



**PAWEŁ PALA**

University of Silesia in Katowice, Faculty of Natural Sciences, Poland  
e-mail: pawel.palla@gmail.com

## DEFORMACJE TERENU OKOLIC KNUROWA SPOWODOWANE PODZIEMNĄ EKSPLOATACJĄ WĘGLA KAMIENNEGO

### *DEFORMATIONS IN THE KNURÓW AREA CAUSED BY UNDERGROUND COAL MINING*

#### **Streszczenie**

Tematem badań przedstawionych w artykule są zmiany ukształtowania terenu wywołane podziemną działalnością górnictwem wydobywającą węgiel kamienny stanowiące przyczynę przekształceń krajobrazu rejonu Knurów. Analizą objęto powstałe osiadania terenu w latach 2008-2017 oraz prognozowane do roku 2040. Otrzymane wyniki wykazały istotne przeobrażenia rzeźby terenu w latach 2008-2017 w postaci 22 niecek osiadań, dochodzących do 5 metrów. Dalsza projektowana eksploatacja złóż węgla kamiennego, co najmniej do roku 2040 przewiduje powstanie 21 obniżeń terenu sięgających 10 metrów.

#### **Abstract**

*The subject of the research presented in this paper is changes in land relief caused by underground coal mining activities, which are the cause of landscape transformation in the Knurów region. The analysis focused on land subsidence in the years 2008-2017 and predicted subsidence until 2040. The results showed significant changes in relief in the years 2008-2017 in the form of 22 subsidence troughs which were up to 5 metres deep. Further projected exploitation of hard coal deposits, at least until 2040, will probably result in 21 subsidence troughs which are up to 10 metres deep.*

**Słowa kluczowe:** górnictwo, osiadania terenu, zmiany krajobrazu, Knurów

**Key words:** mining, land subsidence, landscape change, Knurów

## WPROWADZENIE

Działalność górnicza stanowi jedną z silniejszych form ingerencji człowieka w środowisko przyrodnicze i krajobraz. W Polsce największe zmiany w krajobrazie antropogenicznym (kulturowym) powoduje wydobywanie węgla kamiennego, jak również węgla brunatnego (Dulias, 2007 a,b). W przypadku górnictwa węglowego zmiany te są o wiele bardziej dynamiczne i różnorodnie niż w przypadku eksploatacji innych kopalni (Barteczek i in., 1988; Kozacki, 1988; Strzałkowski, 2021; Szuwarzyński, 2021). Na obszarach objętych eksploatacją wglębną występują różnego rodzaju deformacje i przemieszczenia terenu (Greń, Popiołek, 1983; Niemiec, 1985). Zmiany ukształtowania terenu różnią się intensywnością, dynamiką oraz czasem trwania. Długookresowe osiadanie powierzchni gruntu może pojawiać się wiele lat po zakończonej eksploatacji (Dubieński, Mutke, 1992; Gabzdyl, 1994; Zych i in., 1994; Madowicz, 2001; Flak, 2002; Wojciechowski, 2007; Santorius i in., 2007; Strzałkowski, 2021; Dwornik i in., 2021; Kopec i in., 2022).

Tym samym górnictwo podziemne jako sposób oddziaływania człowieka na środowisko przyrodnicze stanowi czynnik silnie kształtujący krajobraz kulturowy (Nita, Myga-Piątek, 2006; Nita, 2013). Tereny objęte podziemną działalnością górniczą powodują znaczne przekształcenia powierzchni terenu, przyczyniając się do powstania form wypukłych: np. hałd (fot. 1), zwałów (fot. 2), jak i wklęsłych w postaci głównie niecek osiadania i zapadlisk (fot. 3) (Greń, Popiołek, 1990; Kowalski, 2020). Formy te mogą wpływać na zmiany kolejnych komponentów środowiska, przede wszystkim stosunków wodnych (osuszanie oraz zawadnianie terenu) (fot. 2, 4) (Posyłek, Rogoż, 1982), zanieczyszczenia powietrza i otoczenia, obniżenia walorów estetycznych krajobrazu przez specyficzną zabudowę zakładów górniczych i infrastrukturę inżynierską (Sobczyk, 2007; Ostreża, Cała, 2020; Szuwarzyński, 2021).

Osiadania terenu powstałe w wyniku działalności górnictwa węgla kamiennego doprowadzają obok przekształcenia komponentów środowiska do zniszczeń infrastruktury budowlanej, w tym mieszkaniowej i są określane powszechnym określeniem „tzw. szkody górnicze” (Kwiątek, 2005; Sobula i in., 2005; Florkowska i in., 2021). Zjawiska te na stałe lub tymczasowo pogarszają stan techniczny i przydatność do użytkowania obiektów

## INTRODUCTION

Mining activities constitute one of the strongest forms of human interference in the natural environment and landscape. In Poland, the greatest changes in the anthropogenic (cultural) landscape are caused by coal mining, as well as lignite mining (Dulias, 2007 a,b). In the case of coal mining, these changes are much more dynamic and diverse than in the case of exploitation of other minerals (Barteczek et al., 1988; Kozacki, 1988; Strzałkowski, 2021; Szuwarzyński, 2021). Various types of land deformation and displacement occur in areas affected by deep mining (Greń, Popiołek, 1983; Niemiec, 1985). Landform changes vary in intensity, dynamics and duration. Long-term subsidence of the ground surface may occur many years after mining activities have ended (Dubieński, Mutke, 1992; Gabzdyl, 1994; Zych et al, 1994; Madowicz, 2001; Flak, 2002; Wojciechowski, 2007; Santorius et al, 2007; Strzałkowski, 2021; Dwornik et al, 2021; Kopec et al, 2022).

Thus, human impact on the natural environment through underground mining is a factor that strongly shapes the cultural landscape (Nita, Myga-Piątek, 2006; Nita, 2013). Areas affected by underground mining activities undergo significant transformations of the land surface, contributing to the formation of convex forms, e.g., heaps (photo 1) and piles (photo 2), as well as concave ones, mainly in the form of subsidence troughs and sinkholes (photo 3) (Greń, Popiołek, 1990; Kowalski, 2020). These forms may cause changes in subsequent components of the surroundings, primarily those related to water (drainage and land subsidence) (photo 2,4) (Posyłek, Rogoż, 1982), air pollution and pollution of the surroundings, and lowering of the aesthetic value of the landscape by specific buildings used in mining plants and engineering infrastructure (Sobczyk, 2007; Ostreża, Cała, 2020; Szuwarzyński, 2021).

In addition to the transformation of the surroundings, land subsidence resulting from coal mining activities leads to the destruction of building infrastructure, including housing, and is commonly referred to as 'so-called mining damage' (Kwiątek, 2005; Sobula et al., 2005; Florkowska et al., 2021). These phenomena permanently or temporarily deteriorate the technical condition and usability of structures (Kaszowska et al, 2003; Wodyński, 2007; Liu et al, 2019; Strzałkowski, 2019). The aim of this paper is to present the results of a study

(Kaszowska i in., 2003; Wodyński, 2007; Liu i in., 2019; Strzałkowski, 2019). Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań zmian krajobrazu spowodowanych osiadaniami terenu wskutek eksploatacji węgla kamiennego w okolicach Knurowa (powiat gliwicki).

## OBSZAR BADAŃ

Administracyjnie poligon badawczy zlokalizowany jest w województwie śląskim. Zajmuje obszar miasta Knurów oraz część gmin Pilchowice, Gierałtówice, Czerwionka-Leszczyny, Gliwice (ryc. 1).

Według regionalizacji fizycznogeograficznej Polski (Nita, Myga-Piątek, 2017; Solon i in., 2018) obszar badań usytuowany jest na Wyżynie Śląskiej, obejmując dwa mezoregiony. Część północno-wschodnia przynależy do Wyżyny Katowickiej, natomiast część południowo-zachodnia należy do Płaskowyżu Rybnickiego.

Analizowany obszar cechuje zróżnicowana rzeźba terenu o genezie polodowcowej z pagórkami o spłaszczonych wierzchołkach oddzielonych serią kotlinowatych obniżzeń. W klasyfikacji geomorfologicznej rozpatrywany obszar reprezentuje krajobrazy pagórkowate (Chmielewski, Myga-Piątek, Solon, 2015).

Najwyższe wzniesienie mieści się na terenie Pilchowic w Wilczy, osiągając wysokość 275 m n.p.m. Natomiast najniższy punkt jest zlokalizowany w centralnej części Pilchowic w dolinie rzeki Bierawki (210 m n.p.m.). Przedczwartorzędowe formy terenu w znacznym stopniu zostały pokryte osadami fluwioglacjalnymi, zastoiskowymi oraz morenowymi podczas zlodowacenia środkowopolskiego (Haisig, 2003). Powierzchnię budują plejstoceny gliny, żwiry oraz piaski, natomiast w dolinach rzecznych zalegają utwory holoceny (Lewandowski, 2003; *Studium uwarunkowań...*, 2010).

Analizowany rejon w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat znajdował się w zasięgu wpływów podziemnej eksploatacji górnictwa węgla kamiennego. Deformacje górnicze doprowadziły do powstania licznych charakterystycznych form antropogenicznych w postaci osiadań terenu. Niektóre z nich wypełnione są wodą, a pozostałe stanowią tereny podmokłe lub bagienne. Kolejną formą antropogenicznego ukształtowania terenu powstałą wskutek oddziaływań górniczych są hałdy odpadów górniczych (przede wszystkim skały płonne

on landscape changes caused by subsidence due to deep coal mining in the vicinity of Knurów (Gliwice district).

## STUDY AREA

Administratively, the study ground is located in the Silesian Province. It covers the area of the town of Knurów and parts of the communes of Pilchowice, Gierałtówice, Czerwionka-Leszczyny and Gliwice (fig. 1).

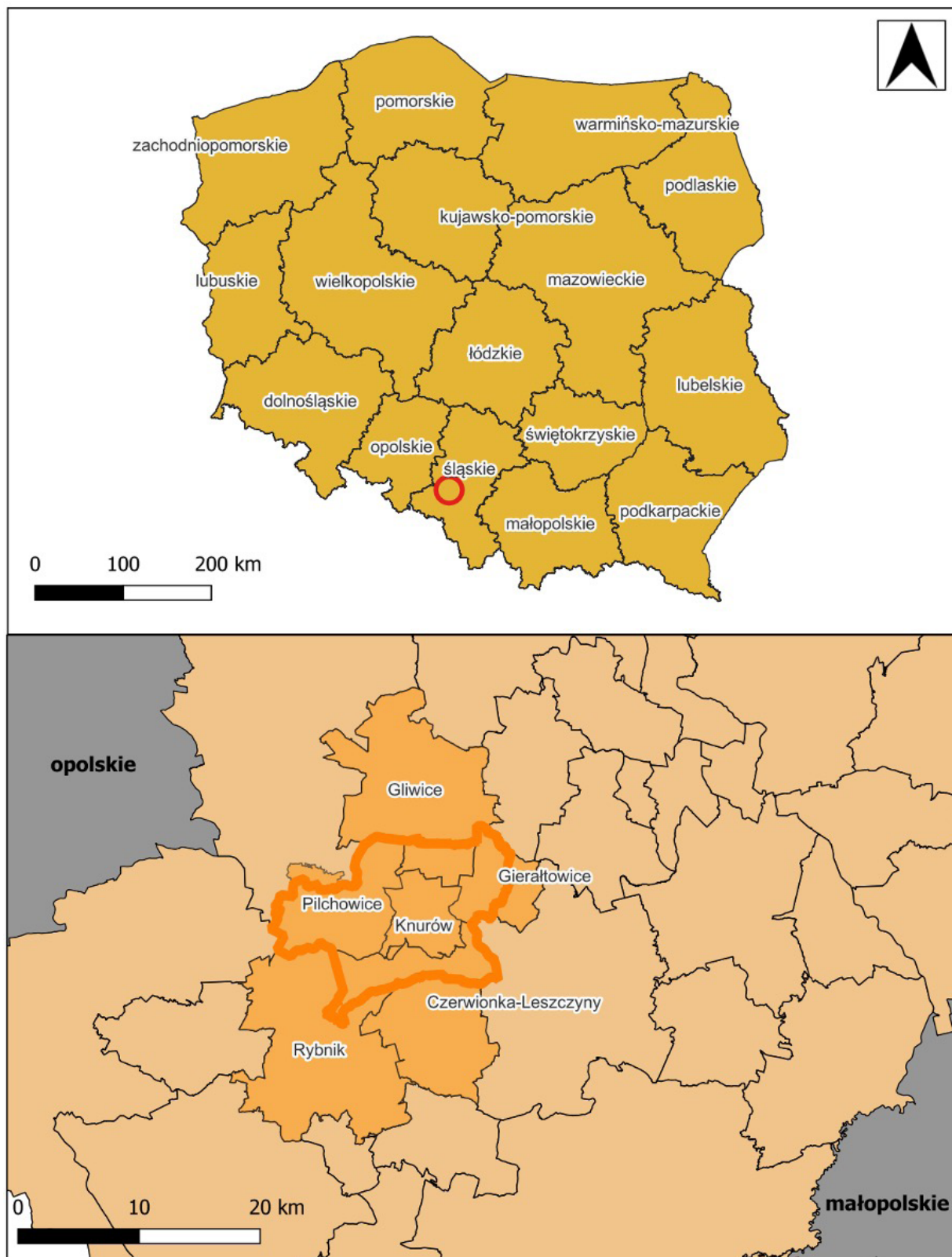
According to the physico-geographic regionalisation of Poland (Nita, Myga-Piątek, 2017; Solon et al., 2018), the study area is located in the Silesian Upland, covering two mesoregions. The north-eastern part belongs to the Katowice Upland, while the south-western part belongs to the Rybnik Plateau.

The analysed area is characterised by varied relief of post-glacial origin with hills with flattened tops separated by a series of basin-like depressions. In the geomorphological classification, the area under consideration is a hilly landscape (Chmielewski, Myga-Piątek, Solon, 2015).

The highest elevation is located in the area of Pilchowice in Wilcza, reaching 275m above sea level, while the lowest point is located in the central part of Pilchowice in the valley of the Bierawka River (210m above sea level). Pre-Quaternary landforms were largely covered by fluvioglacial, stagnant and moraine sediments during the Middle Polish glaciation (Haisig, 2003). The surface is built up of Pleistocene clays, gravels and sands, while the river valleys are underlain by Holocene sediments (Lewandowski, 2003; *Studium uwarunkowań...*, 2010).

The analysed region has been under the influence of underground coal mining for the last few decades. Mining deformations have led to the formation of numerous characteristic anthropogenic forms in the form of land subsidence. Some of these are filled with water and others are wetlands or marshes. Another form of anthropogenic landform created as a result of mining impacts is heaps of mining waste (mainly waste rock exploited together with coal, as well as sediments associated with the coal processing and enrichment process) reaching up to 20m in height.

The study area was characterised by rural landscapes until the mid-19th century. In the 13th century Knurów was already a well-organised settlement. Significant changes in the landscape of the town



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z Państwowego Rejestru Granic  
Fig. 1. Location of the study area. Source: own compilation based on data from the State Boundary Register

eksploatowane wraz z węglem, a także osady związane z procesem przeróbki i wzbogacaniem węgla kamiennego) sięgające do 20 m wysokości.

Badany obszar do połowy XIX w. charakteryzowały krajobrazy wiejskie. W XIII w. Knurów był już dobrze zorganizowaną osadą. Istotne zmiany w krajobrazie miasta nasąpiły na przełomie XIX i XX w. Na skutek odkrycia zasobnych pokładów węgla kamiennego zdecydowano o powstaniu koksowni oraz zakładu górniczego KWK „Knurów”. W 1875 r. na terenie dzielnicy Krywałd wybudowano Zakłady Chemiczne wytwarzające proch (Mnich, 1996). Początek XX w. to dość ważny okres dla rozwoju analizowanego regionu. Wówczas powstały cztery kolonie robotnicze wraz z infrastrukturą towarzyszącą. Tym samym doszło do przekształcenia wiejskiego krajobrazu Knuruwa w tereny przemysłowe. Okres powojenny obfitował w dalszy rozwój przemysłu, między innymi wybudowanie drugiej kopalni, jak również rozbudowa osiedli mieszkaniowych (Kluger, 2008). Knurów otrzymał status miasta w 1951 r. (Hojek, 2005). Tym samym Knurów należy do najmłodszych miast w kraju.

Obecnie na analizowanym obszarze znajduje się kopalnia wydobywająca węgiel kamienny należąca do Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Na podstawie danych uzyskanych z Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Kopalnia Węgla Kamiennego „Knurów-Szczygłowice” to obszar górniczy o wynoszący 59,79 km<sup>2</sup>, w tym Ruch Knurów zajmuje 38,49 km<sup>2</sup> natomiast Ruch Szczygłowice 21,3 km<sup>2</sup>. Ruch Knurów pierwszą tonę węgla wydobyl w 1906 r. Ruch Szczygłowice eksploatację rozpoczął w 1961 r. Kopalnia Węgla Kamiennego „Knurów-Szczygłowice” powstała poprzez połączenie dwóch zakładów górniczych „Knurów” i „Szczygłowice” (<https://www.jsw.pl/o-nas/zaklady>).

## ŹRÓDŁA DANYCH I METODY BADAŃ

Metody oceny deformacji terenu spowodowanych podziemną eksploatacją węgla kamiennego uwarunkowane są problemem badawczym, na jaki są ukierunkowane badania. W niniejszym artykule jest to określenie zmian ukształtowania terenu wywołanych podziemną działalnością górniczą stanowiącą przyczynę przekształceń krajobrazu rejonu Knuruwa. Analizą objęto powstałe osiadania terenu w latach 2008-2017 oraz prognozowane do roku 2040.

took place at the turn of the 19th and 20th centuries. As a result of the discovery of rich coal deposits, it was decided to establish a coking plant and a hard coal mine “Knurów”. In 1875, a chemical plant producing gunpowder was built on the territory of the Krywałd district (Mnich, 1996). The beginning of the 20th century was quite an important period for the development of the analysed region. At that time, four workers’ colonies were built together with the accompanying infrastructure. Thus, the rural landscape of Knurów was transformed into an industrial area. The post-war period was full of further industrial development, including the construction of a second mine, as well as the expansion of housing estates (Kluger, 2008). Knurów was granted city status in 1951 (Hojek, 2005). Thus, Knurów is one of the newest cities in the country.

Currently, in the analysed area, there is a coal mine belonging to the company Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.. According to data obtained from Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., the “Knurów-Szczygłowice” hard coal mine is a mining area of 59.79 km<sup>2</sup>, of which Ruch Knurów covers 38.49 km<sup>2</sup> and Ruch Szczygłowice 21.3 km<sup>2</sup>. Ruch Knurów extracted its first tonne of coal in 1906. Ruch Szczygłowice started exploitation in 1961. The “Knurów-Szczygłowice” hard coal mine was established through the merger of two mining plants: “Knurów” and “Szczygłowice” (<https://www.jsw.pl/o-nas/zaklady>).

## DATA SOURCES AND RESEARCH METHODS

Methods of assessing land deformation caused by underground coal mining are conditioned by the research problem targeted by the study. In this paper, it is the determination of landform changes caused by underground mining activities that are the cause of landscape transformation in the Knurów area. The analysis covers land subsidence occurring in the years 2008-2017 and projected until 2040.

Digital maps showing land subsidence and projected land subsidence were the primary source material. Land subsidence maps were produced in the PL-1992 coordinate system using QGIS software. Vector data from the National Boundary Register in .shp format was used in the project. A standard orthomap within the Web Map Service (WMS) was

Podstawowy materiał źródłowy stanowiły mapy cyfrowe ukazujące osiadania terenu oraz prognozowane osiadania terenu. Mapy osiadań terenu wykonano w układzie współrzędnych PL-1992 przy pomocy programu QGIS. W projekcie wykorzystano dane wektorowe w formacie shp pochodzące z Państwowego Rejestru Granic. Jako podkład wykorzystano ortofotomapę standardową w ramach usługi WMS (Web Map Service). Główną treścią opracowania były warstwice osiadań terenu z lat 2008 – 2017 oraz warstwice dla prognozowanych osiadań terenu do roku 2040, które pochodziły z zasobów Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. KWK „Knurów – Szczygłowice”. Warstwice wyodrębniło z pozyskanych materiałów i zapisano do formatu dxf. Następnie importowano je do programu QGIS i zapisano w formacie shp. Kolejnym krokiem było utworzenie poligonów z linii i nadanie każdemu poligonowi odpowiedniej wysokości jako atrybutu. Następnie utworzono stylizację dla warstw w postaci stopniowanej palety barw (w barwach szaro-czarnych). Utworzono mapy, które obrazują rozkład osiadań terenu dla analizowanego obszaru.

## WYNIKI BADAŃ

### Deformacje powierzchni terenu w latach 2008-2017

Interpretacja mapy osiadań terenu miasta Knurów wraz z częścią gminy Pilchowice (obręby: Nieborowice, Pilchowice, Kuźnia Nieborowska, Wilcza i Żernica), Gierałtowice (obręby: Przyszowice i Gierałtowice), Czerwionka-Leszczyny (obręby: Czuchów, Dębieńsko i Książenice) oraz Gliwice (obręb: Bojków) (ryc. 2, tab. 1) wykazała obszary, które charakteryzują się znacznymi przekształceniami rzeźby terenu w wyniku eksploatacji złóż węgla kamiennego.

W latach 2008-2017 na rozpatrywanym obszarze pojawiły się osiadania wielkości 2 metrów, lecz w niektórych miejscach osiągają nawet 5 metrów. Największe zmiany w krajobrazie uprzemysłowionym wskutek działalności górniczej nastąpiły w Knurowie w jego centralnej, północno-wschodniej, południowo-wschodniej oraz południowo-zachodniej części. Maksymalne wartości odnotowane zostały w zachodniej części miasta, gdzie sięgają 5 metrów.

used as an underlay. The main contents of the study were contours of land subsidence from 2008-2017 and contours for projected land subsidence until 2040, which came from the resources of the Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. “Knurów-Szczygłowice” hard coal mine. The contours were extracted from the acquired materials and saved in .dxf format. They were then imported into the QGIS programme and saved in .shp format. The next step was to create polygons from the lines and give each polygon the appropriate height as an attribute. Styling was then created for the layers in the form of a graduated colour palette (in grey and black). Maps were created to illustrate the distribution of land subsidence for the study area.

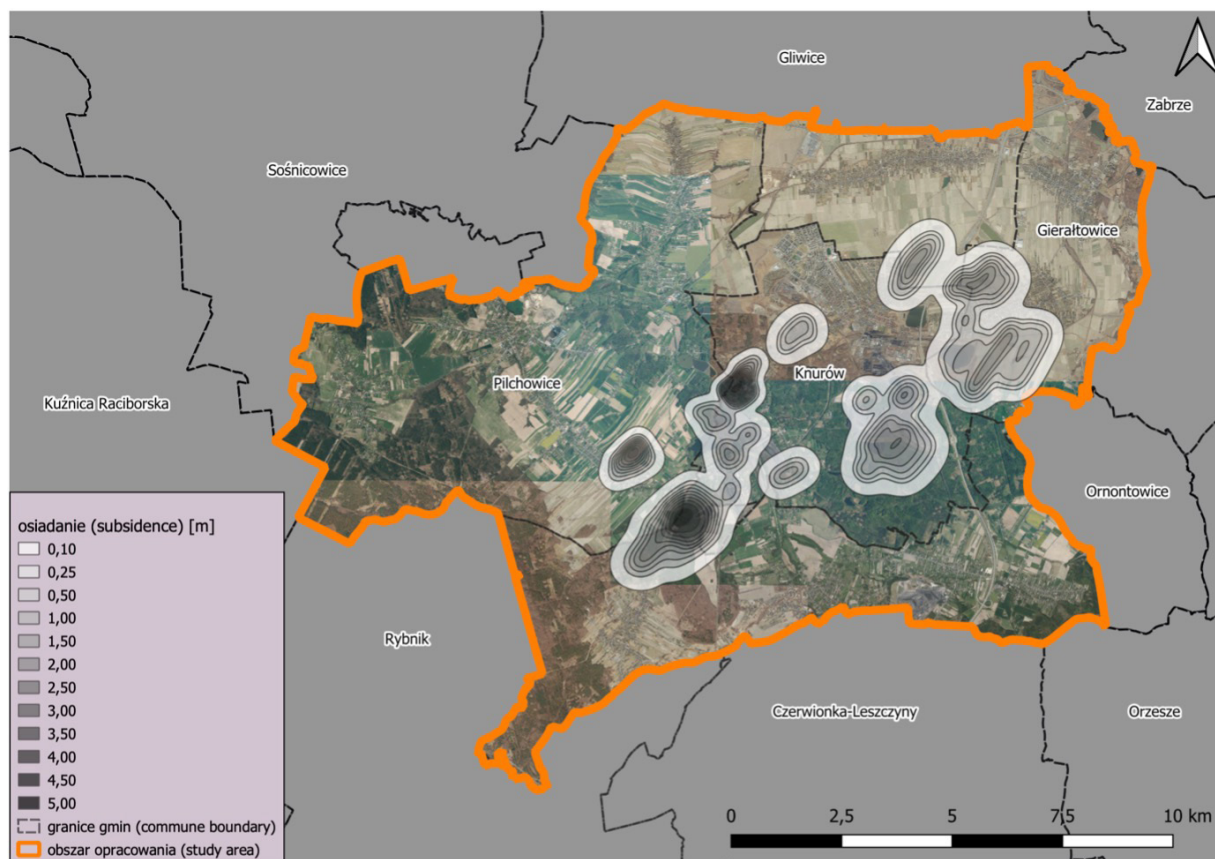
## RESEARCH FINDINGS

### Land surface deformations in the years 2008-2017

The interpretation of the map presenting subsidence of land in Knurów together with part of the communes of Pilchowice (precincts: Nieborowice, Pilchowice, Kuźnia Nieborowska, Wilcza and Żernica), Gierałtowice (precincts: Przyszowice and Gierałtowice), Czerwionka-Leszczyny (precincts: Czuchów, Dębieńsko and Książenice) and Gliwice (precinct: Bojków) (fig. 2, tab. 1) showed areas which have undergone significant landform transformations as a result of coal mining.

Between 2008 and 2017, subsidence of 2 metres occurred in the area under consideration, but in some places, it was as deep as 5 metres. The greatest changes in the industrialised landscape due to mining activities occurred in Knurów in its central, north-eastern, south-eastern and south-western parts. The maximum values were recorded in the western part of the city, where they were up to 5 metres deep.

In the area of the town of Knurów, mining exploitation caused changes in the landscape characterised by the formation of 11 subsidence troughs (fig. 2). The largest subsidence was formed in the north-western part of the Krywałd district on the border with the Pilchowice commune, reaching a depth of up to 5 metres. The second largest subsidence of 4.5 metres is located at the junction



**Ryc. 2.** Mapa osiadań terenu rejonu Knurowa w latach 2008-2017. **Źródło:** opracowanie własne na podstawie map osiadań pozyskanych z Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. w 2018 r.

**Fig. 2.** Map of subsidence of land in the Knurów area in 2008-2017. **Source:** own compilation based on subsidence maps obtained from the company Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. in 2018.

**Tab. 1.** Lokalizacja oraz wielkość osiadań terenu na analizowanym obszarze w latach 2008-2017

**Tab. 1.** Location and size of land subsidence in the study area from 2008 to 2017

Lokalizacja <i>Location</i>	Ilość osiadań <i>Amount of subsidence</i>	Wymiary osiadań (m) <i>Dimensions of subsidence (m)</i>
Knurów	11	1,5 - 5
Pilchowice	4	1,5 - 5
Gierałtówice	4	1,5 - 2,5
Czerwionka-Leszczyny	1	4,5
Gliwice	2	2 - 2,5

**Źródło:** opracowanie własne

**Source:** own elaboration

Na terenie miasta Knurów prowadzona eksploatacja górnicza spowodowała zmiany w krajobrazie charakteryzujące się uformowaniem 11 niecek osiadań (ryc. 2). Największe obniżenie powstało w północno-zachodniej części dzielnicy Krywałd na granicy z gminą Pilchowice o wartości dochodzącej do 5 metrów. Drugie co do wielkości obniżenie

of the borders of the Szczygłowice district, the Pilchowice commune and the Czerwionka-Leszczyny commune. Further subsidence ranging from 2 to 2.5 metres occurred in the central part of the Szczygłowice district, on the borderline between the Knurów district, the Gierałtówice commune and the city of Gliwice, as well as in the northern area of the

sięgające 4,5 metra zlokalizowane jest u zbiegu granic dzielnicy Szczygłowice, gminy Pilchowice oraz gminy Czerwionka-Leszczyny. Kolejne obniżenia terenu występujące w przedziale od 2 do 2,5 metra powstały w centralnej części dzielnicy Szczygłowice, na styku granic dzielnicy Knurów, gminy Gierałtowice oraz miasta Gliwice, a także w północnym rejonie dzielnicy Szczygłowice. Osiedlenia górnicze dochodzące do 1,5 metra znajdują się po południowej i zachodniej stronie Szczygłowic, w południowej części dzielnicy Knurów, między dzielnicami Krywałd oraz Szczygłowice, a także w strefie przygranicznej Knurów i Gierałtowic.

Na obszarze gminy Pilchowice zmiany w rzeźbie terenu spowodowane robotami górniczymi występują po wschodniej oraz południowo-wschodniej stronie gminy. Największa zmiana powstała w sołectwie Wilcza, gdzie uformowały się dwie niecki osiadań o wartościach wynoszących 4 oraz 4,5 metra. Pozostałe obniżenia terenu usytuowane są w południowo-wschodniej części sołectwa Kuźnia Nieborowska i wynoszą 5 oraz 1,5 metra.

Obszar gminy Gierałtowice obejmujący deformacje powierzchni to teren południowo-zachodniej części gminy w rejonie sołectwa Gierałtowice. Antropogeniczne zmiany w krajobrazie w formie 4 obniżen terenu występują w południowym oraz zachodnim fragmencie sołectwa Gierałtowice, których wartości mieszczą się w zakresie 1,5 do 2,5 metra.

W obrębie gminy Czerwionka-Leszczyny wieloletnia eksploatacja złóż węgla kamiennego przyczyniła się do uformowania rozległego obniżenia terenu sięgającego 4,5 metra. Zarejestrowane zmiany w krajobrazie występują u zbiegu granic sołectwa Książenice, dzielnicy Czuchów, miasta Knurów oraz gminy Pilchowice.

Skutki aktywności górniczej na stałe wpisały się również w krajobraz miasta Gliwice. Prowadzona eksploatacja górnicza ukształtowała dwie niecki w południowej części dzielnicy Bojków, których wartości wynoszą odpowiednio 2,5 i 2 metry.

### **Prognoza dalszych osiadań powierzchni**

W oparciu o dotychczasowy kierunek zmian krajobrazu oraz mając na uwadze projektowaną eksploatację złóż węgla kamiennego do roku 2040, prognozuje się rozwój górniczych deformacji terenu rozpatrywanego obszaru. Dokonana analiza mapy prognozowanych osiadań terenu rejonu Knurów

Szczygłowice district. Mining subsidence of up to 1.5 metres is located on the southern and western side of Szczygłowice, in the southern part of the Knurów district, between the districts of Krywałd and Szczygłowice, as well as in the border zone of Knurów and Gierałtowice.

In the area of the Pilchowice commune, changes in the relief caused by the mining works occurred on the eastern and south-eastern sides of the commune. The greatest change occurred in the Wilcza village, where two subsidence troughs of 4 and 4.5 metres were formed. Other subsidence troughs are located in the south-eastern part of the Kuźnia Nieborowska village and measure 5 and 1.5 metres .

The area of the Gierałtowice commune that includes surface deformations is in the south-western part of the commune in the region of the Gierałtowice village. Anthropogenic changes in the landscape in the form of 4 instances of land subsidence occurred in the southern and western parts of Gierałtowice village, with values ranging from 1.5 to 2.5 metres.

Within the Czerwionka-Leszczyny commune, many years of coal mining have contributed to the formation of an extensive subsidence of up to 4.5 metres. Recorded changes in the landscape occurred at the confluence of the borders of the Książenice village, the Czuchów district, the town of Knurów and the Pilchowice commune.

The effects of mining activity have also become a permanent feature in the landscape of the city of Gliwice. The ongoing mining exploitation has formed two troughs in the southern part of the Bojków district, with values of 2 and 2.5 metres respectively.

### **Forecast of further surface subsidence**

Based on the current direction of landscape changes and having in mind the projected exploitation of hard coal deposits until 2040, the development of mining deformations in the area under consideration has been projected. The analysis of the map of projected land subsidence in the Knurów area (fig. 3, tab. 2) shows significant transformations of the land morphology affecting the landscape.

Planned mining until 2040 may lead to numerous deformations in the form of land subsidence with values ranging from 0.5 metres to 10 metres. The town of Knurów and the commune of Gierałtowice show the largest area subject to

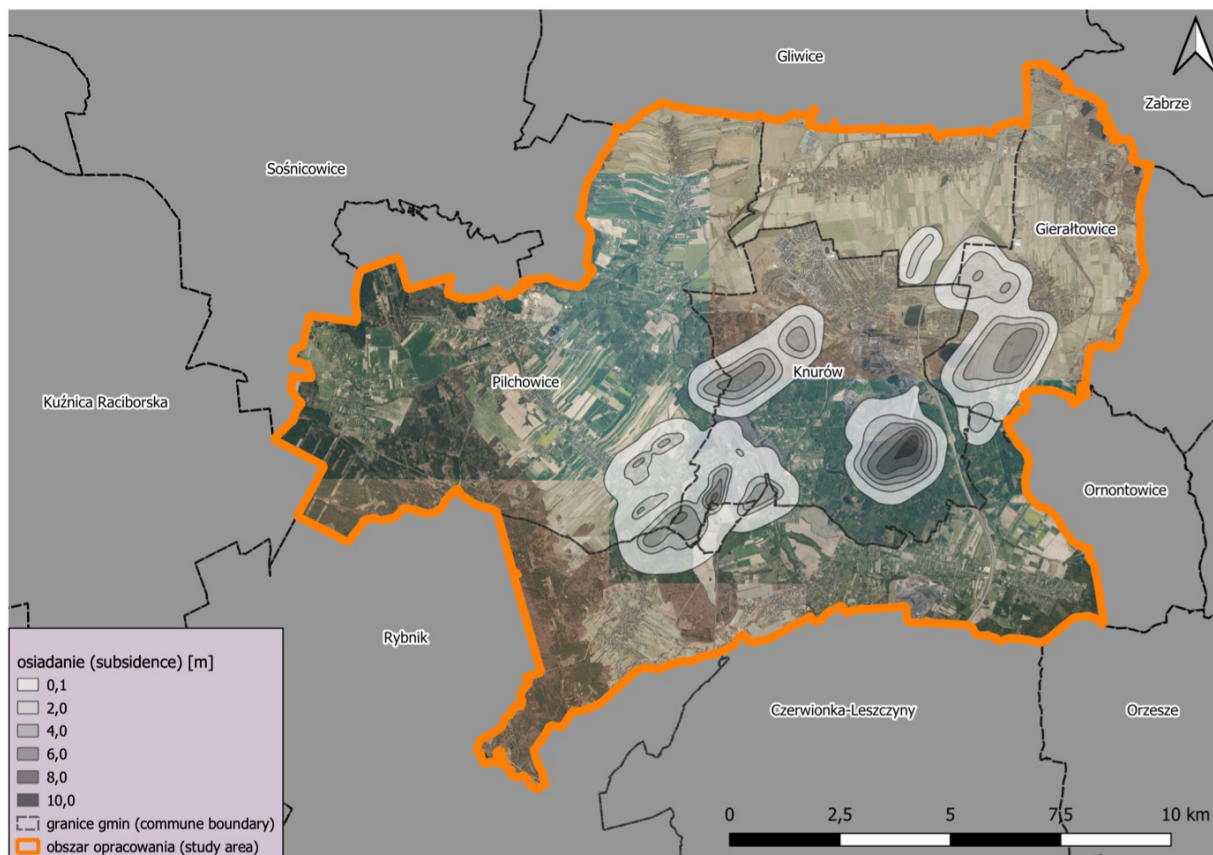


(ryc. 3, tab. 2) przedstawia znaczne przekształcenia morfologii terenu wpływające na krajobraz.

Planowane wydobywanie do roku 2040 może doprowadzić do wystąpienia licznych deformacji w postaci osiadań terenu o wartościach od 0,5 metra do 10 metrów.

changes in relief due to the projected coal mining.

Within the town of Knurów, in its south-eastern and south-western parts, two subsidence troughs of up to 10 metres are forecast to form.



Ryc. 3. Mapa prognozowanych osiadań terenu rejonu Knurowa w latach 2018-2040. Źródło: opracowanie własne na podstawie mapy osiadań pozyskanej z Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. w 2018 r

Fig. 3. Map of projected land subsidence in the Knurów area in 2018-2040. Source: own compilation based on subsidence map obtained from the company Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. in 2018

Tab. 2. Lokalizacja oraz wielkość prognozowanych osiadań terenu na analizowanym obszarze w latach 2018-2040

Tab. 2. Location and size of projected land subsidence in the study area in 2018-2040

Lokalizacja <i>Location</i>	Ilość osiadań <i>Amount of subsidence</i>	Wymiary osiadań (m) <i>Dimensions of subsidence (m)</i>
Knurów	7	2 - 10
Pilchowice	5	4 - 8
Gierałtowice	4	2 - 6
Czerwionka-Leszczyny	3	2 - 8
Gliwice	2	2

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

Największy obszar podlegający zmianom rzeźby terenu na skutek prognozowanej eksploatacji węgla kamiennego ukazuje miasto Knurów oraz gmina Gierałtowice.

W obrębie miasta Knurów w jego południowo-wschodniej oraz południowo-zachodniej części prognozuje się powstanie dwóch obniżeń sięgających nawet 10 metrów. W obrębie tych samych granic przewiduje się uformowanie kilku niecek osiadań spowodowanych ruchem zakładu górniczego, których wartości mieszczą się w przedziale 4 – 8 metrów. W środkowo-zachodniej części miasta prognozuje się dwie rozległe deformacje terenu mogące dochodzić do 4 metrów. Najmniejsze deformacje nieprzekraczające 2 metrów o stosunkowo niewielkiej powierzchni przewiduje się w północno-wschodnim fragmencie Knuruwa.

Na obszarze gminy Pilchowice oddziaływanie planowanej podziemnej eksploatacji górniczej na krajobraz przyczyni się do wystąpienia osiadań terenu dochodzących do 8 metrów. W południowo-wschodnim fragmencie sołectwa Wilcza szacuje się ukształtowanie 4 obniżeń w zakresie 6 – 8 metrów. Prognoza uwzględnia również wschodnią część gminy przy granicy z miastem Knurów, gdzie przewiduje się osiadania gruntu rzędu 4 metrów.

Do obszarów silnie przekształconych wskutek projektowanej działalności górniczej należy południowo-zachodnia część gminy Gierałtowice. W tym rejonie prognozuje się utworzenie 4 niecek osiadań zawierających się przedziale 2 – 6 metrów.

W granicach gminy Czerwionka-Leszczyny prognozą osiadań terenu w perspektywie do 2040 r. objęto północny fragment gminy w obrębie dzielnic Czuchów, Dębieńsko, a także sołectwa Książenice. Deformacje terenu w tym miejscu mogą dochodzić do 8 metrów.

Zakres przestrzenny prognozowanych deformacji obejmuje również południowy obszar miasta Gliwice. Przewiduje się zmiany ukształtowania terenu w postaci 2 niecek osiadań sięgających 2 metrów, zlokalizowanych w południowo-zachodniej części dzielnicy Bojków.

Within the same boundaries, several subsidence troughs caused by the movement of the mining plant are predicted to form, with values ranging from 4 to 8 metres. In the central-western part of the town, two extensive deformations of up to 4 metres are forecast. The smallest deformations not exceeding 2 metres with a relatively small area are predicted in the north-eastern part of Knurów.

In the area of the Pilchowice commune, the impact of the planned underground mining on the landscape will contribute to the occurrence of land subsidence of up to 8 metres. In the south-eastern part of Wilcza village, it is estimated that 4 instances of subsidence in the range of 6-8 metres will form. The prognosis also takes into account the eastern part of the commune near the border with the town of Knurów, where ground subsidence of up to 4 metres is anticipated.

Areas heavily transformed by the projected mining activities include the south-western part of the commune of Gierałtowice. In this area, 4 subsidence troughs are forecast to form, ranging between 2 and 6 metres.

Within the boundaries of the Czerwionka-Leszczyny commune, the forecast of land subsidence until 2040 covers the northern part of the commune within the Czuchów district, Dębieńsko district, as well as the village of Książenice. Land deformation in this area may reach up to 8 metres.

The spatial scope of the projected deformations also covers the southern area of the city of Gliwice. Landform changes are envisaged in the form of 2 subsidence troughs as deep as 2 metres, located in the south-western part of the Bojków district.

## PODSUMOWANIE

Zgodnie z typologią aktualnych krajobrazów Polski, tereny czynnej eksploatacji podziemnej, zostały sklasyfikowane jako podtyp krajobrazu 13c, gdzie tłem krajobrazowym jest silnie przekształcona powierzchnia ziemi, najczęściej pozbawiona roślinności lub fragmentarycznie pokryta roślinnością ruderalną, niecki osiadań gruntów, jak również wysokie nagromadzenie infrastruktury technicznej (Rozporządzenie..., 2019).

Przeprowadzone analizy na wyznaczonym obszarze wykazały, że działalność górnicza powoduje obecnie daleko idące zmiany w krajobrazie. Wyniki badań dowodzą, że podziemna działalność górnicza powoduje stałe nierównomierne osiadanie gruntu na znacznej powierzchni rozpatrywanego obszaru. W latach 2008-2017 dokonana działalność górnicza spowodowała trwale zmiany rzeźby terenu w postaci niecek osiadania.

Przy dalszej projektowanej eksploatacji złóż węgla kamiennego w silnie zurbanizowanych terenach (co najmniej do roku 2040), należy spodziewać się potęgowania zmian krajobrazu, głównie powstawania licznych i rozległych deformacji terenu dochodzących do 10 metrów. Znacząco wpłynie to także na walory widokowe, co szczególnie ważne w planowanych osiedlach mieszkaniowych czy w terenach o wysokich walorach fizjonomicznych. Zagadnienie to wymaga jednak odrębnego opracowania.

Osiadania terenu w wyniku działalności górniczej nieodwracalnie zmieniają krajobraz (fot. 1-4). Wpływają na zmianę stosunków wodnych, co może skutkować stałym lub okresowym podtapianiem terenów, nie można wykluczyć również wystąpienia zagrożenia powodziowego (Contrucci i in., 2019; Zhang i in., 2019). Szkodliwie oddziałuje na stan żyzności gleb, a także doprowadza do dewastacji drzewostanu położonego na terenach górniczych (Pancewicz, 2011; Yunanto i in., 2019).

Procesy te bardzo negatywnie oddziałują na infrastrukturę techniczną, a także zabudowę, w tym budownictwo mieszkaniowe (Wodyński, 2007). Górnicze deformacje terenu mogą powodować uszkodzenia obiektów zabudowy, którym ulegają nie tylko elementy konstrukcyjne, ale także elementy wykończenia oraz wyposażenia. Powoduje to dodatkowo szereg problemów i konfliktów społecznych (Sobczyk, 2007). Zmiany w krajobrazie spowodowanych deformacjami mają wpływ na

## SUMMARY

According to the typology of Poland's current landscapes, areas of active underground mining have been classified as landscape subtype 13c, where the landscape background is a highly transformed ground surface, most often devoid of vegetation or fragmentarily covered with ruderal vegetation and troughs of land subsidence, as well as having a high accumulation of technical infrastructure (Regulation..., 2019).

The analyses carried out in the designated area have shown that mining activities are currently causing far-reaching changes to the landscape. The results show that underground mining activities are causing permanent uneven ground subsidence over a significant area under consideration. Between 2008 and 2017, the mining activities carried out have caused permanent changes to the relief in the form of subsidence troughs.

With the further projected exploitation of hard coal deposits in highly urbanised areas (at least until 2040), an intensification of landscape changes is to be expected, mainly the formation of numerous and extensive land deformations of up to 10 metres. Scenic qualities will also be significantly affected, which is particularly important in planned housing estates or areas of high physiognomic value. However, this issue requires a separate study.

Land subsidence as a result of mining activities irreversibly alters the landscape (photo 1-4). It alters water dynamics, which can result in permanent or periodic flooding of areas, and flood risks cannot be ruled out (Contrucci et al., 2019; Zhang et al., 2019). It has a detrimental effect on the fertility of soils and also leads to the devastation of forest stands located in mining areas (Pancewicz, 2011; Yunanto et al., 2019).

These processes have a very negative impact on technical infrastructure, as well as on buildings, including housing (Wodyński, 2007). Mining deformations of the ground can cause damage to buildings, to which not only structural elements, but also elements of finishes and equipment are subjected. This additionally causes a number of problems and social conflicts (Sobczyk, 2007). Changes in the landscape caused by deformations affect the value of land, which is reflected in the prices of land allocated for construction, including housing. Indirectly, they contribute to an amplification of the phenomenon of spatial chaos (Śleszyński et al., 2018). The issues

wartość terenów, co przekłada się na ceny gruntów przeznaczonych pod budownictwo, w tym budownictwo mieszkaniowe. Pośrednio przyczyniają się do potęgowania zjawiska chaosu przestrzennego (Śleszyński i in., 2018). Zagadnienia wpływu transformacji krajobrazu w wyniku procesów deformacyjnych spowodowanych górnictwem na wartości terenu i ceny gruntów przeznaczonych pod zabudowę – tu jedynie wzmiankowane – stanowią odrębny problem badawczy prowadzony jako projekt doktorski.



**Fot. 1.** Czerwionka-Leszczyny – nieczynne hałdy kopalni „Dębieńsko” (fot. P. Pala)

*Photo 1.* Czerwionka-Leszczyny – inactive heaps of the „Dębieńsko” mine (photo by P. Pala)



**Fot. 3.** Pilchowice – niecka osiadania (fot. P. Pala)

*Photo 3.* Pilchowice – subsidence trough (photo by P. Pala)

of the impact of landscape transformation as a result of deformation processes caused by mining on land values and prices of land allocated for development – only briefly mentioned in this paper – constitute a separate research problem conducted as a PhD project.



**Fot. 2.** Knurów – podtopienia oraz w tle fragment czynnego zwałowiska kopalni „Knurów-Szczygłowice” (fot. P. Pala)

*Photo 2.* Flooding of areas and in the background a fragment of an active pile of the „Knurów-Szczygłowice” mine (photo by P. Pala)



**Fot. 4.** Knurów – zbiornik wodny przy kopalni „Knurów-Szczygłowice” (fot. P. Pala)

*Photo 4.* Knurów – water reservoir at the „Knurów-Szczygłowice” mine (photo by P. Pala)

## REFERENCES

- Bartczek A., Kozłowski S., Kucięba K., Nowosielski S., 1988: Ocena wpływu eksploatacji złóż węgla kamiennego na środowisko. Wyd. SGGW-AR. Warszawa.
- Contrucci I., Balland C., Kinscher J., Bennani M., Bigarre P., Bernard P., 2019: Aseismic mining subsidence in an abandoned mine. Influence factors and consequences for post-mining risk management. *Pure and Applied Geophysics*, 176, 2: 801-825.
- Dubiński J., Mutke G., 1992: Oddziaływanie górniczych wstrząsów górotworu na powierzchnię. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. CPPGSMiE PAN. Kraków.
- Dulias R., 2007a: Wpływ górnictwa węgla kamiennego na zmiany rzeźby obszaru KWK Miechowice na Wyżynie Śląskiej. *Acta Geographica Silesiana*, 1: 5-12.
- Dulias R., 2007b: Geomorfologiczne skutki eksploatacji węgla kamiennego w Zagłębiu Dąbrowskim. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 38: 11-22.
- Dwornik M., Bała J., Franczyk A., 2021: Application of a New Semi-Automatic Algorithm for the Detection of Subsidence Areas in SAR Images on the Example of the Upper Silesian Coal Basin. *Energies*, 14, 11, 3051.
- Flak A., 2002: Etapy rozwoju krajobrazu na skutek podziemnej eksploatacji węgla kamiennego (na przykładzie obszarów górniczych w Jastrzębiu-Zdroju). Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 33, UŚ WBiOŚ, WNoZ. Katowice-Sosnowiec: 16-24.
- Florkowska L., Bryt-Nitarska I., Kruczkowski J., 2021: Deformation and damage to buildings caused by ground movements in mining areas (case study). *Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych*, 4: 52-63.
- Gabzdyl W., 1994: Geologia złóż węgla. Złóża świata. Polska Agencja Ekologiczna. Warszawa.
- Greń K., Popiołek E., 1983: Wpływ eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię. Skrypty uczelniane AGH. Kraków, 889.
- Greń K., Popiołek E., 1990: Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnie i górotwór. Skrypt uczelniany AGH. Kraków, 1179.
- Haisig J., 2003: Budowa geologiczna i rzeźba powierzchni podczwartorzędowej Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej [in:] Haisig J. & Lewandowski J. (ed.). Plejstocen Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej na tle struktur morfotektonicznych podłoża czwartorzędowego, X Konferencja „Stratygrafia Plejstocenu Polski”, Rudy 1-5.09.2003. Sosnowiec: 11-15.
- Hojka H., 2005: Zarys dziejów Knuruwa od końca XIII w. do czasów współczesnych. Towarzystwo Miłośników Knuruwa.
- Kaszowska O., Palka J., Koba M., 2003: Problemy społeczne wynikające z oddziaływania podziemnej eksploatacji górniczej na obiekty budowlane. „Geodezja”. *Półrocznik Akademii Górniczo-Hutniczej*, 9, 2/1: 337-344.
- Kluger M., 2008: Krajobrazy miasta Knurów. WNoZ UŚ. Sosnowiec. Maszynopis pracy magisterskiej.
- Kopeć A., Bugajska N., Milczarek W., Głabicki D., 2022: Long-term monitoring of the impact of mining operations on the ground surface at the regional scale based on the InSAR-SBAS technique, the Upper Silesian Coal Basin (Poland). Case study. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 19, 1: 93-110.
- Kowalski A., 2020: Hałda w górnośląskim pejzażu kulturowym [in:] *Rozwój przemysłu oraz jego wpływ na zmiany gospodarcze i kulturowe Małopolski i Górnego Śląska – materiały z III Forum Regionalnego Między Małopolską a Górnym Śląskiem 14-15 listopada 2019*: 69-75.
- Kozacki L., 1988: Przekształcenia środowiska górniczego w rejonach górniczych. *Zesz. Naukowe AGH, Sozologia i sozotechnika*, 26.
- Kwiatkiewicz J. (ed.), 2005: Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi. Wydawnictwo GIG. Katowice.
- Lewandowski J.; 2003: Plejstocen glacialny Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej i obszarów sąsiednich. [in:] Haisig J. & Lewandowski J. (ed.). Plejstocen Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej na tle struktur morfotektonicznych podłoża czwartorzędowego, X Konferencja „Stratygrafia Plejstocenu Polski”, Rudy 1-5.09.2003. Sosnowiec: 16-28.
- Liu X., Guo G., Li H., 2019: Study on damage of shallow foundation building caused by surface curvature deformation in coal mining area. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(11): 4601-4610.
- Madoncz A., 2001: Osiedlenia terenu na obszarze Jastrzębia Zdroju w latach 1974-1997. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 31: 15-21.

- Mnich R., 1996: Zakłady chemiczne. Zeszyty Knurowskie, 11, 1. Rada Miejska w Knurowie.
- Niemiec T., 1985: Deformacja górotworu jako skutek eksploatacji górniczej. *Ochrona Terenów Górniczych*, 73-74.
- Nita J.; 2013: Zmiany w krajobrazie powstałe w wyniku działalności górnictwa surowców skalnych na obszarze Wyżyny Środkowopolskich. Uniwersytet Śląski. Katowice, 185 p.
- Nita J., Myga-Piątek U., 2006: Krajobrazowe kierunki w zagospodarowaniu terenów pogórniczych. *Przeгляд Geologiczny*, 54, 3: 256-262.
- Nita J., Myga-Piątek U., 2017: Inne spojrzenie na regionalizację Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. A different perspective on the regionalization of the Śląsko-Krakowska Upland. *Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego*, 37: 141-165.
- Ostręga A., Cała M., 2020: Assessing the value of landscape shaped by mining industry. A case study of the town of Rydułtowy, Poland. *Archives of Mining Sciences*, 65, 1: 3-18.
- Pancewicz A., 2011: Środowisko przyrodnicze w odnieniu krajobrazu poprzemysłowego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice.
- Posyłek E., Rogoż M., 1982: Wpływ osiadania powierzchni terenu na stosunki wodne na obszarze miasta Katowice. Referaty na konf. Ochrona Środowiska na terenie aglomeracji Katowice. PTPNoZ, Zarząd Główny, Oddz. Górnośląski. Warszawa-Sośnowiec: 16-26.
- Rozporządzenie Rady Ministrów 2019: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 stycznia 2019 r. w sprawie sporządzania audytów krajobrazowych. *Dz. Ust.*, poz. 394, Warszawa.
- Santorius P., Białecka B., Grabowski J., 2007: Środowiskowe i gospodarcze problemy spowodowane degradacją terenów w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *Prace Nauk. GIG, Górnictwo i Środowisko*, 1: 85-99.
- Sobczyk W., 2007: Badania opinii respondentów na temat uciążliwości środowiskowej górnictwa węgla. *Górnictwo i Geoinżynieria*, 5, 1: 497-506.
- Sobuła W., Martyka J., Nowak K., 2005: Szkody górnicze jako element dyskomfortu w warunkach życia mieszkańców Górnego Śląska. „*Przeгляд Górniczy*”, 61: 7-8.
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Terpiłowski S., Ziaja W., 2018: Physico-geographical mesoregions of Poland. Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica*, 91, 2: 143-170.
- Strzałkowski P., 2019: Some remarks on impact of mining based on an example of building deformation and damage caused by mining in conditions of Upper Silesian Coal Basin. *Pure and Applied Geophysics*, 176, 6: 2595-2605.
- Strzałkowski P., 2021: Duration of the final phase of mining area deformation process in the conditions of Upper Silesia (Poland). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80, 7.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Knurów. 2010.
- Szuwarzyński M., 2021: Górnicze krajobrazy kulturowe w południowej Polsce. Makowska-Iskierka M., Wojciechowska J. (ed.). *Warsztaty z Geografii Turystyki*, 11. *Krajoznawstwo a turystyka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. Łódź.
- Śleszyński P., Chmielewski T. J., Chmielewski S., Kułak A., 2018: Estetyczne koszty chaosu przestrzennego. *Studia KPZK*, 182.
- Wodyński A., 2007: Zużycie techniczne budynków na terenach górniczych. Wydawnictwo AGH. Kraków, 142 p.
- Wojciechowski K.H., 2007: Układy wymiarów jakości wizualnej krajobrazu. *Czasopismo Techniczne*, seria: Architektura, 104: 181-183.
- Yunanto T., Mitlohner R., Bürger-Arndt R., 2019: Vegetation development and the condition of natural regeneration after coal mine reclamation in East Kalimantan, Indonesia. In *Mine Closure 2019: Proceedings of the 13th International Conference on Mine Closure: 1289-1302*. Australian Centre for Geomechanics.
- Zhang B., Lu C., Wang J., Sun Q., He X., Cao G., Zhao Y., Yan L., Gong B., 2019: Using storage of coal mining subsidence area for minimizing flood. *Journal of Hydrology*, 572: 571-581.
- Zych J., Duży S., Kleta H., 1994: Wpływ wieloletniej intensywnej eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię terenu. *Mat. konf. Współczesne problemy ochrony środowiska w górnictwie*. Krynica: 157-168.

<https://www.jsw.pl/o-nas/zaklady>