzona w kilkudziesięciu otworach należących do bazy atlasu nie przekracza 4 m.

Wody podziemne w obrębie serii nr 17 stwierdzono tylko w jednym otworze (Wieliczka) należącym do bazy danych atlasu i występują w stanie swobodnym na głębokości 7,1 m p.p.t. (tabela IV).

Omawiany obszar występowania tych gruntów należy uznać za korzystny dla budownictwa.

### **Seria 18 – osady morskie, litoralne**

Warstwy bogucickie wykształcone jako piaski i piaskowce występują w obrębie wyżej opisanych warstw grabowieckich. Ze względu na duże rozprzestrzenienie, jednorodny charakter osadów i dużą miąższość utwory te zostały wyodrębnione w postaci odrębnej serii. Na terenie aglomeracji piaski bogucickie występują w południowej i południowo-wschodniej części terenu (Bieżanów, Wieliczka) na głębokości od 0 do kilkunastu metrów p.p.t. Miąższość serii w otworach należących do bazy atlasu dochodzi do 8 m.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 18 występują na głębokości od 3,5 do 13,6 m p.p.t, średnio 9,8 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym. Poziom jest ciągły i występuje w południowo-wschodniej części aglomeracji krakowskiej (Bieżanów, Wieliczka) (tabela IV).

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych.

### **Seria 19 – osady morskie, litoralne**

Osady tej serii zaliczane do warstw chodenickich na terenie aglomeracji występują w północno-zachodniej (Pasternik), południowej (Ruczaj, Borek Fałęcki, Łagiewniki, Wola Duchacka) oraz południowo-wschodniej (Wieliczka). Wykształcone są jako szare ły i mułowce, niekiedy z wkładkami piasków pylastych i tufitów. Miąższość tej serii wynosi

do kilkudziesięciu metrów, a jej strop zalega na głębokości od 0 do około 30 m, lokalnie nawet więcej.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 19 występują na głębokości od 0,3 do 10,3 m p.p.t, średnio 3,3 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle swobodnym, lokalnie naporowym. Poziom jest nieciągły i występuje w rejonie Woli Duchackiej, Łagiewnik, Kobierzyna i Pasternika (tabela IV).

Omawiany obszar występowania tych gruntów należy uznać za korzystny dla budownictwa.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 20 – osady chemiczne i morskie**

Utwory tej serii występują na terenie aglomeracji występują w południowej (Ruczaj, Borek Fałęcki, Łagiewniki, Wola Duchacka, Swoszowice, Kurdwanów) oraz lokalnie w okolicach Wieliczki, Dąbia, Pasternika, Nowego Kleparza i Toni. Wykształcone są jako ily z wkładkami gipsów. Ku południowi gipsy przechodzą w serię solną rozciągającą się od Baryczy, przez Wieliczkę i dalej na wschód. W rejonie Swoszowic lokalnie występują osiarkowane wapienie, które były obiektem eksploatacji od XV do XIX wieku. Miąższość tej serii wynosi do około 20 metrów, a jej strop zalega na głębokości od 0 do około 120 m.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 20 występują na głębokości od 0,3 do 9,6 m p.p.t, średnio 3,9 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym. Poziom jest nieciągły i występuje w rejonie południowej części aglomeracji (Wola Duchacka) (tabela IV).

Omawiany obszar występowania tych gruntów należy uznać za korzystny dla budownictwa.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 21 – osady morskie**

Utwory zaliczane do tej serii występują na terenie aglomeracji krakowskiej generalnie na zachód linii Dąbie – Prokocim. Wykształcone są one jako ily, rzadziej mułowce z cienkimi wkładkami piaskowców. W spągu warstw skawińskich lokalnie występują zwirowce. Miąższość tej serii wynosi do kilkudziesięciu metrów, a jej strop zalega na głębokości od 0 do około 140 m.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 21 występują na głębokości od 0,3 do 8,5 m p.p.t, średnio 3,5 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym. Poziom jest nieciągły i występuje lokalnie w rejonie Pasternika, Łagiewnik i Ruczaju (tabela IV).

Omawiany obszar występowania tych gruntów należy uznać za korzystny dla budownictwa.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 22 – osady morskie i chemiczne**

Do tej serii zalicza się osady, których nie można jednoznacznie przypisać do serii nr 17 – 21. Utwory tej serii wykształcone są jako ily i mułowce występujące w środkowej i wschodniej części aglomeracji krakowskiej.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 22 występują na głębokości od 0,9 do 37,5 m p.p.t, średnio 6,6 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym. Poziom jest nieciągły i występuje w południowej części aglomeracji krakowskiej (Prokocim, Bieżanów, Wieliczka) (tabela IV).

Omawiany obszar występowania tych gruntów należy uznać za korzystny dla budownictwa.

Parametry fizyczne gruntów budujących tę serię ilustruje tabela III.

### **Seria 23 – osady litoralne i jeziorne**

Osady tej serii występują lokalnie w środkowej części aglomeracji krakowskiej (Przegorzały, Bodzów, Pychowice, Wawel). Utwory wykształcone są jako wapienie zawierające gruboskorupowe ostrygi. Niekiedy wapienie mają charakter marglisty i przechodzą w margle. Lokalnie na wapieniach lub marglach tworzyły się naskorupienia typu caliche. Strop tej serii występuje na głębokości od 0,8 do 64,4 m p.p.t., a stwierdzona w otworach należących do bazy danych atlasu miąższość waha się w granicach od 0,5 do 4,2 m.

W otworach należących do bazy danych atlasu nie stwierdzono poziomu wodonośnego w obrębie serii nr 23.

Omawiany obszar występowania tych gruntów należy uznać za korzystny dla budownictwa.

## **NEOGEN - PALEOGEN**

### **Seria 24 – osady morskie**

Osady tej serii nie zostały stwierdzone w żadnym z otworów należących do bazy danych atlasu. Na podstawie geologicznych materiałów archiwalnych do tych osadów zalicza się drobne piaski, niekiedy zailone z wkładkami iłów (Gradziński, 1955; Rutkowski 1989b, 1989c, 1993). Piaski lokalnie są scementowane krzemionką. Osady te tworzą pokrywy na utworach kredy i jury i nie występują na powierzchni terenu. Miąższość ich dochodzi do kilkunastu metrów. Utwory tej serii występują sporadycznie w zachodniej części aglomeracji.

Analiza geologicznych materiałów archiwalnych pozwala stwierdzić, że osady tej serii stanowią mało korzystne podłoże dla celów budowlanych.

### **Seria 25 – osady zwietrzelinowe**

Do serii tej zalicza się rumosze krzemienne wykształcone w wyniku procesów wietrzeniowych na wapieniach jurajskich i w lejach krasowych. Na osadach kredowych osady tej serii występują w postaci piasków i iłów. Rumosze krzemienne tworzą bryły o średnicy do 30 cm. Występują samodzielnie lub tkwią w iłach i rozpowszechnione są w zachodniej części aglomeracji krakowskiej.

Paleogeńskie piaski i iły tworzą pokrywy głównie na utworach kredy, rzadziej jury. Mogą też wypełniać kotły krasowe. Występują najczęściej na zrębach w rejonie Podgórze.

Utwory serii 25 występują na zróżnicowanych głębokościach – od 0 do 65 m p.p.t., a stwierdzona w otworach jej miąższość nie przekracza 10 m.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 25 występują na głębokości od 6,1 do 8,0 m p.p.t, średnio 6,9 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle lekko napiętym, lokalnie swobodnym. Poziom jest nieciągły i stwierdzony został lokalnie w rejonie centrum miasta (Wawel) (tabela IV).

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych.

## **KREDA GÓRNA**

### **Seria 26 – osady morskie, epikontynentalne**

Do serii tej zalicza się margle glaukonitowe i margle szare oraz wapienie margliste i opoki z czertami. Występują one najczęściej w północnej części aglomeracji, pomiędzy dolinami Prądnika (Białuchy) i Dłubni oraz w rejonie Zakrzówka i Bonarki. Występowanie

stropu utworów tej serii jest zróżnicowane i waha się od 0 do ponad 60 m p.p.t., najczęściej występuje na głębokości kilkunastu m p.p.t. Miąższość stwierdzona otworami bazy danych atlasu nie przekracza 10 m.

W obrębie serii nr 22 wody podziemne stwierdzono jedynie w dwóch otworach należących do bazy danych atlasu. Występują na głębokości od 2,2 do 2,3 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle swobodnym. Poziom występuje w rejonie Prądnika (tabela IV).

Omawiany obszar występowania tej serii należy uznać za korzystny dla budownictwa.

### **Seria 27 – osady morskie, epikontynentalne**

Osady serii wykształcone są w formie wapieni o różnym stopniu zapiaszczenia z otoczkami kwarcu oraz zlepieńców. Seria została stwierdzona w kilku otworach w Rejonie Prądnika i Batowic, a także Pychowic i Zakrzówka. Występują w postaci niewielkich płatów o miąższości nie przekraczającej kilku metrów.

W otworach należących do bazy danych atlasu nie stwierdzono poziomu wodonośnego w obrębie serii nr 27.

Omawiany obszar występowania tej serii należy uznać za korzystny dla budownictwa.

### **Seria 28 – osady morskie, epikontynentalne**

Utworów tej serii nie stwierdzono w żadnym z otworów należących do bazy danych atlasu. W oparciu o materiały archiwalne do tej serii zalicza się piaskowce kwarcytowe z krzemieniami o średnicy do kilkunastu centymetrów z domieszką otoczek kwarcu (Gradziński, 1955; Rutkowski 1989b, 1989c, 1993).

Analiza geologicznych materiałów archiwalnych pozwala stwierdzić, że osady tej serii stanowią mało korzystne podłoże dla celów budowlanych.

## **JURA GÓRNA – OKSFORD**

### **Seria 29 – osady morskie**

Osady tej serii stanowią kompleks osadów węglanowych reprezentowanych przez wapienie skaliste, ławicowe, płytowe. W profilu serii mogą występować wkładki margli. Na terenie aglomeracji występują one blisko powierzchni terenu w strefie występowania

zrębów tektonicznych (Tyniec, Zakrzówek, Bonarka, Wawel, Las Wolski) oraz w północnej i północno-zachodniej części miasta.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 29 występują na głębokości od 5,3 do 66,2 m p.p.t, średnio 19,3 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym. Poziom jest nieciągły i występuje na zachód od centrum miasta (tabela IV).

Osady tej serii stanowią korzystne podłoże dla celów budowlanych.

### ***Serie geologiczno-inżynierskie z obszaru Karpat na terenie aglomeracji krakowskiej***

Serie geologiczno-inżynierskie nr 30 i 31 należą do osadów fliszowych Karpat zewnętrznych oraz ich pokrywy zwietrzelinowej. Występują na terenie aglomeracji krakowskiej, na niewielkim jej fragmencie, w południowej części miasta w pasie od Opatkowic po Wieliczkę.

## **CZWARTORZĘD**

### **Seria 30 – osady zwietrzelinowe, koluwia osuwiskowe**

Do serii zalicza się gliny zwietrzelinowe, często z rumoszem, gliny piaszczyste, piaski, pyły. Lokalnie, na obszarze występowania osadów tej serii spotyka się koluwia osuwiskowe, w skład których wchodzi dodatkowo osady z fragmentami skał podłoża (piaskowce, łupki). Osady tej serii występują w południowej i południowo-wschodniej części aglomeracji, na południe od brzegu nasunięcia karpackiego na utwory neogenu.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 30 występują na głębokości od 0,6 do 16,1 m p.p.t, średnio 5,2 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym i swobodnym. Poziom jest nieciągły i występuje w południowo-wschodniej części aglomeracji (tabela IV).

Obszary występowania tej serii należy uznać za niekorzystne dla celów budowlanych.

### **31 – osady morskie**

Osady tej serii należą do fliszowych Karpat zewnętrznych jednostki podśląskiej. Wykształcone są w postaci piaskowców i łupków warstw ciężkowickich, lgockich i wierzowskich. Serie została stwierdzona w otworach należących do bazy danych atlasu na południe i południowo-zachód od Wieliczki.

Wody podziemne, stwierdzone w otworach należących do bazy danych atlasu, w obrębie serii nr 31 występują na głębokości od 5,5 do 8,5 m p.p.t., średnio 7,4 m p.p.t. Są to wody o zwierciadle naporowym, lokalnie swobodnym. Poziom jest nieciągły i występuje w południowej i południowo-wschodniej części aglomeracji (tabela IV).

Obszar występowania tych gruntów należy uznać za mało korzystny dla budownictwa (m.in. możliwość wystąpienia zjawisk geodynamicznych).

## **6.2. Mapy tematyczne**

Przy sporządzaniu opracowania pt. "Baza danych geologiczno – inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno – inżynierskiego aglomeracji krakowskiej" mapy tematyczne wykonywano komputerowo, w sposób automatyczny, na podstawie reprezentatywnych archiwalnych otworów wiertniczych zebranych w komputerowej bazie danych atlasu.

Dla całej aglomeracji krakowskiej mapy tematyczne przygotowano i wydrukowano w skali 1:100 000, 1:50 000 oraz 1:10 000.

Opracowano następujące mapy :

### **➤ Podział aglomeracji krakowskiej na arkusze w skali 1:100 000 (zał. 1)**

Na mapie przedstawiono zasięg opracowania wraz z podziałem na arkusze map topograficznych w skali 1:10 000. Arkusze zostały ponumerowane w kolejności od KRA01 do KRA30. Kolejność tą zachowano dla wszystkich map tematycznych.

Na mapie oprócz numeru arkusza umieszczono godła podkładów topograficznych, ich nazwy oraz skróty utworzone na potrzeby atlasu i zastosowane w bazie danych do opisu otworów archiwalnych, a także linie przekrojów geologiczno-inżynierskich.

### **➤ Mapa dokumentacyjna w skali 1: 10 000 (zał. 2.01 – 2.30)**

Mapa dokumentacyjna w skali 1:10 000 składa się z 30 arkuszy mapy topograficznej, na których zaznaczono wszystkie otwory uwzględnione w bazie danych geologiczno-inżynierskich aglomeracji krakowskiej, przebieg linii przekrojów geologiczno-inżynierskich oraz zasięg opracowania.

Tabela III

Parametry fizyczne i mechaniczne serii geologiczno-inżynierskich

NUMER SERII	LITOLOGIA	WILGOTNOŚĆ	STAN GRUNTU	WILGOTNOŚĆ NATURALNA	CIĘŻAR OBJĘTOŚCIOWY	GRANICA PŁYNNOŚCI	GRANICA PLASTYCZNOŚCI	STOPIEŃ PLASTYCZNOŚCI	WSKAŹNIK PLASTYCZNOŚCI	ZAWARTOŚĆ CZĘŚCI ORGANICZNYCH	SPÓJNOŚĆ	KĄT TARCIA WEWNĘTRZNEGO	MODUŁ ŚCISLIWOŚCI 1	MODUŁ ŚCISLIWOŚCI 2		
				minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna	minimalna
				maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna	maksymalna
				średnia	średnia	średnia	średnia	średnia	średnia	średnia	średnia	średnia	średnia	średnia	średnia	średnia
				liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych	liczba danych
				[%]	[kN/m <sup>-3</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]	[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
3	namuły	w	pl-60%	1,1	9	14,2	13,45	0,07	9,3	5	1	1	1100	13000		
			mpl-20%	89,9	20,6	126	52,2	0,5	65,3	36,1	58	25	22000	90000		
			tpl-20%	41,51	17,17	59,48	28,73	0,33	28,84	11,04	25,2	7,04	5072	17000		
			n=220	87	64	39	38	95	31	51	168	179	88	12		
	piaski	w-40 nw-40 m-20	szg-80%	3,5	17								21	17000	33800	
			zg-10%	26,9	20,9								33	87000	160000	
			ln-10%	11,51	19,05								26,34	56057	79433	
			n=56	16	17								29	26		
	glina	w	tpl-45%	11,7	18	22,3	11,2	0,1	11,1	1,6	11	2	8500			
			pl-40%	21,8	21,6	110,7	43	10	24,3	12,5	52	24	110000			
			mpl, pzw	16,9	19,78	43,21	22,82	2,21	16,09	4,31	29,38	10,11	47125			
			n=104	40	22	22	22	63	11	18	73	74	24			



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	iły	w	tpl  n=37	23,4	15,8	25,7	16,5	0,02	30,4		19	3	4146		
				46,8	20	87,9	40	3,3	39,8		61	16	27000		
				36,19	18,29	68,54	31,49	0,82	33,2		40	8,09	8665		
				16	13	13	13	23	6		30	32	11		
	pyły	w	tpl-60% pl-30% pzw,szg n=112	13,85	17,8						1,7	10	4	5200	
				43,2	21,4						9	69	32	61900	
				21,25	19,82						3,83	25,7	17,71	13538	
				37	31						10	86	91	19	
4	torfy	w	ln-60% tpl,pl,mpl  n=90	13	11,1						6,9	6	1	1000	
				281,37	21						82,8	68	34	10800	
				103,9	14,57						40,24	20,36	7,86	8465	
				20	20						15	53	56	32	
5	piaski (Pd, Ps, Pr)	w-50 nw-30 m-20%	szg-80%  n=543	1,4	18								3	36000	
				26,3	21,2								35	160000	
				16,61	18,65								30,19	84285	
				125	135								73	59	
	pospółki i żwiry	nw-60% m-25 w-15	szg-80% zg-20%  n=302	2	19								1	52000	-
				28,6	21								40	210000	
				14,09	19,58								34,12	135680	
				33	41								89	85	
	namuły i iły	w	pl-50% tpl-30% mpl-20% n=699	17,07	17,1	28,73	17,36	0,01	14,97	5,42	10	2			
				93,75	20,3	106,6	55,9	0,51	43,4	19,41	85	13			
				37,32	18,06	58,77	27,09	0,27	25,48	7,93	27,84	6,9			
				57	36	30	30	76	15	15	31	34			
pyły	w-88%	tpl-40% pl-25% mpl-15% n=753	14,9	18,23	18,2	12,7	0	5	0,9	0	9				
			27,3	21	39	24,8	0,56	11,6	2,5	36	21				
			22,44	19,86	26,21	18,38	0,29	86,54	1,34	23,41	15,24				
			137	118	40	42	85	24	29	89	73				
6	piasek drobny		szg	18,5								33			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
7	namuty, gliny, ity	w	tpl-60%	25	15,27	36,9	16,5	0,1	18,7	5,2	10	2				
			pl-25%	166	20	102,1	50	0,59	52,1	20,5	74	16				
			mpl-15%	62,52	17,55	60,8	27,51	0,25	36,78	12,63	36,9	8,68				
			n=82	10	7	7	7	14	5	6	67	68				
8	pyły, gliny pylaste	w	tpl-65%	5	18,2	17,9	14,1	0	2,9		0	2				
			pzw-25%	33,9	22	30,9	25,43	0,48	10,4		38	18				
			pl-10%	19,21	19,04	25,36	17,54	0,23	7,68		25,93	12,28				
			n=802	229	143	120	120	149	42		45	48				
9	gliny	w	tpl-40%	11	19,3	13,8	11,2	0,02	9,5	0,8	10	8				
			pl-40%	25,9	22,46	38,3	20	0,54	18,3	2,4	25	14				
			mpl-20%	19,32	20,69	28,32	17,22	0,31	12,87	1,48	18,19	10,97				
			n=274	41	11	30	29	38	13	4	65	64				
	piaski	w	szg-50%	3,69	17,3								2			
			zg-15%	21,6	21,6								39			
			n=236	16,35	18,98								17,08			
				62	54								122			
10	piaski	w	szg, zg - 70%	5,3	17,1							5	40700			
			26,4	21,6	34							215000				
			15,24	19,48	21,93							83362				
			41	34	84							47				
	gliny i pyły	w	tpl,pl-80%	n=285	6,8	17,5	17,4	8,2	0,08	10,3	2	10	3	13700		
					35,6	21,3	45,1	27,7	0,53	21	3,2	38	34	86000		
					19,61	20,15	31,94	17,38	0,34	13,73	2,56	27,02	13,81	28689		
					132	88	69	69	102	45	18	87	87	50		
11	gliny	w	tpl,pl-80%	n=507	8,2	18,47	20,22	15,1	0,02	10,33		0	2	20000		
					31,6	22	44,7	29,7	0,57	24,4		51	59	36000		
					20,87	20,13	31,34	21,04	0,33	13,9		27,46	13,38	13000		
					201	103	167	167	190	130		88	85	64		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
13	gliny i pyły	w	tpl,pl-90%	8,7	18	21,8	11,1			ok. 2,5	0	3	5							
				30,1	21,32	53,7	25,9			73	34	70								
				19,34	20,06	36,09	18,23			27,34	16,23	13								
				45	32	14	14			2	72	72	38							
	piaski	w	zg,szg-80%	n=272	11,5	18,5						0	5	16000						
					32	20						40	35	75000						
					17,89	19,16						23,85	14,94	36000						
					42	13						97	101	85						
15	piaski	w-50% nw, mw	szg, zg-65%	4,2	16,5						0	3	5							
				35,1	20,3						65	34	98							
				16,77	18,41						29	20,77	38							
				101	38						27	32	62		46					
			n=20	9,7													0	5	5200	
				31													58	33	75000	
				15,26													24,04	17,21	31153	
				20													25	29	17	
	gliny	w	tpl-50%	n=214	9,1	17,9	21,7	10,8	0	9,8	1,82	0	5	11000						
					23,25	22,2	42,4	36,35	0,41	30,1	5,2	97	21	37000						
					20,82	20,22	32,14	18,61	0,26	17,76	3,48	36,78	13,49	21000						
					79	61	35	35	59	19	16	152	160	32						
			pl-35%	n=135	14,3	18	18,7	13,2	0,1	10,3	1,82	5	3	14000						
					28,5	23	45	36,1	0,46	28,9	4,6	44	18	27000						
					24,51	20,08	37,11	19,57	0,34	17	3,58	24,29	9,55	17000						
					47	26	29	29	46	20	11	92	94	29						
ity	w	tpl,pl-93%	n=76	27,2	16,6						0,05	3	3							
				46,3	19,8						0,52	15	15							
				35,89	18,54						0,4	8,99	9,27							
				8	7						9	62	64							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
19	ity	w-80% mw-20%	tpl,pl-70%  n=91	20,1	16,2	42,2	8	0,03	34,2		6	4	8200		
				37,3	20,1	90	36,5	0,51	55,7		81	15	34500		
				31,28	18,07	67,04	27,64	0,18	41,36		49,44	9,48	21526		
				29	21	16	16	39	39		64	69	19		
		w,mw	pzw,zw-30%  n=34	19	18							27	5	34500	
				39,44	21,5							70	16	40000	
				25,66	19,11							49,19	10,68	38818	
				14	7							26	28	18	
20	ity	w,mw	tpl – 60%  n=94	21	15,7	51,5	20,25	0	33,5		27	5	15000		
				46,3	21,6	85,4	37,5	0,31	48,4		78	13	45000		
				34,46	18,64	71,18	30,68	0,18	40,53		52,77	9,37	31871		
				37	32	21	21	32	13		44	59	11		
21	ity	w	tpl,pl-60%  n=154	21	16,56	58,1	19,5	0	39,8		0	2	8000		
				55,4	19	85,6	36,2	0,49	50,5		82	16	40000		
				36,16	18,39	72,68	27,71	0,23	44,99		46,52	9,44	27000		
				47	19	24	24	48	17		111	113	43		
		pzw,zw-40%  n=113	15,25	18,03	40,3	17,5	0	22,8				13	5	9000	
			42,85	20,4	87	38,15	0,21	50,8				100	23	41000	
			27,27	19,05	69,64	28,16	0,1	40,45				54,25	10,55	16000	
			51	23	28	28	25	23				77	74	29	
22	ity	w	tpl,pl – 65%  n=145	21,4	17	45,1	23,7	0	31,4		10	0	7000		
				70	20,6	88,4	38,4	0,43	57,5		70	14	38000		
				31,98	19,04	68,48	28,7	0,23	40,83		48,68	8,27	19000		
				50	33	22	22	48	14		99	105	24		
		w,mw	pzw-25%  n=51	13,2	16,7			0				0	5	7800	
				37,3	20,8			0,22				99	17	36200	
				27,98	19,03			0,08				54,34	11,93	21000	
				17	13			17				41	43	15	

Tabela IV

Charakterystyka warunków występowania wód podziemnych w obrębie serii geologiczno-inżynierskich

Seria	Zwierciadło nawiercone		Zwierciadło ustabilizowane		Charakterystyka poziomu wodonośnego	Występowanie
	głębokość [m p.p.t.]	średnia gł. [m p.p.t.]	głębokość [m p.p.t.]	średnia gł. [m p.p.t.]		
3	0.5-11.6	2.3	0.2-6.5	1.4	nieciągły poz. wod., zw. swob., lokalnie nap.	NW, SW, N, W część aglomeracji
4	0.1-9.4	2.6	0.1-4.3	2.0	nieciągły poz. wod., zw. swob., lokalnie nap.	Czyżyny, Kobierzyn, Rybitwy
5	0.1-19.7	3.7	0.1-19.7	3.3	nieciągły poz. wod., zw. swob., lokalnie nap.	wzdłuż doliny Wisły i jej dopływów
6	0.7-8.6	2.1	0.7-8.6	2.1	nieciągły poz. wod., zw. swob., lokalnie nap.	Borek Fałęcki, Prokocim
7	0.8-5.8	3.1	0.0-4.5	2.4	nieciągły poz. wod., zw. nap.	wzdłuż doliny Wisły na E od centrum miasta
8	0.2-14.5	5.6	0.2-11.2	4.6	nieciągły poz. wod., zw. nap., lokalnie swob.	Prądnik, Mistrzejowice, Wzgórza Krzesławickie, Prokocim, Bieżanów
9	0.3-21.9	6.7	0.3-19.3	6.3	nieciągły poz. wod., zw. swob., lokalnie nap.	wzdłuż krawędzi doliny Wisły
10	0.25-20.3	8.1	0.25-18.2	7.6	ciągły poz. wod., zw. swob., lokalnie nap.	wzdłuż krawędzi doliny Wisły
11	0.3-16.1	5.0	0.14-14.5	3.9	nieciągły poz. wod., zw. nap., lokalnie swob.	Nowa Huta i SE część aglomeracji
12	2.3-15.0	7.1	2.3-13.8	7.0	nieciągły poz. wod., zw. nap., lokalnie swob.	Prądnik, Grzegórzki, Dąbie, Dębniki
13	0.7-22.0	8.0	0.7-21.1	7.7	ciągły poz. wod., zw. nap., lokalnie swob.	N część aglomeracji
14	8.0-19.3	11.7	2.3-3.3	2.6	nieciągły poz. wod., zw. nap.	Prądnik, Kobierzyn
15	0.1-29.8	3.7	0.0-18.0	2.8	nieciągły poz. wod., zw. nap., lokalnie swob.	NW, N i S część aglomeracji
16	7	7	7	7	zw. swob. (1 otw.)	Bieżanów
17	7.1	7.1	7.1	7.1	zw. swob. (1 otw.)	Wieliczka
18	3.52-16.6	9.8	3.3-12.6	6.5	ciągły poz. wod., zw. nap., lokalnie swob.	Bieżanów, Wieliczka
19	3.3-10.3	3.3	0.3-10.3	2.8	nieciągły poz. wod., zw. swob., lokalnie nap.	Wola Duchacka, Łagiewniki, Kobierzyn, Pasternik
20	0.3-9.6	3.9	0.3-9.0	2.9	nieciągły poz. wod., zw. nap.	Wola Duchacka

21	0.3-8.5	3.5	0.2-7.3	2.6	nieciągły poz. wod., zw. nap	Pasternik, Ruczaj, Łagiewniki
22	0.9-37.5	6.6	0.6-14.1	3.9	nieciągły poz. wod., zw. nap	Prokocim, Bieżanów, Wieliczka
23	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-
25	6.1-8.0	6.9	6.1-7.2	6.7	nieciągły poz. wod., zw. swob., lokalnie nap.	centrum miasta
26	2.2-2.3	2.3	-	-	nieciągły poz. wod., zw. swob.	Prądnik
27	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-
29	5.3-66.2	19.3	2.62.5	13.42	nieciągły poz. wod., zw. nap.	na W od centrum miasta
30	0.6-16.1	5.2	0.5-8.8	3.5	nieciągły poz. wod., zw. nap. i swob.	SE część aglomeracji
31	5.5-8.5	7.4	0.8-6.8	4.2	nieciągły poz. wod., zw. nap.	S i SE część aglomeracji

➤ **Mapy gruntów na głębokości 1,0 m, 2,0 m i 4,0 m w skali 1: 10 000 (zał. 3.01 – 3.30, 4.01 – 4.30, 5.01 – 5.30)**

Mapy gruntów podłoża budowlanego to mapy tematyczne w skali 1:10 000 obrazujące grunty w cięciu poziomym na głębokościach 1, 2 i 4 m. Wykorzystywane mogą być dla projektowania posadowienia obiektów budownictwa typu bardzo lekkiego bądź lekkiego, jak również w przypadku możliwych awarii urządzeń infrastruktury miejskiej, katastrof ekologicznych, awarii środków transportu. Mapy gruntów podłoża, wraz z mapami głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych, informują również o zdolnościach filtracyjnych gruntów i kierunkach migracji ewentualnych zanieczyszczeń i skażeń.

Na mapach gruntów podłoża w cięciach 1 m, 2 m i 4 m przedstawiono elementy wykorzystane w dalszym etapie do konstrukcji mapy wynikowej, którą stanowi mapa warunków budowlanych.

Na każdej z map wyznaczono zasięg występowania serii, czyli wydzieleni o jednakowych warunkach genetyczno-litologicznych na danej głębokości wykorzystując informacje zawarte w bazie danych atlasu. Mapy te obrazują stopień złożoności budowy

geologicznej. Należy zaznaczyć, iż na obszarach dobrze udokumentowanych otworami interpretacja warunków geologiczno-inżynierskich jest dokładniejsza. Na mapach zaznaczono lokalizację otworów należących do bazy danych atlasu. Wydzielone w otworach serie, podlegały weryfikacji w oparciu o konstruowane pomocnicze przekroje, mapy robocze oraz dostępne publikacje i materiały archiwalne. Ze względu na duże zagęszczenie punktów dokumentacyjnych (zwłaszcza w centralnej części aglomeracji), lokalizacja otworów na mapie została przedstawiona w formie punktów bez podania numeru otworu. Obszary wydzielonych serii na mapach posiadają kolory zgodne z wydzieleniami na przekrojach geologiczno-inżynierskich.

➤ **Mapa gruntów antropogenicznych w skali 1: 10 000 (zał. 6.01 – 6.30)**

Na mapie tej przedstawiono zasięgi występowania nasypów antropogenicznych zaliczanych do serii 1. Należy tu wyróżnić dwa rodzaje nasypów – budowlane i powstałe w sposób niekontrolowany. Nasypy budowlane powstały w sposób kontrolowany przy realizacji różnych inwestycji. Drugi rodzaj to nasypy powstałe w sposób niekontrolowany, jako składowiska różnorodnych odpadów stałych.

Zasięg tej serii wygenerowano na podstawie udokumentowanych wystąpień nasypów w otworach archiwalnych oraz dołożono warstwę hałd, składowisk itp. Na tej mapie naniesiono również istniejące czynne składowiska odpadów:

- składowisko odpadów komunalnych Barycz – położone jest w południowo-wschodniej części aglomeracji, pomiędzy Krakowem a Wieliczką; składowisko składa się z trzech części – pierwsza o pow. 12,5 ha zrehabilitowana, druga o pow. 13 ha aktualnie eksploatowana oraz trzecia część o pow. 11 ha w budowie,
- hałdy poprodukcyjne byłej fabryki Solvay – położone są w południowej części aglomeracji, pomiędzy Kurdwanowem a Borkiem Fałęckim; na hałdach składowany był chlorek wapnia ( $\text{CaCl}_2$ ), który powstawał jako produkt uboczny przy produkcji sody; w planach rozwoju miasta przewiduje się pełną rekultywację i wykorzystanie terenu (Krzak, 2006),
- hałdy żużli hutniczych Kombinat Metalurgicznego im. T. Sędzimiry o powierzchni ponad 100 ha, zlokalizowane we wschodniej części aglomeracji w rejonie Pleszowa, są w dużym stopniu rekultywowane, a także

eksploatowane dla pozyskania kruszywa drogowego i złomu do ponownej przeróbki hutniczej (Kozioł, Kawalec, 2002).

Na mapie gruntów antropogenicznych nie przedstawiono warstwy informacyjnej określającej granice i charakter zanieczyszczeń gleb i gruntów, gdyż dla aglomeracji krakowskiej opracowano atlas geochemiczny, obejmujący całokształt tych zagadnień.

➤ **Mapa głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych w skali 1: 10 000 (zał. 7.01 – 7.30)**

Mapę głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych (mapa hydroizobat) opracowano na podstawie danych z 14 717 otworów wiertniczych, danych z arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Chowaniec, Witek, 1997a, 1997b; Duda i in, 1997; Kowalski, 1997) oraz studzien z Banku HYDRO (Bank Hydro). Mapę opracowano przy pomocy programu ArcGis. Wpływ na dokładność mapy ma liczba i rozmieszczenie otworów na obszarze aglomeracji krakowskiej. Dla obszarów, na których liczba punktów dokumentacyjnych jest niewielka przebieg hydroizobat może nieodzwierciedlać faktycznego położenia zwierciadła wód podziemnych. Podkreślenia wymaga także fakt, że analizie poddano zakres danych z okresu około 50 lat. Przez ten okres położenie zwierciadła wód podziemnych podlegało zmianom, zarówno z przyczyn naturalnych jak i antropogenicznych. W związku z tym przedstawiony na mapie hydroizobat obraz położenia zwierciadła wód podziemnych należy traktować jako orientacyjny, gdyż w wielu punktach może się różnić od obecnej głębokości występowania wody gruntowej.

W sposób naturalny wody podziemne są drenowane przez rzeki i cieki powierzchniowe, a sztucznie przez czynne studnie eksploatacyjne i odwodnieniowe. Studnie odwadniające zlokalizowane w środkowej części aglomeracji krakowskiej na odcinku od Błoń Krakowskich po stopień wodny w Dąbiu. Studnie pracują w cyklu ciągłym na niskim tarasie Wisły, aby zniwelować wpływ spiętrzenia rzeki w latach 60-tych XX wieku stopniem wodnym w Dąbiu (do 4 m). W związku z powyższym przywrócono pierwotny stan zwierciadła wód podziemnych.

Na mapach (zał. 7.01 -7.30) przedstawiono hydroizobaty o wartościach 1 - 2 m, 2 - 3 m, 3 - 5 m, 5 -10 m, i powyżej 10 m, a kolorami zaznaczono pola zakresu zmian głębokości do zwierciadła wód gruntowych.



➤ **Mapa warunków budowlanych w skali 1: 10 000 (zał. 8.01-8.30)**

Mapa warunków budowlanych na głębokości 2 m p.p.t. jest mapą syntetyczną przedstawiającą powiązane ze sobą czynniki geologiczne, hydrogeologiczne, geodynamiczne i geomorfologiczne kształtujące w podłożu warunki budowlane. Mapa warunków budowlanych jest sporządzona z przeznaczeniem dla potrzeb planowania przestrzennego, w tym dla projektów budowlanych, obiektów budownictwa mieszkaniowego

i liniowych tras wszelkiego rodzaju, a także oceny geologiczno-inżynierskiej obszarów przeznaczonych dla inwestycji.

Przy kwalifikowaniu terenów pod względem ich przydatności dla celów budowlanych zgeneralizowano na potrzeby atlasu informacje pozyskane do budowy bazy danych przez zgrupowanie gruntów o zbliżonych właściwościach w seriach geologiczno-inżynierskich.

Wydzielone serie geologiczno-inżynierskie występujące na 2 m p.p.t. zaliczono do jednej z trzech grup uwzględniając stan gruntów, stopień skonsolidowania, a także dopuszczalne obciążenia (zgodnie z „Instrukcją sporządzania mapy warunków geologiczno-inżynierskich w skali 1:10 000 i większej dla potrzeb planowania przestrzennego w gminach”, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 1999 r.).

Wydzielono następujące grupy:

- grunty nienośne – serie: 1; 2; 4; 7; 30 – obciążenia dopuszczalne do 0,05 MPa.
- grunty słabonośne – serie: 3; 5; 6; 8; 11; 24; 28; 31 – obciążenia dopuszczalne od 0,05 MPa do 0,3 MPa.
- grunty nośne – serie: 9; 10; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 25; 26; 27; 29 – obciążenia dopuszczalne powyżej 0,3 MPa

Na mapie naniesiono następujące wydzielenia:

Niekorzystne warunki budowlane – niezalecane fundamentowanie bezpośrednio obiektów:

- a) grunty nienośne z wodą gruntową na głębokości większej niż 1 m.
- b) grunty nienośne z wodą gruntową na głębokości od 0 do 1 m.
- c) grunty słabonośne i nośne z wodą gruntową na głębokości od 0 do 1 m.

Mało korzystne warunki budowlane – możliwe posadowienie bezpośrednio obiektów budownictwa lekkiego przy konieczności szczegółowego rozpoznania geologiczno-inżynierskiego i geotechnicznego:

- a) grunty słabonośne z wodą gruntową na głębokości większej niż 2 m.
- b) grunty słabonośne z wodą gruntową na głębokości od 1 do 2 m.
- c) grunty nośne z wodą gruntową na głębokości od 1 do 2 m.

Korzystne warunki budowlane – możliwe bezpośrednie posadowienie obiektów budowlanych wszelkiego typu bez względu na obciążenia jednostkowe:

- grunty nośne z wodą gruntową na głębokości większej niż 2 m.

Ponadto na mapę naniesiono ważne dla charakterystyki warunków budowlanych następujące elementy:

- wały przeciwpowodziowe,
- naturalne skarpy wraz z krawędziami obrywów,
- obszary występowania osuwisk,
- obszary o spadku terenu przekraczającym 10 stopni.

#### ➤ **Mapa stropu utworów podczwartorzędowych w skali 1: 10 000 (zał. 9.01-9.30)**

Na podstawie danych z otworów, które swoim zasięgiem głębokościowym przewierciły osady czwartorzędowe, sporządzono mapę stropu utworów podczwartorzędowych. Na mapie tej przedstawiono głębokość występowania stropu utworów od jury po neogen w stosunku do poziomu terenu. Ze względu na skomplikowaną budowę geologiczną obszaru aglomeracji krakowskiej obraz przedstawiony na mapie należy traktować jako przybliżony, szczególnie w miejscach o słabym rozpoznaniu otworami.

#### ➤ **Mapa zagospodarowania terenu w skali 1: 10 000 (zał. 10.01-10.30)**

Mapę zagospodarowania terenu w skali 1:10 000 opracowano w oparciu o informacje uzyskane z Urzędu Marszałkowskiego w Krakowie oraz Urzędu Miasta Krakowa. Przedstawiono na niej szczegółowy obraz rodzaju zabudowy i wykorzystania obszaru aglomeracji krakowskiej. Wyróżniono:

- rodzaje zabudowy mieszkalnej (7 rodzajów),
- rodzaje zabudowy społeczno-technicznej (10 rodzajów),
- lasy liściaste i mieszane,
- łąki i pastwiska,
- tereny zielone,

- systemy upraw i działek,
- grunty orne,
- hałdy,
- osadniki,
- składowiska,
- wyrobiska,
- wody powierzchniowe,
- drogi i linie kolejowe.

➤ **Mapa terenów zagrożonych i wymagających ochrony w skali 1: 10 000 (zał. 11.01 – 11.30)**

Na mapie przedstawiono obszary zagrożone występowaniem zjawisk niekorzystnych dla potrzeb budownictwa. Wyróżniono:

- tereny o spadku powyżej 10°,
- obszary występowania zjawisk geodynamicznych,
- obszary podtopień,
- nieckę osiadania powstałą w wyniku działalności górniczej.

Na mapie przedstawiono również obszary i punkty związane z ochroną przyrody ożywionej i nieożywionej, a także zabytki. Na mapie wydzielono:

- parki krajobrazowe (Park Krajobrazowy Dolinki Krakowskie, Tenczyński Park Krajobrazowy, Bielańsko-Tyniecki Park Krajobrazowy),
- otuliny parków krajobrazowych,
- rezerwaty (Panieńskie Skały, Skałki Przegorzalskie, Bielańskie Skałki, Skołczanka, Bonarka),
- użytki ekologiczne,
- pomniki przyrody ożywionej i nieożywionej,
- zabytki,
- wody powierzchniowe (rzeki, stawy, starorzecza, osadniki).

➤ **Mapa wychodni utworów mezozoicznych w skali 1: 50 000 (zał. 12)**

Na mapie przedstawiono zasięg wychodni utworów górnej jury i górnej kredy, a także zasięg ich stropu na głębokości 2 m p.p.t. Występowanie skał mezozoicznych (wapienie, wapienie margliste, margle i opoki) na powierzchni terenu, a także płytko pod

jego powierzchnią, związane jest z charakterystyczną dla obszaru aglomeracji krakowskiej tektoniką zrębową.

#### ➤ **Mapa geomorfologiczna w skali 1: 50 000 (zał. 13)**

Na mapie przedstawiono informacje dotyczące ukształtowania powierzchni terenu objętego atlasem. Zaznaczono granice opracowania, granice arkuszy w skali 1: 10 000 oraz wydzielono:

- równiny akumulacji rzeczno-lodowcowej,
- równiny tarasów akumulacyjnych,
- powierzchnie zrównań i spłaszczeń erozyjno-denudacyjnych,
- niecki denudacyjne,
- obszary występowania zjawisk geodynamicznych,
- stoki,
- hałdy,
- osadniki,
- składowiska,
- wyrobiska,
- wody powierzchniowe (rzeki, stawy, starorzecza, osadniki).

Wydzielenia opracowano na podstawie Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 50 000 oraz map topograficznych.

### **6.3. Przekroje geologiczno – inżynierskie (zał. 14 – 16)**

Dla przedstawienia schematu budowy geologicznej aglomeracji krakowskiej wykonano przekroje geologiczno – inżynierskie o przebiegu W-E i S-N. Linie przekrojowe wytyczono tak, aby uwzględnić różnorodność i złożoność budowy geologicznej aglomeracji krakowskiej. Wykonano 3 przekroje w skali poziomej 1:10 000 i skali pionowej 1:500. Przebieg linii przekrojowych przedstawiono m.in. na mapie dokumentacyjnej (zał.1). Na przekrojach przedstawiono występowanie serii geologiczno-inżynierskich do głębokości kilkunastu m p.p.t.

#### Przekrój geologiczno – inżynierski I - I' (zał. 14)

Przekrój ten przebiega na kierunku W - E przez następujące arkusze: Kryspinów (KRA09), Kraków – Wola Justowska (KRA10), Kraków – Nowa Wieś (KRA11), Kraków (KRA12), Kraków – Nowa Huta (KRA13), Kraków – Pleszów (KRA14), Kraków – Os. Wyciąże (KRA15) i Pobiednik Wielki (KRA 16).

#### Przekrój geologiczno – inżynierski II - II' (zał. 15)

Przekrój ten przebiega na kierunku SW - NE przez następujące arkusze: Borek Szlachecki (KRA24), Skawina (KRA25), Kraków – Kostrze (KRA18), Kraków – Borek Fałęcki (KRA19), Kraków – Nowa Wieś (KRA11), Kraków – Krowodrza (KRA03), Kraków – Prądnik Czerwony (KRA04).

#### Przekrój geologiczno – inżynierski III - III' (zał. 16)

Przekrój ten przebiega na kierunku S – N przez następujące arkusze: Wieliczka (KRA28), Kraków - Bieżanów (KRA21), Węgrzce Wielkie (KRA22), Kraków - Bieżanów (KRA21), Kraków – Nowa Huta (KRA13), Kraków – Mistrzejowice (KRA05).

Objaśnienia do przekrojów przedstawiono na zał. 18.

### **6.4. Zagrożenia geodynamiczne i górnicze oraz zjawiska krasowe**

Obszar aglomeracji krakowskiej należy do silnie zróżnicowanego terenu pod względem geomorfologicznym i geologicznym. W związku z tym istnieją obszary predysponowane do powstawania zjawisk geodynamicznych (obrywy, osuwiska, spęływania). Stanowią one zagrożenia przede wszystkim dla dróg i budownictwa. Zsuwy mogą również powodować lokalne podtopienia i utworzenie jezior, kiedy dna dolin rzek i potoków zostaną wypełnione koluwiami. Obszary występowania ruchów masowych na terenie aglomeracji krakowskiej rozwinęły się w różnym czasie, głównie z przyczyn naturalnych. Były one wielokrotnie fragmentarycznie uaktywniane, na co wskazują przesłanki wynikające ze szczegółowego rozpoznania podobnych, dużych form osuwiskowych w innych rejonach. Lokalizację obszarów występowania ruchów masowych przedstawiono na mapie zagrożeń (zał. 11). Obszarami predysponowanymi do wystąpienia zjawisk geodynamicznych są również stoki o nachyleniu powyżej 10°.

Rejony, na których występują lub mogą wystąpić obrywy skalne występują głównie w zachodniej i środkowej części aglomeracji. Związane są z naturalnymi wychodniami

skał jurajskich (Zrąb Sowińca, Tyniec, Wawel, Krzemionki) oraz z miejscami dawnej eksploatacji wapieni (Zakrzówek, Bonarka). Obszary osuwisk i spływów występują głównie w południowej i południowo-wschodniej części aglomeracji krakowskiej, a także w rejonie Lasu Wolskiego na zachodzie i w mniejszym stopniu lokalnie wzdłuż krawędzi dolin rzek (zał. 11.01-11.30; Chowaniec i in., 2005, 2006, 2007).

W południowo-wschodniej części aglomeracji krakowskiej zlokalizowana jest zabytkowa „Kopalnia Soli Wieliczka” w Wieliczce. Wielowiekowa eksploatacja soli kamiennej spowodowała deformację powierzchni terenu przejawiającą się powstaniem niecki osiadania o stosunkowo niewielkim zasięgu.

Maksymalne osiadania występują w rejonie szybu Kościuszko i w latach 1926-2005 osiągnęły 2,96 m. Największy przyrost obniżeń - 71 mm/rok wystąpił w 1962 r. (Kortas, 2007). Na podstawie obserwacji geodezyjnych stwierdza się zmniejszanie się prędkości osiadań od około 1980 r. Również przyrosty objętości niecki osiadań wykazują takie same zmiany w czasie. Zmianę trendu zachowania się powierzchni od początku lat 80. XX w. wiąże się ze zmniejszeniem się objętości wyrobisk oddziałujących na tereny pogórnice w Wieliczce. Prowadzone prace podszkawkowe i zabezpieczające ograniczają deformacje powierzchni i pozwalają przede wszystkim utrzymać zabytkową kopalnię w Wieliczce.

Innym czynnikiem powodującym zagrożenie powierzchni terenu w aglomeracji krakowskiej są rozwijające się procesy krasowe. Procesy i zjawiska krasowe zachodzące w obrębie aglomeracji posiadają charakter lokalny i związane są z rozpuszczaniem skał węglanowych przez wody krążące w ich obrębie. Rozpuszczanie odbywa się najintensywniej wzdłuż głównych kierunków przepływu wód, którymi są spękania i szczeliny. Wskutek tego powstają puste przestrzenie o różnych kształtach i wymiarach, bądź następuje wymywanie stropu skał.

Do najważniejszych form krasowych występujących na obszarze aglomeracji są jaskinie i leje krasowe. Często pustki krasowe są wypełnione częściowo lub całkowicie materiałem gruntowym i przykryte są osadami młodszymi (najczęściej wieku neogeńskiego i paleogeńskiego). Na terenie aglomeracji krakowskiej zjawiska krasowe obserwuje się w rejonach wychodni mezozoicznych utworów węglanowych (zał. 14).

Obszary, na których rozwijają się zjawiska krasowe uważane są za tereny o niekorzystnych warunkach do zabudowy ze względu na niebezpieczeństwo nagłych zawałów pustek podziemnych oraz różnic w osiadaniu powierzchni terenu zarówno w przypadku obecności w podłożu pustek jak też form krasowych wypełnionych wtórnie.

## 9. TERENY DO DALSZEGO UDOKUMENTOWANIA

W ramach atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji krakowskiej zebrano materiały archiwalne, które pozwoliły scharakteryzować warunki geologiczno-inżynierskie. W obrębie opracowania rozpoznanie warunków geologiczno – inżynierskich jest nierównomierne. Poza obszarami o wystarczającym stopniu rozpoznania istnieją rejony o słabym stopniu rozpoznania.

Terenami perspektywicznymi do dalszych prac dokumentacyjnych, uwzględniając rozbudowę aglomeracji oraz dotychczasowy sposób wykorzystania terenu, są:

- niezabudowane, niezagospodarowane, pola, nieużytki, tereny podmokłe, przemysłowe,
- słabo rozpoznane pod względem warunków geologiczno-inżynierskich,
- przewidziane pod dalszą rozbudowę miasta (budownictwo jednorodzinne i wielorodzinne), dla rozwoju komunikacji samochodowej, kolejowej i powietrznej (rozwój lotnisk, również sportowych), handlu, usług, turystyki i rekreacji oraz budynków użyteczności publicznej np. lecznictwa.

Ze względu na ochronę środowiska pominąć należy z dalszego rozpoznania lasy, parki krajobrazowe, pomniki przyrody i ogródki działkowe, jak również tereny miejsc historycznych, zabytkowych oraz miejsca kultu religijnego.

Na terenach przewidzianych do dalszego rozpoznania należy zaprojektować prace uzupełniające, pozwalające na określenie warunków geologicznych podłoża:

- otwory wiertnicze, sondy penetracyjne,
- instalacje piezometrów oraz pomiary wody w studniach,
- wkopy badawcze i szybiki,
- polowe badania właściwości fizyko-mechanicznych gruntów,
- laboratoryjne badania gruntów.

Podczas planowania liczby uzupełniających punktów dokumentacyjnych należy uwzględnić złożoność budowy geologicznej i przeznaczenie obszarów. Szczególnie dla terenów inwestycyjnych należy przewidzieć wystarczającą liczbę punktów dokumentacyjnych. Prace badawcze winny być poprzedzone sporządzeniem projektu badań.

Liczba otworów archiwalnych dla poszczególnych arkuszy jest różna w zależności od stopnia zagospodarowania terenu, od 8 do 2 924 otworów. Maksymalna

gęstość rozpoznania wynosi 140,8 otworów/km<sup>2</sup> (arkusz KRA12 Kraków), średnio około 65 otworów/km<sup>2</sup> powierzchni aglomeracji. Najslabiej rozpoznane są:

- E część aglomeracji w strefie granicznej (zał. 2.8, 2.16, 2.23),
- W część aglomeracji w strefie granicznej (zał. 2.17).

## 10. PODSUMOWANIE

”Baza danych geologiczno – inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno – inżynierskiego aglomeracji krakowskiej” stanowi cyfrowe opracowanie zagadnień geologiczno – inżynierskich z uwzględnieniem specyfiki regionu. Utworzona baza danych geologiczno-inżynierskich jest pierwszym tego typu opracowaniem dla terenu aglomeracji krakowskiej.

Atlas geologiczno – inżynierski obejmuje cały obszar miasta Krakowa wraz z północno-zachodnią częścią gminy Wieliczka i południowo-wschodnimi fragmentami gmin Zabierzów i Wielka Wieś o łącznej powierzchni 378,77 km<sup>2</sup>.

W atlasie geologiczno – inżynierskim aglomeracji krakowskiej przedstawiono kompleksową ocenę warunków geologiczno – inżynierskich na tle budowy geologicznej i warunków wodnych w oparciu o zebrane materiały archiwalne.

Wykonany atlas aglomeracji krakowskiej pozwala na ocenę warunków geologiczno – inżynierskich i może być wykorzystany przy planowaniu zagospodarowania przestrzennego.

Do opracowania atlasu wykorzystano materiały archiwalne pochodzące z długiego przedziału czasowego obejmujące okres ostatnich pięćdziesięciu lat. Z analizowanych materiałów archiwalnych do bazy danych wyselekcjonowano 25 029 otworów. Do komputerowego banku danych geologiczno – inżynierskich (BDGI) wprowadzono profile wyselekcjonowanych otworów archiwalnych z podaniem litologii gruntów i skał, ich podstawowych parametrów geotechnicznych oraz genezy wraz z określeniem serii geologiczno - inżynierskich.

Przy użyciu wybranych programów komputerowych ArcView, Geostar oraz Microstation opracowano następujące mapy i przekroje geologiczno-inżynierskie:

- podział aglomeracji krakowskiej na arkusze w skali 1:10 000 (zał. 1)
- dokumentacyjne (zał. 2.01- 2.30),
- gruntów na różnych głębokościach z wydzieleniem serii geologiczno – inżynierskich (zał. 3.01 – 3.30; 4.01 – 4.30; 5.01 – 5.30),



- utworów antropogenicznych (zał. 6.01 – 6.30),
- głębokości zalegania zwierciadła wód podziemnych (zał. 7.01 – 7.30),
- warunków budowlanych (zał. 8.01 – 8.30),
- stropu utworów podczwartorzędowych (zał. 9.01 – 9.30),
- zagospodarowania terenu (zał. 10.01 – 10.30),
- terenów zagrożonych i wymagających ochrony (zał. 11.01-11.30),
- wychodni utworów mezozoicznych (zał. 12),
- geomorfologiczną (zał. 13),
- przekroje geologiczno-inżynierskie (zał. 14-16).

”Baza danych geologiczno – inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno – inżynierskiego aglomeracji krakowskiej” może być pomocne władzom samorządowym w prowadzeniu racjonalnej polityki w zakresie planowania przestrzennego i ochrony środowiska. Może też służyć ocenie wstępnych warunków gruntowych podłoża poszczególnych inwestycji w dowolnym punkcie aglomeracji.

## **11. LITERATURA**

Bank HYDRO. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.

Budowa geologiczna, warunki hydrogeologiczne i geotechniczne podłoża Krakowa., 1991 – Mat. konf. AGH, Urz. Woj., Kraków.

Burtan J., 1954 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Wieliczka. Instytut Geologiczny. Warszawa.

Chowaniec J., 2006 – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 – pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika dla arkusza Kraków (973).

Chowaniec J., Witek K., 1997a – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, arkusz Myślenice. PIG. Warszawa.

Chowaniec J., Witek K., 1997b – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, arkusz Wieliczka. PIG. Warszawa.

Chowaniec J., Freiwald P., Nescieruk P., Patorski R., 2005 – Inwentaryzacja wraz z udokumentowaniem terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz terenów, na których ruchy te występują w obrębie dzielnic I-VII, m. Krakowa. Arch. OK PIG.

Chowaniec J., Freiwald P., Nescieruk P., Patorski R., 2006 – Inwentaryzacja wraz z udokumentowaniem terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz terenów, na których ruchy te występują w obrębie dzielnic VIII-XIII, m. Krakowa. Arch. OK PIG.

- Chowaniec J., Freiwald P., Nescieruk P., Patorski R., 2007 – Inwentaryzacja wraz z udokumentowaniem terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz terenów, na których ruchy te występują w obrębie dzielnic XIV-XVIII, m. Krakowa. Arch. OK FIG.
- Duda R., Haładus A., Witczak S., 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000, arkusz Kraków. FIG. Warszawa.
- Dynowski J., 1983 – Stosunki wodne obszaru miasta Krakowa. Folia Geogr., Ser. Geogr. Phys. V.1., Kraków.
- Freiwald P., Kos J., 2007 – Projekt prac geologicznych dla wykonania: Bazy danych geologiczno-inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji krakowskiej na terenie powiatów krakowskiego-grodzkiego, krakowskiego, wielickiego i proszowickiego w województwie małopolskim. Arch. PG S.A. w Krakowie.
- Freiwald P., Witek K., 2006 – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 – pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika dla arkusza Wieliczka (997)
- Gradziński R., 1955 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Niepołomice. FIG. Warszawa.
- Gradziński R., - 1974 – Budowa geologiczna terytorium Krakowa. Folia Geographica, vol. 8. PWN, Warszawa, Kraków.
- Instrukcja 1999 - Instrukcja sporządzania mapy warunków geologiczno-inżynierskich w skali 1:10 000 i większej dla potrzeb planowania przestrzennego w gminach. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Instrukcja 2000 – Instrukcja wykonywania atlasów geologiczno – inżynierskich dla miast techniką komputerową. FIG i ITB Warszawa.
- Kleczkowski A.S. [red.], 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony (1:500 000), CPBP 04.10: Ochrona i Kształtowanie Środowiska Przyrodniczego. Wyd. IHiGI AGH, Kraków.
- Kleczkowski A.S., 2003 – Kształtowanie chemizmu czwartorzędowych wód podziemnych Krakowa 1870 – 2002; tendencje dalszych zmian. Wyd. WGGiOŚ AGH, Kraków.
- Kleczkowski A.S., Myszką J., 1989 - Hydrogeologia regionu Krakowa. Przew. 60 Zjazdu PTG Kraków.

- Kleczkowski A.S., Myszką J., Solecki T., Stopa J., 1994 – Krakowskie artezyjskie źródła wód pitnych z wapieni jury. Wyd. Wyd. Geologii, Geofiz. i Ochrony Środ. AGH, Kraków.
- Kondracki J., 2001 – Geografia Polski, mezoregiony fizycznogeograficzne. PWN. Warszawa.
- Kortas, G. 2007 – Przemieszczenia powierzchni nad historyczną kopalnią w Wieliczce. Przegląd Górniczy T. 63, nr 3. Katowice.
- Kowalski J., 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000, arkusz Niepołomice. PIG. Warszawa.
- Koziara T., Patorski R., 2006 – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 – pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika dla arkusza Niepołomice (974).
- Koziół W., Kawalec P., 2002 – Produkcja kruszyw z surowców odpadowych i ich zastosowanie w budownictwie komunalnym i inżynierskim. Materiały Szkoły Gospodarki Odpadami. Kraków/Rytro, 10-13 września 2002.
- Krzak I., 2006 – Zagospodarowanie terenu po Krakowskich Zakładach Sodowych „Solvay”. Aura, 1/06. SIGMA-NOT Sp. z o.o. Warszawa.
- Myszka J., 1992 – Piętra i poziomy wodonośne obszaru Krakowa. [W:] W służbie polskiej geologii. Mat. Sesji Nauk. pośw. prof. A.S. Kleczkowskiemu, Wyd. AGH, Kraków, s.43-52.
- Nałęcki T., 1994 - Antropogeniczne zagrożenia jakości wód podziemnych subzbiornika Bogucice (GZWP 451). [W:] Kleczkowski A.S. [red.]: Metodyczne podstawy ochrony wód podziemnych. KBN projekt badawczy 9 0615 91 01, Kraków.
- Paczyński B. [red.], 1993 – Atlas hydrogeologiczny Polski. Cz.I. Systemy zwykłych wód podziemnych. Państw. Instytut Geolog. Warszawa
- Paczyński B. [red.], 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski. Cz.II. Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych. Państw. Instytut Geolog. Warszawa.
- Paul Z., Rączkowski W., Ryłko W., Wójcik A., 1996 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1 : 50 000, ark. Myślenice. Wyd. Geol. Warszawa.
- Pyrich J., Kowalski J., Łaska K., Taraba W., 1982 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędu, trzeciorzędu, kredy, jury, triasu,
- Rutkowski J. 1989a – Osady czwartorzędowe centrum Krakowa. Przewodnik 60 Zjazdu PTG. Kraków

- Rutkowski J., 1989b – Budowa geologiczna regionu Krakowa. *Przeł. Geolog.* v.37, nr 6. s.302-308.
- Rutkowski J., 1989c – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Arkusz Kraków. PIG Warszawa.
- Rutkowski J., 1993 – Objasnienia do szczególowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000. Arkusz Kraków. PIG Warszawa.
- Stupnicka E., 1989 – Budowa regionalna Polski. *Wyd. Geol.* Warszawa.
- Waryszyńska J. - red., 1995 – Karpaty Polskie. *Przyroda, człowiek i jego działalność.* UJ. Kraków.
- Witek K., 1984 – Rozpoznanie hydrogeologiczne stropu utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego między Krakowem a Tarnowem. *Przeł. Geol.* t. 28, nr 1, s. 131-142.
- Witek K., 2005 – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 – pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika dla arkusza Myślenice (996).
- Zuber A., Grabczak J., 1991 - Badania izotopowe wód podziemnych Krakowa i okolic. [W:] *Mat. konfer. „Budowa geologiczna, warunki hydrogeologiczne i geotechniczne podłoża Krakowa”*, *Wyd. AGH Kraków*, s.51-58.