

Das System Szkody wer. 4.0 als Unterstützung im Bau der A4-Autobahn im Bereich der Deformation des Bergbaugesbiets

Eligiusz Jędrzejec¹, Andrzej Kowalski² and Piotr Gruchlik³

System Szkody wer. 4.0 ako podpora pri konstrukcii diaľnice A4 na území deformovanom banskou ťažbou

The paper presents a system created in the Main Institute of Mining. The system called SZKODY wer. 4.0. is a 32-bit version of system allowing very quick calculation of deformations in Windows. Numerous tool programs allow, among others, graphical outlook of the calculated deformations in the areas of the grids of calculation points, assistance in making the timetable of mining, assessment of the amount of deposit, making auxiliary files for maps and graphs, etc. The examples of the application of this system as the support in the forecasting and the analysis of the measured deformations during the building of A4 motorway, especially the distance Wirek junction – Batory junction are given.

Key Words: exploitation, mining damage, mining terrain, control, computer program, technical opinion

Einführung

Die Vorausberechnung der Oberflächendeformationen hat große Bedeutung für den Schutz der bestehenden Bewirtschaftung und für die Planung von neuen Objekten, weil von ihren Ergebnissen der Umfang und die Kosten der in Bergwerk geführten Bergbau- und an der Oberfläche angewandten Bauprophylaxe abhängig sind.

Die Vorausberechnung der Deformationen erfolgt im polnischen Steinkohlenbergbau hauptsächlich unter Anwendung der *Budryk-Knothe-Theorie*. Es wurden für sie einige Vorausberechnungsprogramme erarbeitet. Zu den am häufigsten angewandten gehören diejenigen von: *J. Białek* (Białek 2003), *B. Drzęzła* (Drzęzła 1993), *R. Hejmanowski* (Hejmanowski 2001), *E. Jędrzejec* (Jędrzejec 1993, 2002).

Im Hauptinstitut für Bergbau waren die in den Jahren 1987 – 1993 für die mit DOS betriebenen PC-Computern geschriebenen Programmsysteme SZKODY 2.0 und SZKODY 3.0 relevant (Jędrzejec 1993). Das System SZKODY 2.0 hat zur Vorausberechnung der Endwerte der Bodenbewegungselemente gedient, die von Abbaubereichen herkamen, die als eine Gruppe der Abbaufelder und ohne Berücksichtigung des Abbauplanes betrachtet waren. Im System SZKODY 3.0 wird der Abbauplan berücksichtigt und die sog. zeitlich extremalen Werte der Bodenbewegungselemente werden gesucht. Es besteht auch die Möglichkeit die dauernden Deformationen vorzuberechnen.

Die im Jahr 1995 von *Microsoft* initiierte Entwicklung der Multitasking-Betriebssysteme für PC-Computer hatte zur Folge, dass die DOS-Programme nicht mehr attraktiv und somit nicht mehr angewandt wurden. Im Jahr 2000 wurde das nächste Programm *SZKODY wer. 4.0* geschrieben. Es ist eine 32-bit Systemversion, die eine sehr schnelle Berechnung der Deformationen im Windowssystem ermöglicht. Im Jahr 2005 wurde eine weitere Softwareversion erarbeitet, die aktuell getestet wird.

Das Ziel der vorliegenden Publikation ist die Darstellung des Systems SZKODY wer. 4.0 sowie seiner Anwendung in der Bergbau- und Bauprophylaxe an der A4-Autobahn an der Strecke Autobahnkreuz Wirek – Autobahnkreuz Batorego (zwischen Gliwice und Katowice).

Der Bau des Systems SZKODY wer.4.0

Das Wesen der Systemkonzeption bildet *ein Projekt*, das viele *Varianten* beinhalten kann. Jede *Variante* bildet eine Menge von typischen *Aufgaben*. Es wurden die folgenden Aufgaben definiert:

- zwei Arten der Datenbearbeitung,
- vier Berechnungsarten (z.B. für gestreute Punkte, Punkte im Raster, lineare Objekte),
- fünf Arten der Berichtbearbeitung (in Tabellen für gestreute Punkte oder lineare Objekte, oder in Form von GRD-Dateien, die als Dateien für das *Surfer* Programm fungieren, das die Bildung der Deformations-isolinien ermöglicht).

¹ dr Eligiusz Jędrzejec, Główny Instytut Górnictwa, 40-166 Katowice, pl. Gwarków 1, tel. +48 32 2592641, fax. +48 32 2596533. e.jedrzejec@gig.katowice.pl

² dr inż. Andrzej Kowalski, Główny Instytut Górnictwa, 40-166 Katowice, pl. Gwarków 1, tel. +48 32 2592316, fax. +48 32 2596533. a.kowalski@gig.katowice.pl

³ dr inż. Piotr Gruchlik, Główny Instytut Górnictwa, 40-166 Katowice, pl. Gwarków 1, tel. +48 32 2592641, fax. +48 32 2596533. p.gruchlik@gig.katowice.pl

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 21. 5. 2007)

Jede *Variante* eines Projekts kann unterschiedliche Mengen der Aufgaben beinhalten, die andere Dateien benutzen. Dadurch wird die Variante gewöhnlich mit einer bestimmten *Abbauvariante* verbunden.

Das Projekt ist physisch gesehen eine Textdatei und beinhaltet Informationen über dem Inhalt der einzelnen Varianten und deren Aufgaben, sowie über den Namen von Daten- und Ergebnisdateien.

Das Programm lässt die Parameter der einzelnen Abbauflächen, die Koordinaten ihrer Abbauecken, die Form der einzelnen Abbauflächen und den Abbauplan spezialisiert bearbeiten. Es lässt auch die Ergebnistabellen aus den Berichten in Word- oder Exceldateien kopieren.

Das Programm ermöglicht eine eigene Konzeption der Lokalisierung und Benennung der Daten und Ergebnisdateien zu erstellen, die dann in einer Konfigurationsdatei gespeichert wird. Das Projekt kann archiviert werden (Projektdatei samt allen Daten und Ergebnisdateien), indem alle Dateien in einer komprimierten Datei (mit einer Erweiterung .pck) verdichtet werden. Solche Datei kann an einer anderen Station ausgepackt werden und die einzelnen Bestandsdateien werden automatisch in den für diese Station entsprechenden Ordnern lokalisiert.

Einige der Toolprogramme

In dem System wurden spezialisierte Werkzeuge entworfen. Zu den wichtigsten gehören:

- Das Programm *Digitize.exe* dient zur Digitalisierung der Landkarten mit zur Hilfenahme des mit einem *wintab*-Treiber bedienten Digitizers.
- Das Programm *Filter.exe* dient zur Konvertierung der Daten aus den Programmen von Bialek in das System Szkody und umgekehrt.
- Das Programm *GRDview.exe* ermöglicht die graphische Ansicht der GRD-Dateien, sowie das Identifizieren der Funktionswerte in einem beliebigen Punkt und automatisches Anzeigen der Extremwerte der Funktion.
- Das Programm *BLNwyk.exe* ermöglicht eine spezialisierte Bearbeitung der BLN-Dateien (Textdateien in einem im *Surfer* angewandten Format, die unter anderem zur Darstellung von Gruppen von Abbauflächen verwendet werden):
 - o Bildung von BLN-Dateien aus gruppierten Abbauflächen oder Sonderung des Zustandes der einzelnen Abbaufläche in einem bestimmten Zeitraum,
 - o die flache Transformation der BLN-Objekte,
 - o die Bearbeitung der Textdateien.
- Das Programm *hodograf.exe* ermöglicht die Deformationsgeschichte in gestreuten Punkten in Form von einem sich in der Zeit wandelnden Diagramm der hodographischen Charakteristik eines Bodenbewegungselements (Animation) anzusehen.
- Das Programm *TimeFun.exe* ermöglicht die noch dauernden Deformationen, die von dem Strebau verursacht werden, für verschiedene Zeitfunktionen und unter Berücksichtigung des wöchentlichen Abbauplans (Stillstände) zu berechnen.
- Das Programm *CategoriesPainterMAP.exe* dient zum manuellen und automatischen (unter Berücksichtigung der Datenbänke) Markieren der Empfindlichkeitskategorie der Objekte und der Oberfläche in einem DWG-Dokument, zusammen mit dem Programm Autodesk MAP 3D oder AutoCAD.

Die Organisierung der Computerunterstützung in dem Abbauentwerfen

Das Entwerfen des Abbaus, dessen negativer Einfluss auf die Objekte der Oberfläche bis zu einem bestimmten zugelassenen Grad begrenzt sein würde, bei gleichzeitiger Begrenzung der notwendiger Sicherungen an diesen Objekten, hat einen Iterationscharakter (Praca zbiorowa, 1997). Einige Fragmente dieses Prozesses, wie Vorausberechnung der Bodenbewegungselemente der kontinuierlichen Deformationen, Analyse der Deformationszulässigkeit sowie Korrigieren der ersten Abbauvariante, sollen und können aufgrund ihrer rechnerischen Kompliziertheit computerunterstützt werden, Abb. 1.

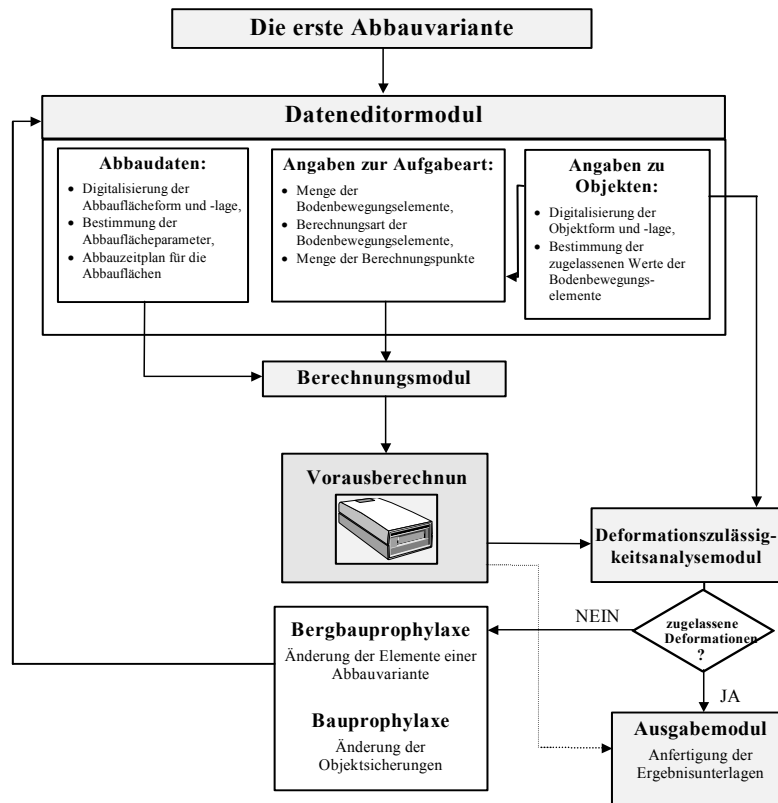


Abb. 1. Ein Schema der Computerunterstützung in dem Abbauentwerfen (Praca zbiorowa, 1997).

Ein Beispiel der Anwendung des Systems bei dem Bau der A4-Autobahn

Bergbaubedingungen

Die A4-Autobahnstrecke zwischen Autobahnkreuz Wirek (km 325 + 232,8) und Autobahnkreuz Batorego (km 331 + 470) wurde seit Mitte 2002 bis Ende 2004 gebaut. Die Autobahn wurde für die Deformationen der II. Kategorie und die Brücken für die Deformationen der III. Kategorie des Bergbaubeiets entworfen (Porozumienie ... 2000). Die in dem Bauzeitraum in Jahren 2001-2004 vermuteten Oberflächensenkungen längst der Autobahnachse wurden in einem Einvernehmen vom November 2000 eingeschlossen. Zu der Zeit der Bauanfang wurden acht Strebe abgebaut (Abb.2) und die Oberfläche wurde deformiert.

Im zweiten Halbjahr des 2002 hat das Hauptinstitut für Bergbau eine Korrektur des Abbaubereichs durchgeführt. Dabei wurden die Autobahnschutzbedingungen (Deformationen II. Kategorie), sowie sich in dieser Zeit zeigenden Deformationen berücksichtigt. Der von den Bergwerken vorgeschlagene und in dem Einvernehmen eingeschlossene Abbaubereich umfasste den Abbau von zwölf weiteren Streben während des Autobahnbaus, Abb. 2.

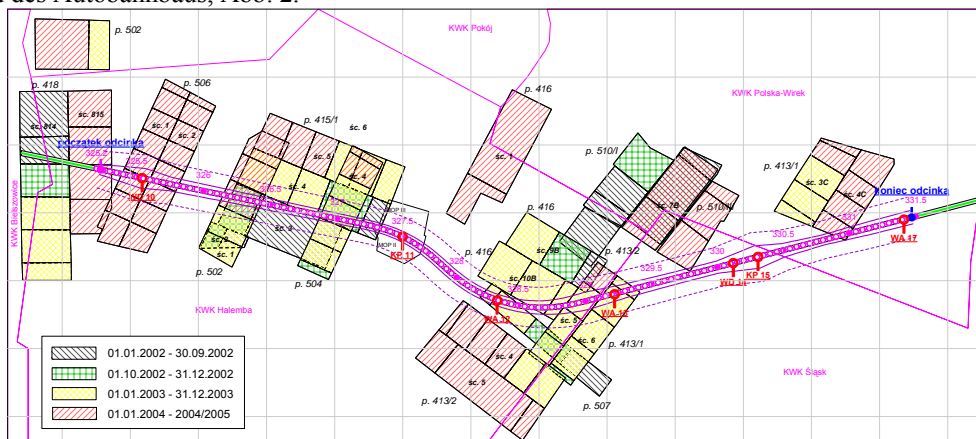


Abb. 2. Ein Schema des geführten und entworfenen Abbaus während des Autobahnbaus.

Bergbauprohylaxe

Für den von Bergwerken vorgeschlagenen Abbaubereich (Variante 0) wurde der Umfang der Bergbauprohylaxe so erarbeitet (Abb. 1), damit die Deformationen während des Baus nicht die II. Kategorie des Bergbaugebiets überschreiten. Zu diesem Zwecke wurde das System Szkody benutzt. Durch Vorausberechnung der Deformationen, Korrigierung der 0 Variante des Abbaus und Analyse der Deformationszulässigkeit wurden fünf Korrekturen durchgeführt (*Ekspertyza ... 2002*). Sie beruhen auf:

- Abbauverzögerung an manchen Streben,
- Begrenzung der Abbaufronthöhe (im Flöz 415/1),
- Begrenzung des Abbaubereiches (Verkürzung des Verhiebs des Strebs10 im Flöz 416).

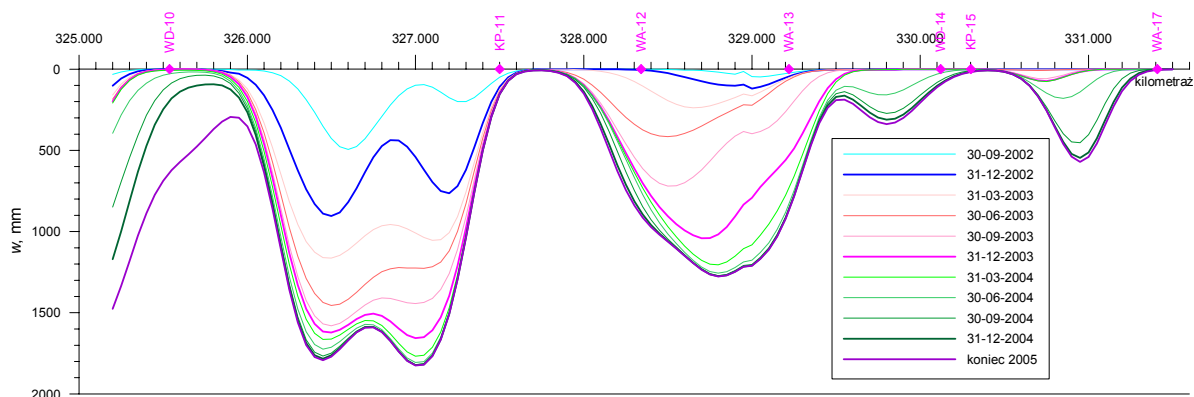


Abb. 3. Die Profile der vorausberechneten Senkungszunahmen in der Autobahnachse.

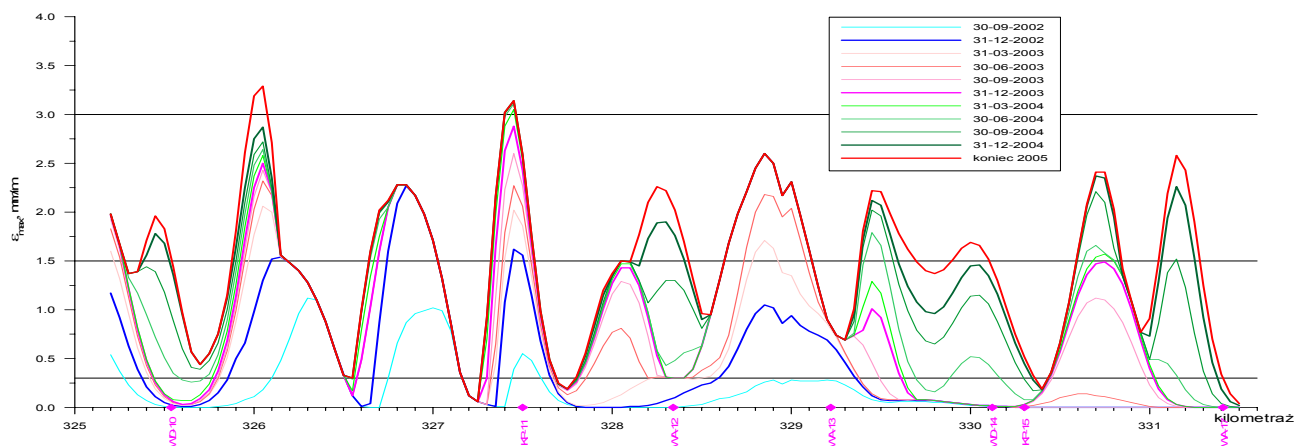


Abb. 4. Die maximalen horizontalen Verformungen in der Autobahnachse.

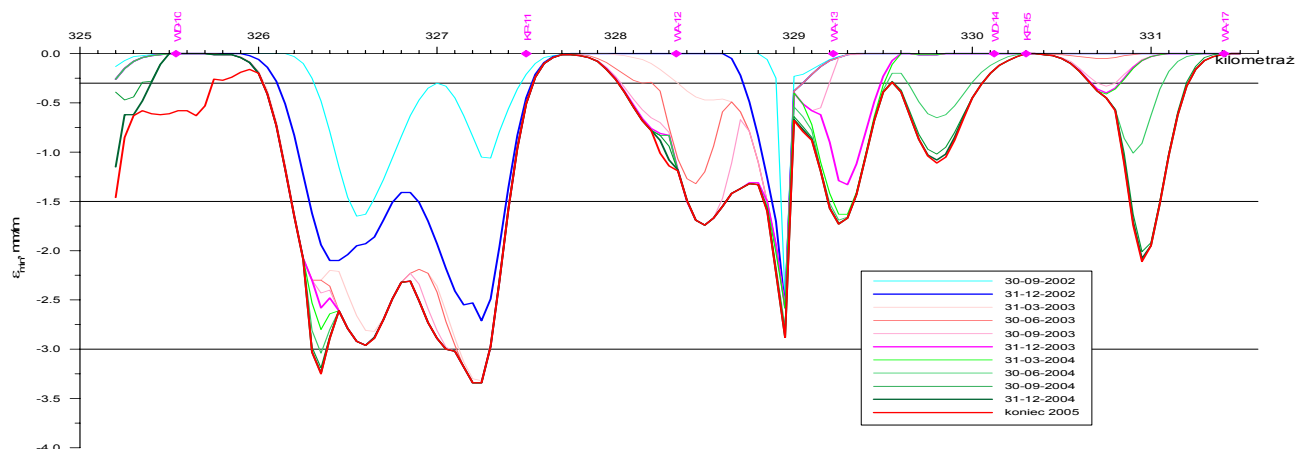


Abb. 5. Die minimalen horizontalen Verformungen in der Autobahnachse.

Die Vorausberechnungsergebnisse der Senkungen und extremalen horizontalen Verformungen in der Autobahnachse wurden in den Abbildungen 3-5 dargestellt. Die Vorausberechnungsergebnisse

bildeten eine Grundlage zur Erarbeitung der Bauprojektkorrektur und zum Monitoring der Autobahn deformationen.

Die Prophylaxe während des Abbaus und des Monitorings

Während des Autobahnbaus umfasste das Monitoring vor allem die Messungen der Oberflächensenkungen längst der Autobahn, der Autobahngeometrie, der Autobahndeckeentwässerung und der unterirdischen Infrastruktur, sowie der Deformationen im Bereich der Störungszonen. Alle Brückenobjekte wurden überwacht. Das Monitoring umfasste die Höhenmessungen von zirka 500 gestreuten Punkten, die außerhalb der Erdbauzone legten und die Längenmessungen im Bereich der Störungszonen. Die Messpunkte bildeten zwei Linien, die ungefähr parallel zu der Autobahnachse an ihrer linken und rechten Seite liefen. Die Messungen wurden am Anfang in vierteljährlichen und dann in monatlichen Abständen durchgeführt. Nach jeder Messung wurden die Vergleichsanalysen der vorausgerechneten und gemessenen Senkungen angefertigt. Danach wurden die Theorieparameter und die Deformationsvorausberechnungen nach dem aktuellen Bereich und Zeitplan des verbleibenden Abbaus entsprechend verifiziert.

Ein Beispiel des Vergleichs von gemessenen und a priori vorausgerechneten Senkungen für den analogen Zeitraum bis Mai 2004 wurde in der Abbildung 6 dargestellt (*Prognosa ... 2004*).

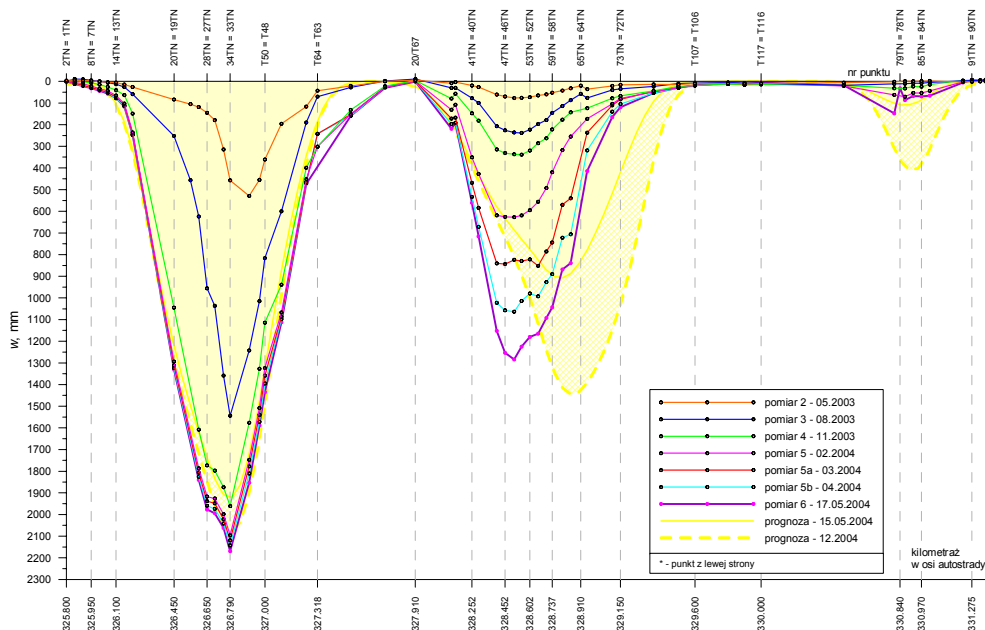


Abb. 6. Die Verläufe der gemessenen Senkungszunahmen (Mittelwerte aus den Messungen an der rechten und linken Seite der Autobahn), (*Prognosa ... 2004*)

In dem Vergleich der vorausgerechneten und gemessenen Senkungen wurden Unterschiede festgestellt, deren Ursachen waren:

- die gebauten Flözmächtigkeiten größer als in der Vorausberechnung angenommen,
- die α -Koeffizienten für Bruchbau mit Verdichtung der Bruchzone mittels Flugasche höher als erwartet,
- höheres Gebirgsparameter $tg \beta$,
- veränderliche Abbaurandzone,
- veränderliche Zeitfaktor.

Schlusswort

1. Wie es aus dem präsentierten Beispiel der Anwendung des Systems Szkody wer 4.0 hervorgeht, ist das System sehr hilfreich in der Praxis, insbesondere, wenn der Abbau von vielen einzelnen Abbauflächen entworfen wird, dessen Einwirkungen sich summieren und wenn die Bergbau und Bauprophylaxe angewandt werden müssen.
2. Die Entwicklung der Digitallandkartentechnologie ermöglicht den Anwendungsbereich des Systems zu erweitern, sowohl für die Erarbeitung der Vorausberechnungsergebnisse als auch für die Erarbeitung der Deformationsmessergebnisse.

3. Ein getrenntes Problem, das weiterer Forschungen bedürft, bildet die Treffsicherheit der erstellten Vorausberechnungen, sowie das Bedürfnis die geodätischen Kontrollmessungen der Oberflächebewegungen zu führen, die Deformationen mit minimaler Streuung sind.

Literatur – References

4. Bialek, J., Drzęzła, B.: *Przegląd aktualnego stanu oprogramowania problematyki prognozowania poeksploatacyjnych deformacji górotworu. Materiały z Konferencji Naukowo-Technicznej: II Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych.* Katowice, GIG 1993.
5. Bialek, J.: *Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górnictwa.* Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2003.
6. Hejmanowski, R.: *Prognozowanie deformacji górotworu i powierzchni terenu na bazie uogólnionej teorii Knothego dla złóż surowców stałych, ciekłych i gazowych.* Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków 2001.
7. Jędrzejec, E.: *Komputerowy system prognozowania wpływu podziemnej eksploatacji górnictwa na górotwór. Materiały z Konferencji: II Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych.* Katowice, GIG 1993.
8. Jędrzejec, E.: *32-bitowa aplikacja Szkoły 4.0. do prognozowania poeksploatacyjnych deformacji górotworu. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górniczego. Seria Konferencje nr 41.* Katowice 2002.
9. Kowalski, A., Kwiatek, J.: *Doświadczenia z prowadzenia eksploatacji górnictwa pod budowaną autostradą A4, zwłaszcza na odcinku węzeł Wirek – węzeł Batorego. Konferencja naukowo-techniczna nt. Problematyka budowy i eksploatacji autostrady A-1 na odcinku Sośnica-Gorzyczki w świetle wymogów ochrony środowiska i uwarunkowań górnictwa.* Jastrzębie –Zdrój, ZO SITG Rybnik, Mai 2006.
10. *Praca zbiorowa pod redakcją J. Kwiatka. Ochrona obiektów budowlanych na terenach górnictwa.* Wydawnictwo Głównego Instytutu Górniczego. Katowice 1997.
11. *Porozumienie zawarte 30 listopada 2000 r. pomiędzy Agencją Budowy i Eksploatacji Autostrad w Warszawie – Oddział Terenowy w Gliwicach, Generalną Dyрекcją Dróg Publicznych – Oddział Południowy w Katowicach, Rudzką Spółką Węglową S.A. i Krakowskim Biurem Projektów Dróg i Mostów, dla odcinka węzeł Wirek -węzeł Batorego, (nicht veröffentlicht, GIG).*
12. *Ekspertyza górnictwo-budowlana do projektu budowy autostrady A4 na odcinku węzeł Wirek-węzeł Batorego wraz z Anekssem. Dokumentacja Głównego Instytutu Górniczego. Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych. Symbol pracy 48139502-131.* Katowice, 2002/2003 (nicht veröffentlicht).
13. *Prognoza deformacji powierzchni dla autostrady A4 – Lot 2 węzeł Wirek – węzeł Batorego, uwzględniająca ustalenia Zespołu Porozumiewawczego z dnia 10. 05. 2004. oraz stan eksploatacji górnictwa na 15. 05. 2004.* Dokumentacja Głównego Instytutu Górniczego. Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych. Symbol pracy 48124993-131/BB/191/04. Katowice, Juni 2004 (nicht veröffentlicht).