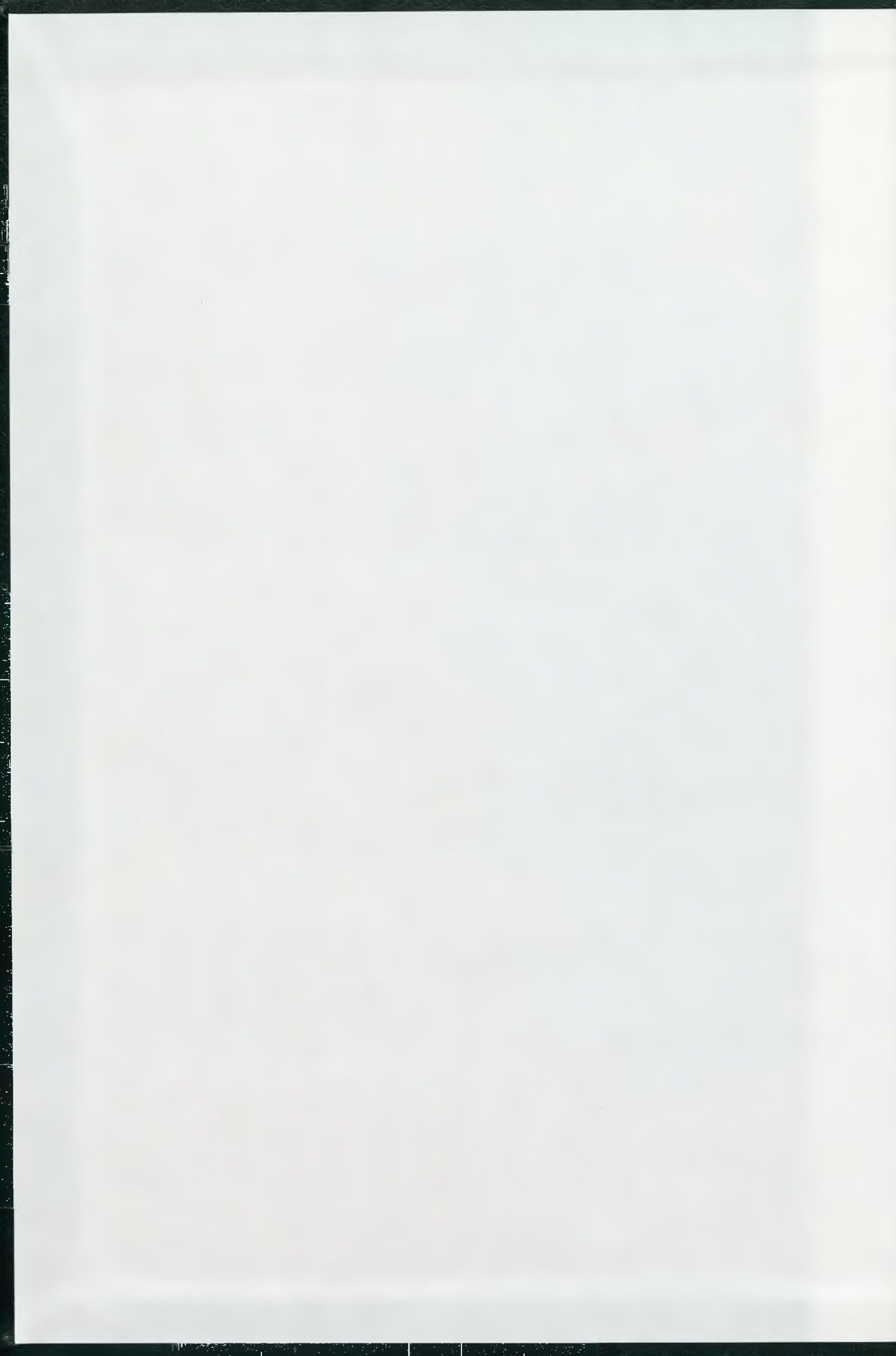


Załącznik nr 2

PRACA  
DOKTORSKA







**AKADEMIA GÓRNICZO – HUTNICZA im. Stanisława Staszica**  
**WYDZIAŁ GÓRNICZY**

**PRACA DOKTORSKA**

**Ocena skuteczności górniczych metod  
zwalczania tępań przy eksploatacji  
pod miejską zabudową**

*Badanie oddziaływania energii sejsmicznej na środowisko  
dołowe i powierzchniowe w obszarze modelu*

**Mgr inż. Henryk Pawełczyk**

**Promotor:**

**Prof. dr hab. inż. Maciej Mazurkiewicz**

Kraków 1999



## Spis treści

|                                                                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Oddziaływanie energii sejsmicznej na środowisko dołowe i powierzchniowe – bezpieczeństwo powszechne .....</b>                                                               | <b>2</b>  |
| <b>1.1. Bezpieczeństwo powszechne .....</b>                                                                                                                                       | <b>2</b>  |
| <b>1.2. Wyznaczanie strefy epicentralnej ogniska wstrząsu na powierzchni. Obserwacja kierunków zgłoszeń skutków i przyspieszeń maksymalnych na stanowiskach pomiarowych .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>1.3. Badanie związku kierunku zgłoszeń skutków (i kierunku <math>a_{1,2}</math>) na powierzchni z kierunkiem skutków (lub tylko dynamicznym oddziaływaniem) na dole .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1.4. Wyznaczanie strefy penetracji po zaistniałym wysokoenergetycznym wstrząsie, czyli w sytuacji nadzwyczajnej .....</b>                                                      | <b>6</b>  |
| <b>Spis tabel .....</b>                                                                                                                                                           | <b>46</b> |
| <b>Spis rysunków .....</b>                                                                                                                                                        | <b>47</b> |

# **I. Oddziaływanie energii sejsmicznej na środowisko dolne i powierzchniowe – bezpieczeństwo powszechne**

## **1.1. Bezpieczeństwo powszechne**

Wstrząs z 25.02.1996 r. o energii  $2 \cdot 10^6$  J wywołał bardzo silny, negatywny dla Kopalni wydźwięk społeczny. Mając na uwadze bezpieczeństwo pracy przy eksploatacji pokładów tąpnięć oraz zachowanie bezpieczeństwa powszechnego, zwłaszcza w odniesieniu do obiektów i urządzeń infrastruktury technicznej na terenach górniczych, OUG zalecił w przypadku wystąpienia wstrząsów wysokoenergetycznych o energii  $E \geq 10^5$  J każdorazowo przeprowadzenie rozpoznania i dokonywanie analizy rodzajów i zakresu ewentualnych szkód mogących powstać w obiektach powierzchniowych. Powyższe działania należało przeprowadzić z udziałem właścicieli obiektów i w kontakcie z użytkownikami. W przypadku stwierdzenia bezpośredniego zagrożenia dla bezpieczeństwa powszechnego lub środowiska należało wstrzymać w całości lub w części ruch zakładu górniczego oraz podjąć niezbędne środki zapobiegawcze. W przypadku zdarzenia mającego charakter katastrofy budowlanej należało stosować zasady postępowania określone w przepisach ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo Budowlane (Dz.U. Nr 89, poz. 414). Nie było takiego przypadku.

Powołano – złożony ze służb zakładu – Kopalniany Zespół ds. Bezpieczeństwa Powszechnego (przewodniczył DT), który składał się z zespołów:

- ds. geofizyki,
- ds. ratowniczo-gaśniczych,
- ds. budowlanych,
- ds. gazowych,
- ds. deformacji.

Opracowano szczegółowe regulaminy postępowania w sytuacji normalnej oraz nadzwyczajnej – wstrząs o energii  $E \geq 10^5$  J.

Obowiązkiem dotyczącym powierzchni w sytuacji nadzwyczajnej było:

- wyznaczenie strefy epicentralnej wstrząsu na powierzchni,
- wyznaczenie strefy penetracji obiektów powierzchniowych,
- zgodnie z opracowanym regulaminem praca Zespołów specjalistycznych w terenie.

Dla celów analizy w tabeli 1 zamieszczono zarejestrowane wszystkie wstrząsy z obszaru modelu o energii  $E \geq 5 \cdot 10^4$  J od 1.08.1994 do 31.07.1998 r. Dla każdego, który wywołał jakikolwiek skutek czy oddziaływanie na dole lub powierzchni sporządzono rysunki (1,1a–31,31a). Dodatkowo zarejestrowano tapania z granicy obszaru modelu z 15.08.1995 r. i z robót przygotowawczych z 19.05.1993 r.

## **1.2. Wyznaczanie strefy epicentralnej ogniska wstrząsu na powierzchni. Obserwacja kierunków zgłoszeń skutków i przyspieszeń maksymalnych na stanowiskach pomiarowych**

Do obliczenia promienia strefy epicentralnej na powierzchni zastosowano wzór [16]:

$$R = 0,27 \sqrt[3]{E} \quad | \quad 1 \quad |$$

gdzie:

$R$  [m] – długość promienia strefy epicentralnej na powierzchni,

$E$  [J] – wartość energii sejsmicznej pojedynczego wstrząsu,

0,27 – współczynnik proporcjonalności (empiryczny).

W każdym przypadku zgłoszone skutki (nie wszystkie uznane, ale zawsze stanowiące informację o wstrząsie) znacznie odbiegały odległością od strefy epicentralnej ogniska wstrząsu. Na przykład dla wstrząsu z 25.02.1996 r. o  $E = 2 \cdot 10^6$  J wyliczony promień strefy epicentralnej wynosił około 34 m, a zgłoszone skutki były w odległości 360 i 200 m. Z zestawu sporządzonych rysunków do empirycznego zbadania tego problemu wykorzystano następujące: 1,1a; 3,3a; 6,6a,6b; 9,9a; 11,11a; 12,12a,12b; 14,14a; 15,15a; 16,16a; 19,19a; 20,20a; 21,21a; 22,22a; 23,23a; 24,24a; 25,25a,25b; 26,26a; 27,27a; 28,28a; 29,29a; 30,30a. Na rysunkach tych oprócz danych charakteryzujących wstrząs zaznaczono kierunek i podano w metrach odległości miejsc zgłoszonych skutków od strefy epicentralnej ogniska wstrząsu na powierzchni.

Minimalna odległość punktu obliczonej strefy epicentralnej od zgłoszonego skutku wynosiła 90 m (rys. 15,15a). Wstrząs, który spowodował to zgłoszenie, spowodował również 5 innych zgłoszeń (z czego uznano dwa). Wyraźnie zaobserwować można ukierunkowanie zgłoszenia skutków (prawie jeden adres), co pośrednio potwierdzałoby ukierunkowane rozchodzenie się fali sejsmicznej ( $E = 6 \times 4$ ,  $a_{1,2} = 44,25$  mm/s<sup>2</sup>,  $f_0 = 10,5$  Hz,  $\Delta f = 5,1$  Hz,  $\tau = 3,3$  sek.).

Maksymalna odległość środkowego punktu obliczonej strefy epicentralnej od zgłoszonego skutku wynosiła 995 m (rys. 22,22a). I ten wstrząs spowodował równocześnie 4 inne zgłoszenia (żadnego nie uznano) ( $E = 5 \times 4$ ,  $a_{1,2} = 24,2 \text{ mm/s}^2$ ,  $f_0 = 8,2 \text{ Hz}$ ,  $\Delta f = 4,5 \text{ Hz}$ ,  $\tau = 2,7 \text{ sek.}$ ).

Tak więc w całym przebiegu eksploatacji w wybranym do analizy modelu minimalna odległość zgłoszenia od wyliczonej strefy epicentralnej (od jej środka) wynosiła 90 m, a maksymalna 995 m. Równocześnie na podstawie przeprowadzonych obserwacji można stwierdzić, że obliczana dla każdego wstrząsu strefa epicentralna tworzyła obszar o najmniej (lub wcale) odczuwalnych wpływach fali sejsmicznej. Gdyby przyjąć emisję energii maksymalnej, jaką w projekcie dla analizowanego modelu zakładała prognoza, a mianowicie  $E = 1 \cdot 10^7 \text{ J}$ , wówczas obliczony promień strefy epicentralnej (dla takiego wstrząsu) wynosiłby  $R = 60 \text{ m}$ . Minimalna odległość zgłoszonego skutku od środka strefy epicentralnej wynosząca 90,0 m potwierdza (i to z dużą rezerwą) tę strefę potencjalnej „ciszy”.

Na analizowanych rysunkach obok oznaczonego kierunku i odległości zgłoszenia skutków od obliczonej strefy epicentralnej ogniska wstrząsu podano również kierunek i miejsce stanowiska pomiarowego, na którym zarejestrowano dla danego wstrząsu przyspieszenie maksymalne (czerwone przerywane linie ze strzałką).

Kierunek przyspieszenia maksymalnego w większości pokrywa się z kierunkiem zgłoszeń skutków. Na 21 odnotowanych przypadków w 7 (rys. 6, 15, 20, 24, 25, 26, 27.) nie ma zdecydowanej zgodności w tym zakresie, przy czym w przykładach podanych na rysunkach 6, 15, 20, 24, 25, 26, 27 występują nieznaczne różnice przyspieszenia maksymalnego –  $a_{1,2}$  i stanowiska pomiarowego, którego kierunek jest zgodny ze zgłoszonymi skutkami.

### **1.3. Badanie związku kierunku zgłoszeń skutków (i kierunku $a_{1,2}$ ) na powierzchni z kierunkiem skutków (lub tylko dynamicznym oddziaływaniem) na dole**

Celem przeanalizowania tego zagadnienia pod uwagę wzięto rysunki: 1,1a; 2,2a; 5,5a; 6,6a,6b; 7,7a; 8,8a; 13,13a; 17,17a; 18,18a; 20,20a; 25,25a,25b; 28,28a; 31,31a obrazujące w modelu wstrząsy (tapnięcia), wynikiem których wystąpiły skutki dołowe i na powierzchni.

Na badanych przykładach kierunek skutków (lub dynamicznych oddziaływań) dołowych jest odwrotny do kierunków zgłoszonych skutków na powierzchni. Tylko na rysunku 28,28a kierunek zgłoszonych skutków na powierzchni ma ten sam wektor co stwierdzonych nieznacznych skutków (dynamiczne oddziaływanie) na ścianie 537a. Nie można w tym przypadku wykluczyć, że kierunek

emisji fali sejsmicznej, która spowodowała zgłoszenie skutków na powierzchni swoje zasadnicze „rozładowanie” miał nad zrobami ściany 537a, czyli na południe od ogniska wstrząsu. To potwierdzałoby zaobserwowaną we wszystkich pozostałych przykładach zasadę. Bliskość resztki krawędzi pokładu 504 może tylko stanowić dowód założenia. Niedokładność podszedzenia prawdopodobnych wyrw w II warstwie pokładu 510 mogła sprzyjać spękaniom stropu.

Ważna z punktu widzenia czynionych obserwacji jest sytuacja przedstawiona na rysunkach 13,13a. Co do kierunkowości rozchodzenia się „silniejszej” wiązki fali sejsmicznej zasada została spełniona, nietypową sytuacją natomiast jest bliskość strefy epicentralnej na powierzchni od miejsca ulokowania STANOWISKA POMIAROWEGO (S2) i zarejestrowanego na nim trzeciego pod względem wartości przyspieszenia maksymalnego w analizowanym modelu, wynoszącego  $a_{1,2} = 109,86 \text{ mm/s}^2$  – bez zgłoszenia skutków na powierzchni, mimo że wyznaczona strefa epicentralna znajdowała się pod wysokokondygnacyjnymi blokami (grubość nadkładu w tym obszarze wynosi 10–20 m; rys. 4.29 opracowania). Jedną z przyczyn „nie zauważenia” tego wstrząsu o energii  $8 \cdot 10^4 \text{ J}$  może być przy  $f_0 = 10,4 \text{ Hz}$ ,  $\Delta f = 4,2 \text{ Hz}$  czas jego trwania wynoszący 2,7 sek. Chociaż w paru przykładach (np.: rys. 11, 16, 21, 22, 27) wartości energii, częstotliwości i czasu są podobne, przyspieszenia natomiast o wiele mniejsze, mimo to miało miejsce zgłoszenie skutków. Prawdopodobnym wyjaśnieniem tej sytuacji może być kąt „zaatakowania” przez ukierunkowaną falę sejsmiczną potężnych w końcu bloków mieszkalnych. Im fala jest bardziej „pionowa”, a w tym przypadku taka sytuacja mogła zaistnieć, tym jej uderzenie na budynek jest bardziej prostopadłe (czyli pod fundament), co przy energii  $8 \cdot 10^4 \text{ J}$  nie wywołało żadnych zgłoszeń (skutków). Niezależnie od mechanizmu rozchodzenia się fali, obliczona strefa epicentralna ogniska wstrząsu – pomimo zarejestrowania w odległości około 40 m od jej środka przyspieszenia  $a_{1,2} = 109,9 \text{ mm/s}^2$  – jak na uwarunkowania analizowanego modelu okazała się, podobnie jak we wszystkich badanych przykładach, strefą bez skutków.

(Dla energii  $E = 8 \cdot 10^4 \text{ J}$  obliczona wielkość promienia strefy epicentralnej ogniska wstrząsu na powierzchni wynosi:  $R = 0,27 \sqrt[3]{80000} = 12 \text{ m}$ )

Zaobserwowana w analizowanym modelu zależność kierunkowości skutków na dole i powierzchni może być pomocna przy wyznaczaniu strefy penetracji w innych obszarach eksploatacji.

#### **1.4. Wyznaczanie strefy penetracji po zaistniałym wysokoenergetycznym wstrząsie, czyli w sytuacji nadzwyczajnej**

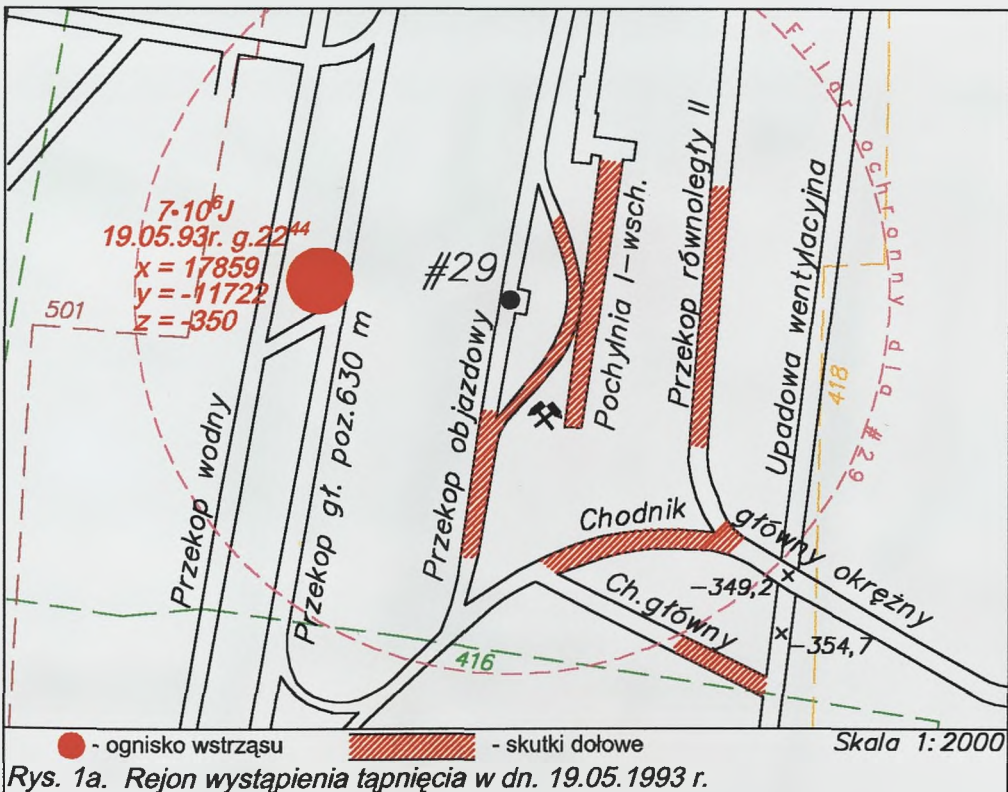
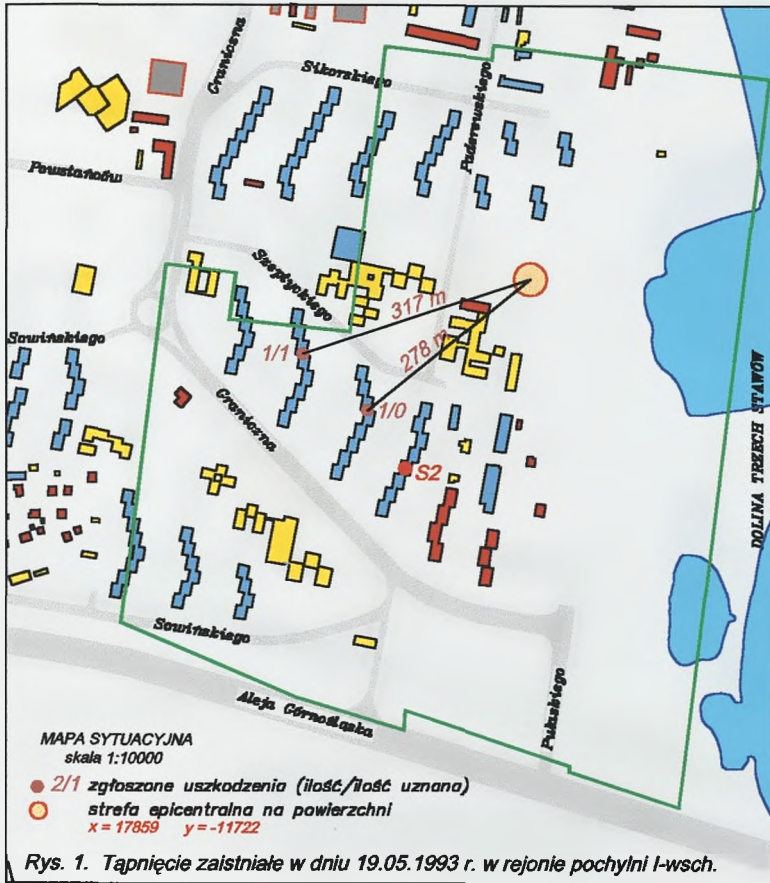
Ze względu na zakres koniecznej w takich przypadkach kontroli, po naniesieniu na mapę powierzchni X, Y wstrząsu i obliczeniu promienia strefy epicentralnej ogniska, należy ustalić na podstawie kierunku skutków dołowych w stosunku do ogniska wstrząsu, czy też kierunku zgłoszeń skutków na powierzchni, obszar koniecznej penetracji. Zawsze – a to wykazały przeprowadzone obserwacje – będzie to półkole (a nie jak dotychczas, koło), czyli około dwukrotnie mniejszy obszar do kontroli.

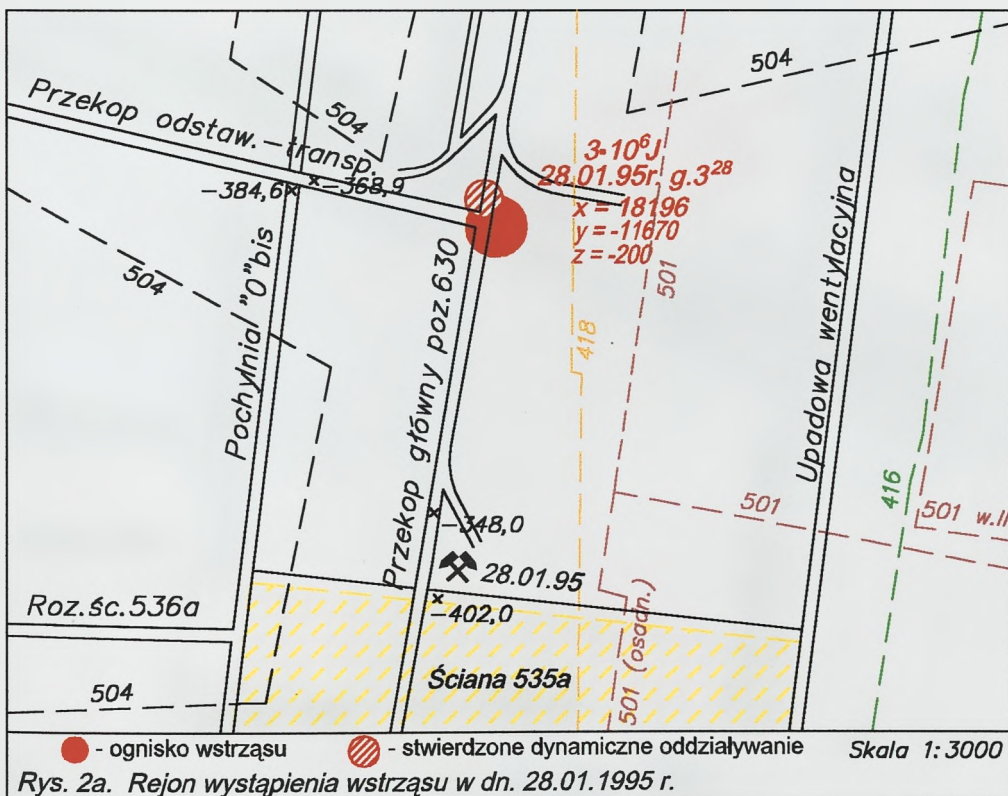
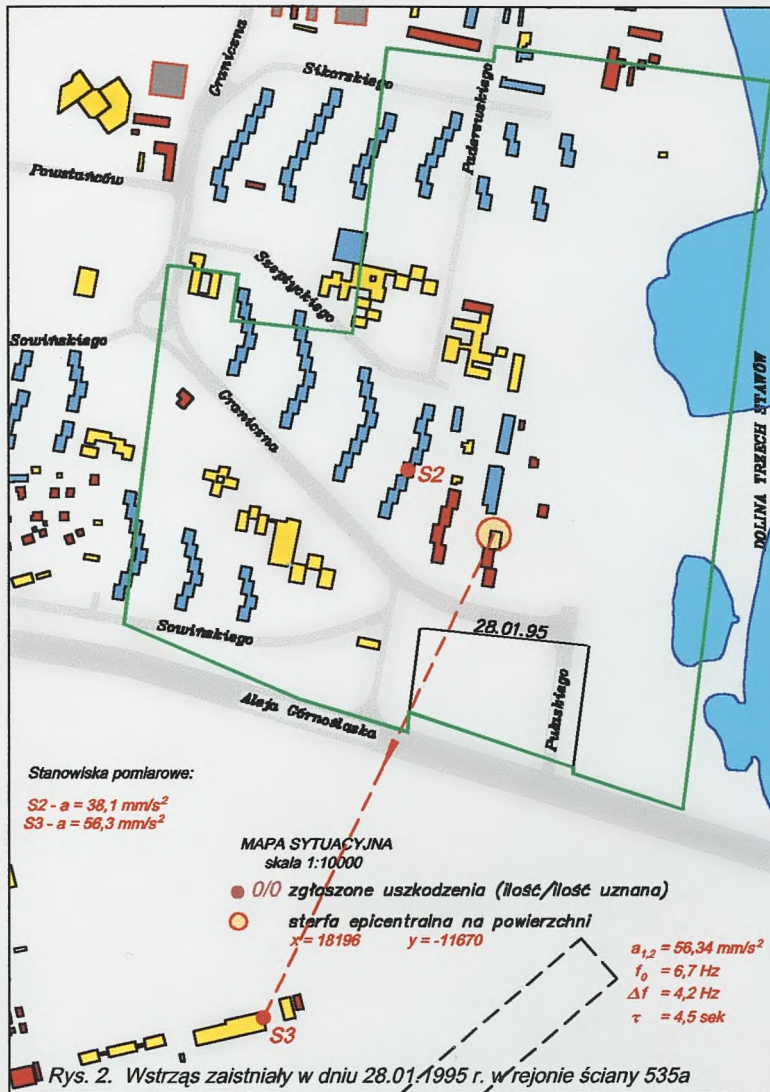
W pierwszej podstawowej fazie ustalania strefy penetracji (nie zawsze od razu) przydatne mogą być rejestrowane wartości przyspieszeń, ze względu na czas odczytu (np. noc), niemniej po ich uzyskaniu powinny one być przeanalizowane i na tej podstawie poczynione ewentualne korekty tej strefy.

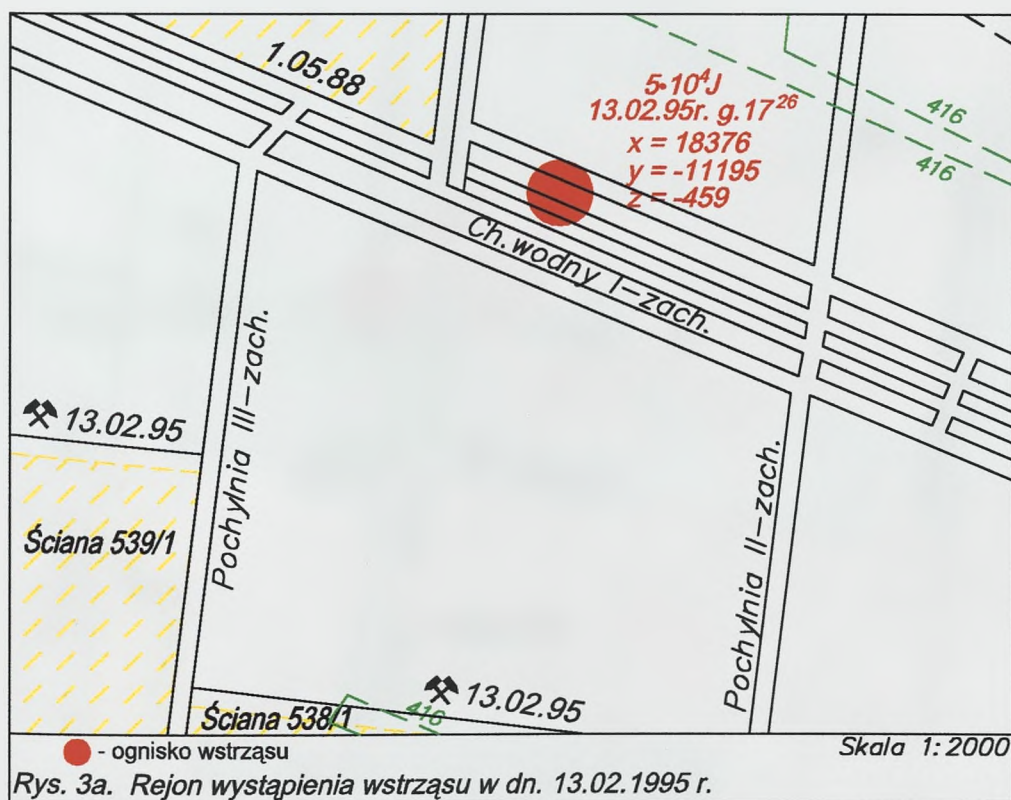
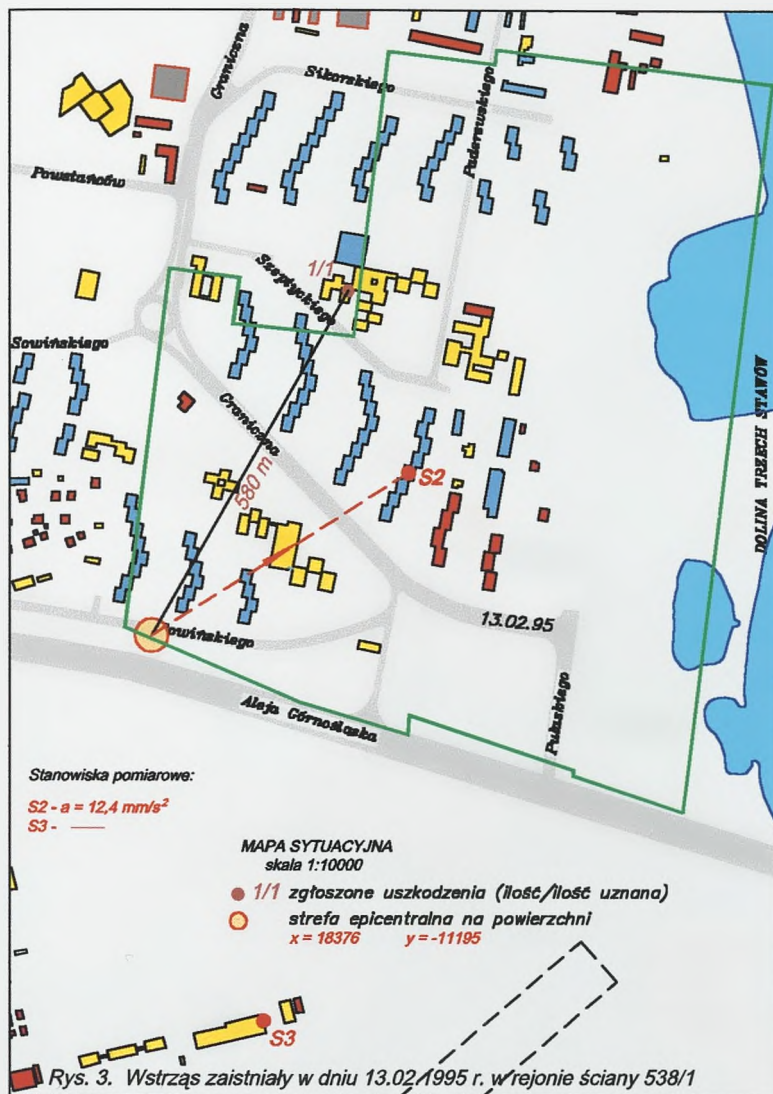
W niektórych przypadkach kierunek i obszar penetracji będzie można ograniczyć do kąta znacznie mniejszego niż  $180^\circ$ .

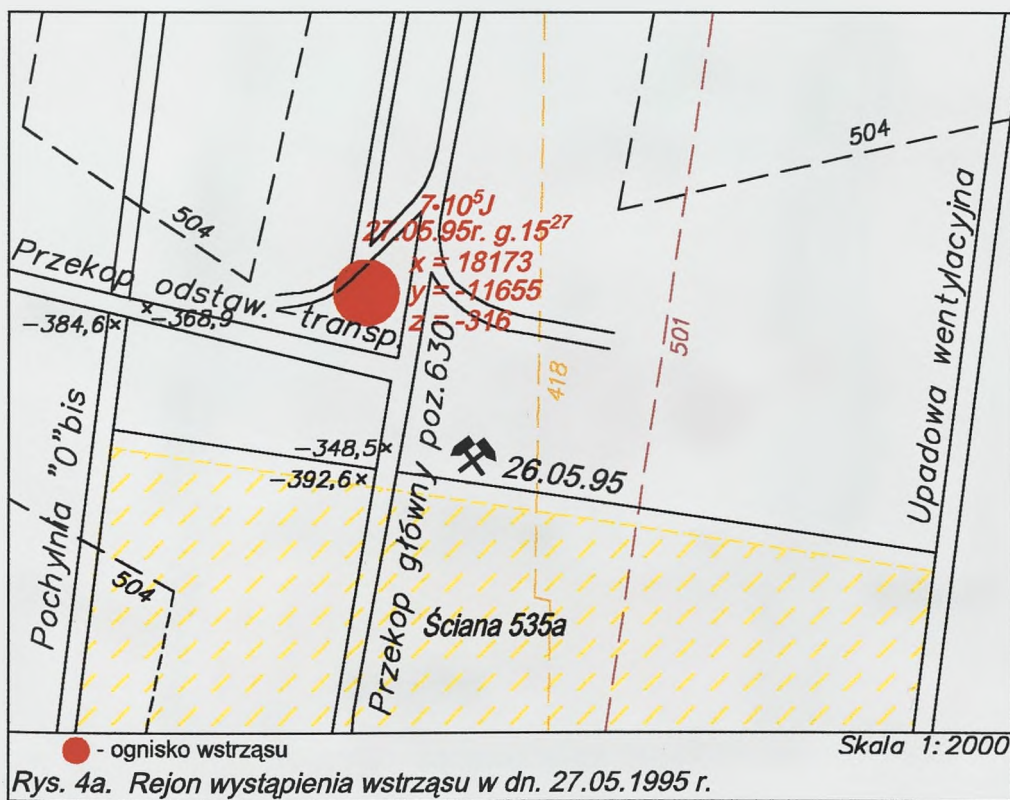
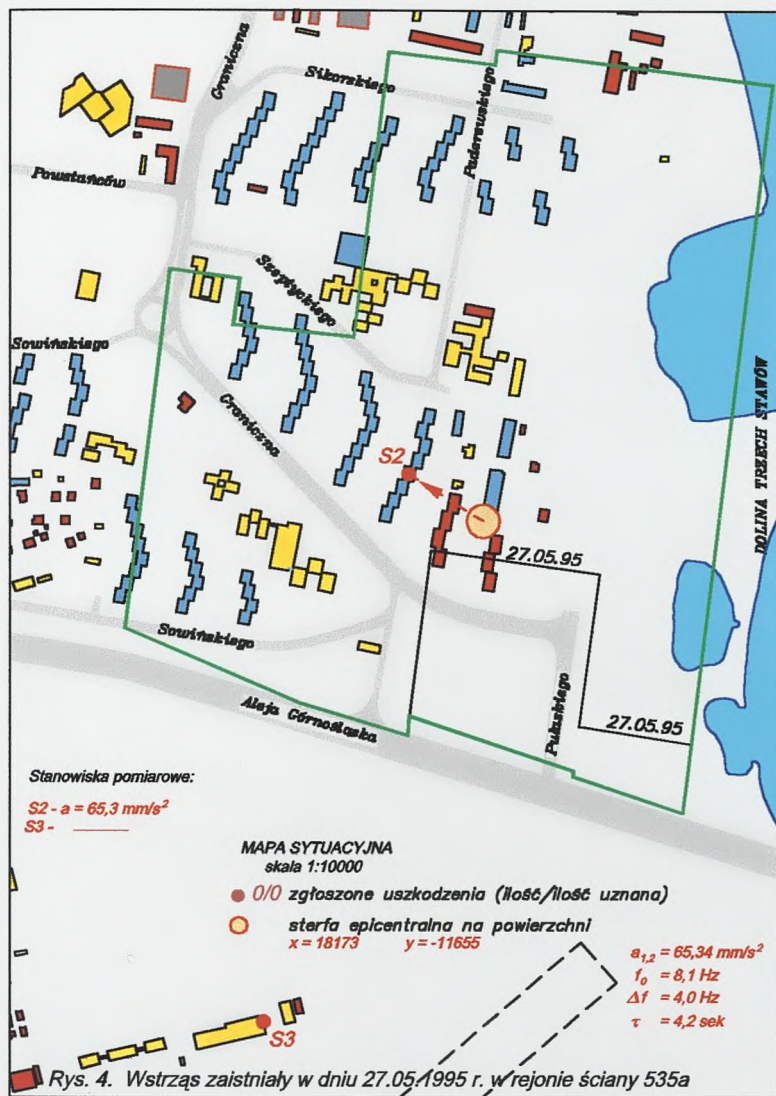
Z uwagi na duże znaczenie praktyczne w przypadkach eksploatacji pokładów tąpających w rejonach zabudowanych (niekoniecznie tak gęsto jak Osiedle Paderewskiego) oraz ze względu na bezpieczeństwo powszechne (gazociągi, kanalizacja itp.) zagadnienie to wymaga dalszych obserwacji.

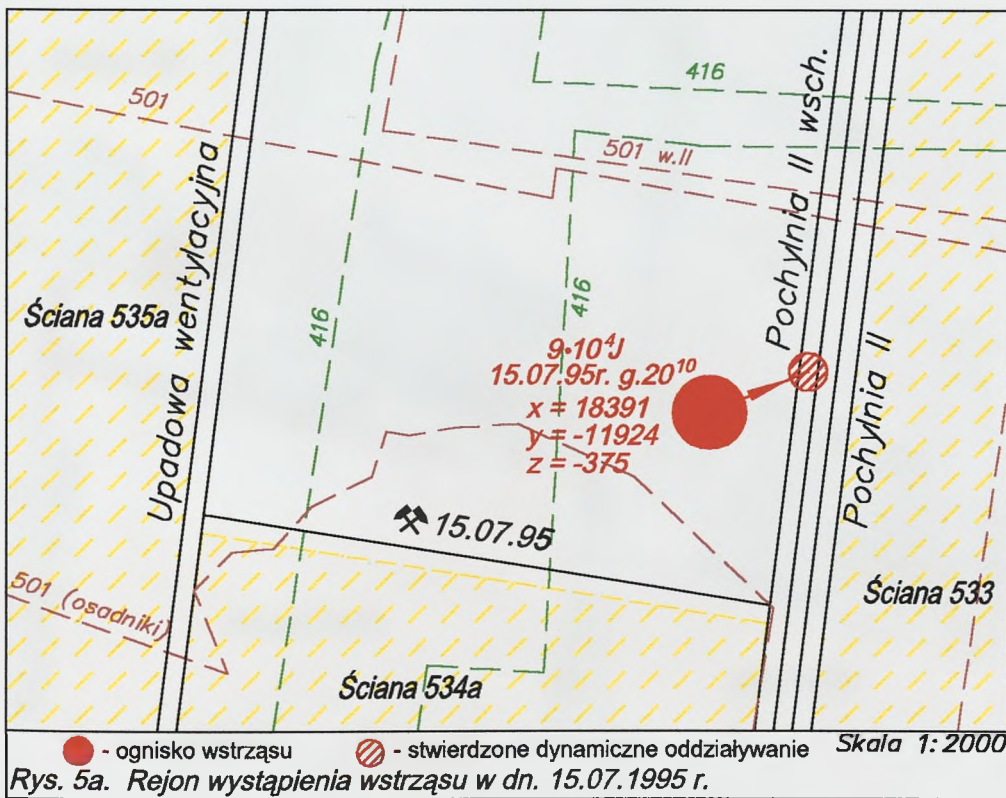
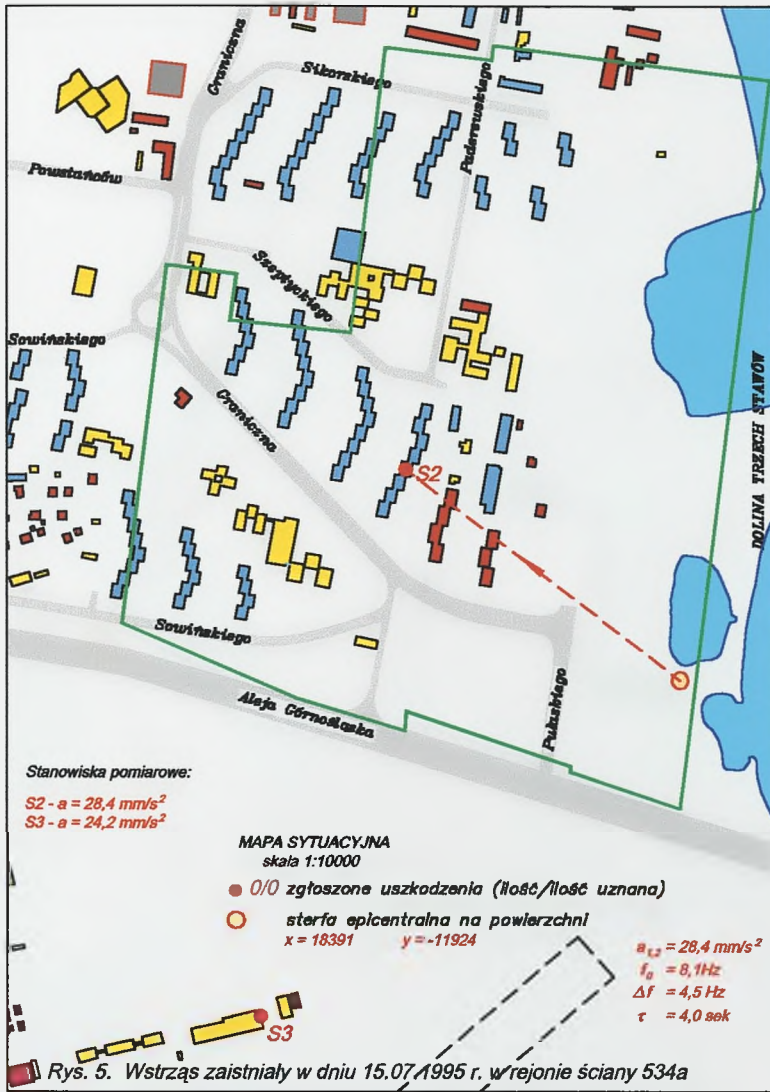
W przypadku analizowanego modelu wyznaczona strefa penetracji mieściła się w półkolu, którego promień wynosił  $< 1000$  m, przy czym jest on skrócony od punktu strefy epicentralnej ogniska wstrząsu o około 60 m – wielkość promienia strefy epicentralnej ogniska wstrząsu dla  $E_{\max}$  prognozowanej  $1 \cdot 10^7$  J (choć minimalna odległość zgłoszenia skutków od punktu strefy epicentralnej dla analizowanego modelu wynosiła 90,0 m). Kierunek półkola natomiast byłby zależny od kierunku zgłoszenia na powierzchni albo kierunku potwierdzonych skutków lub tylko dynamicznych oddziaływań na dole.

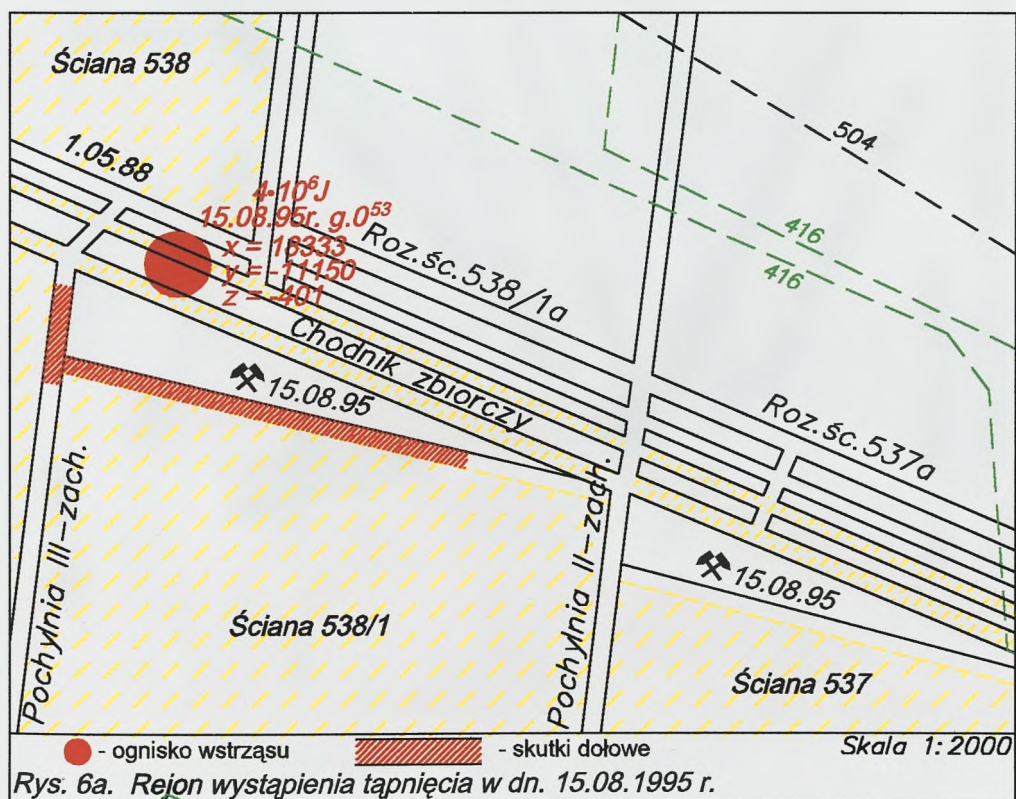
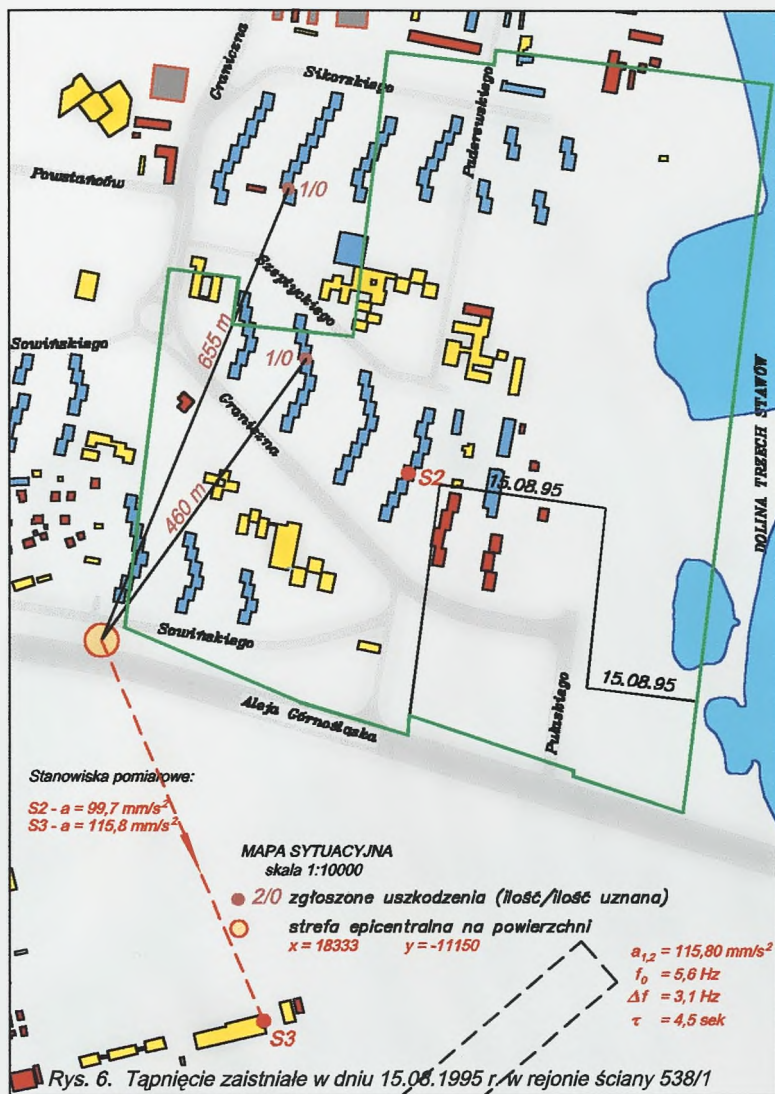




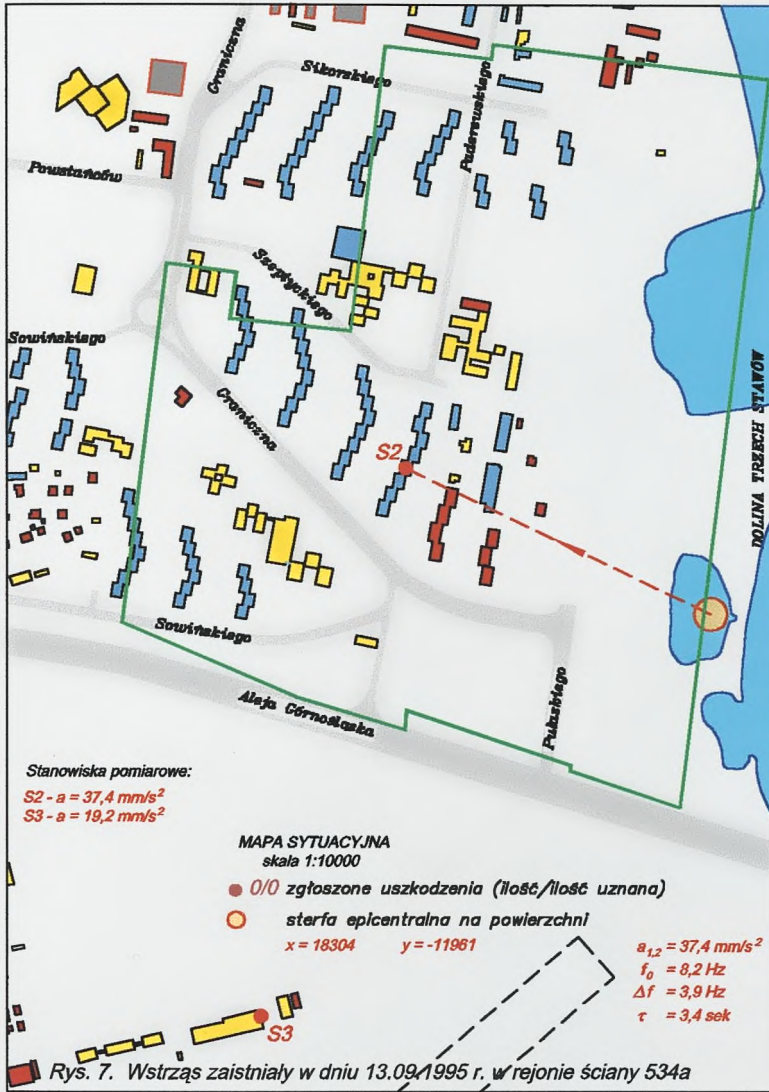


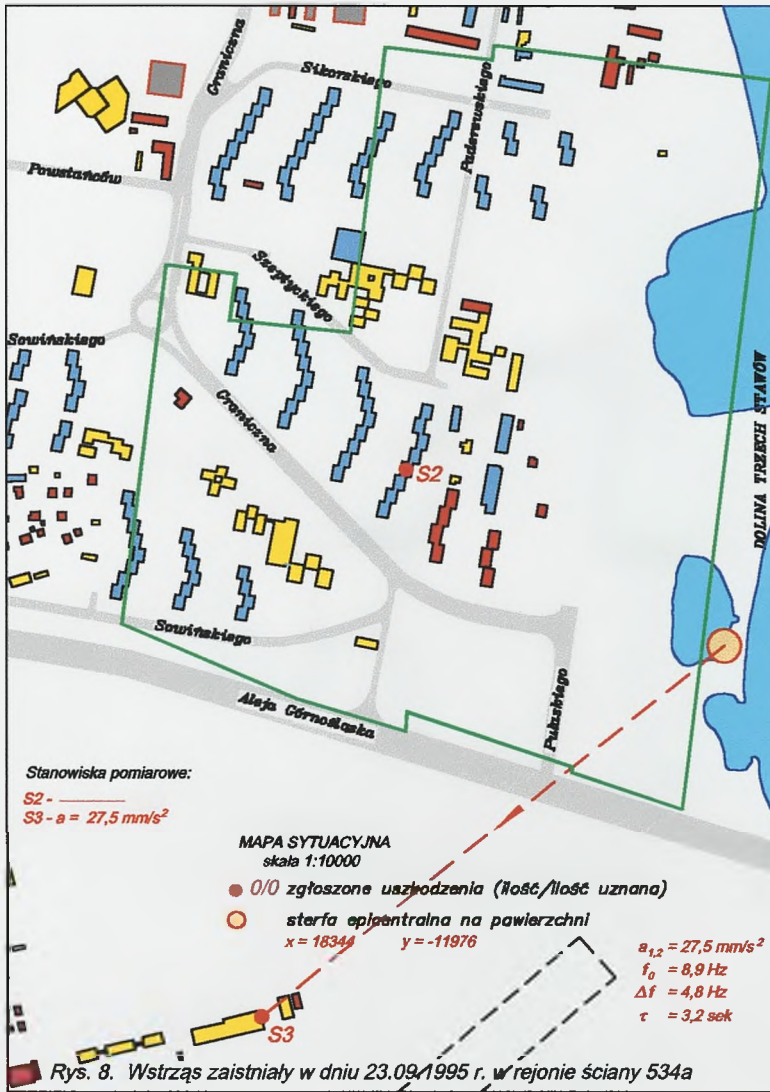


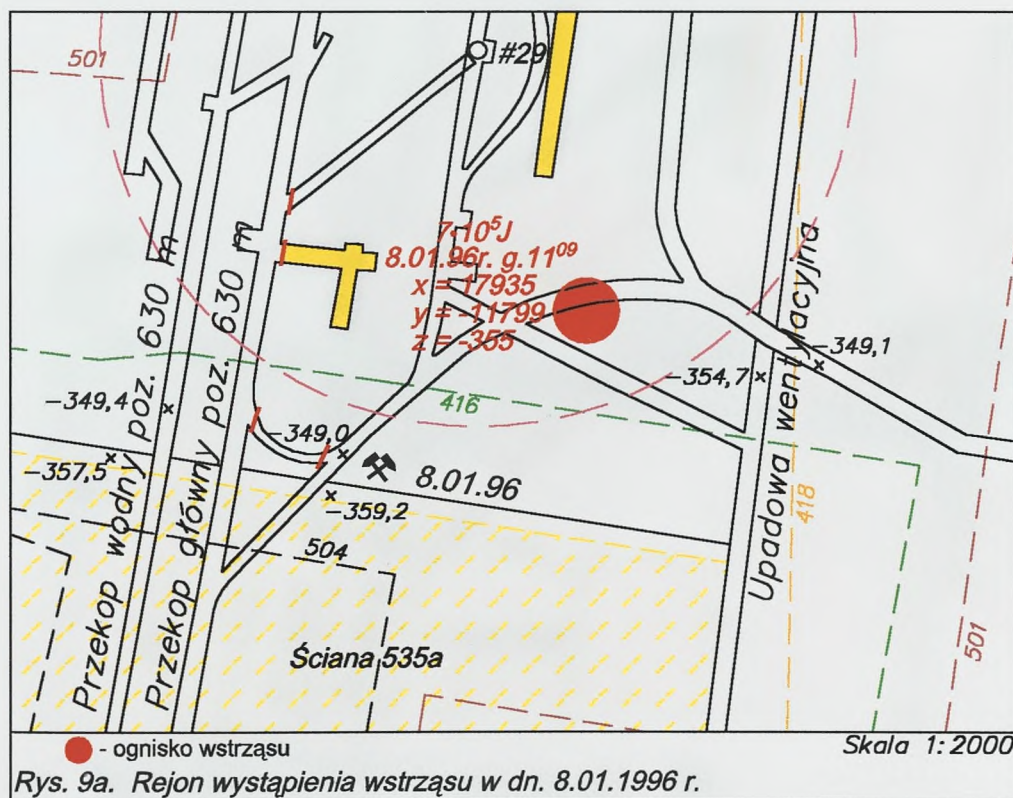
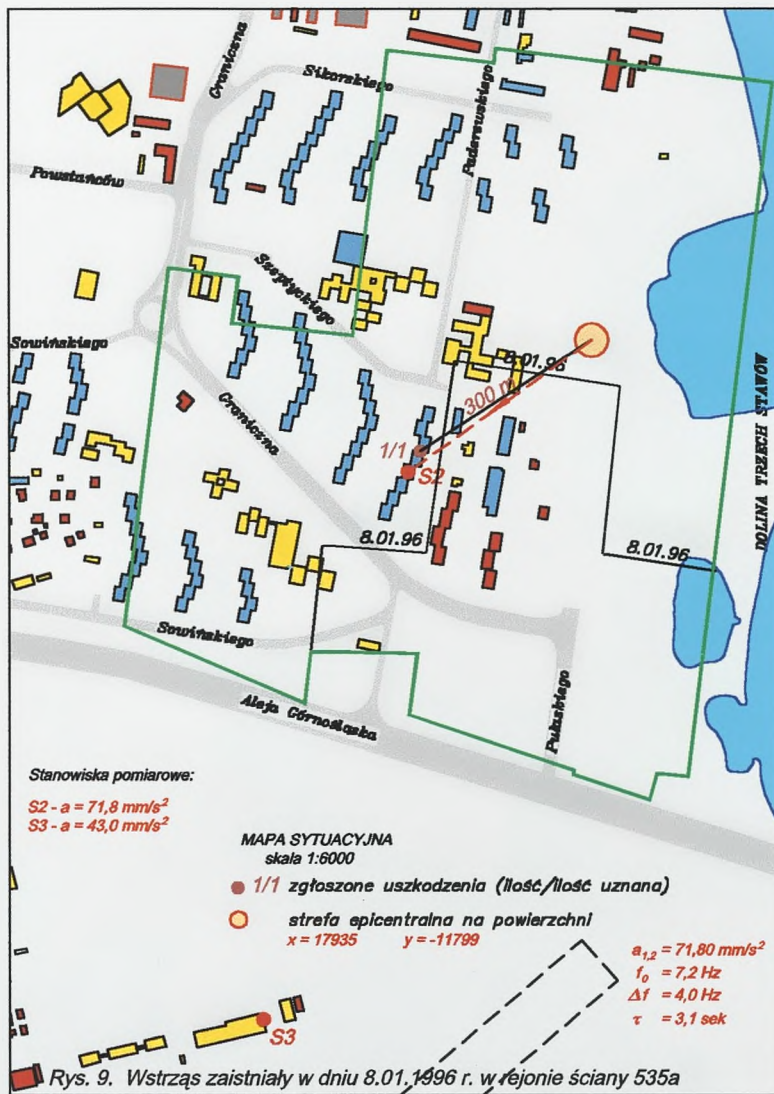


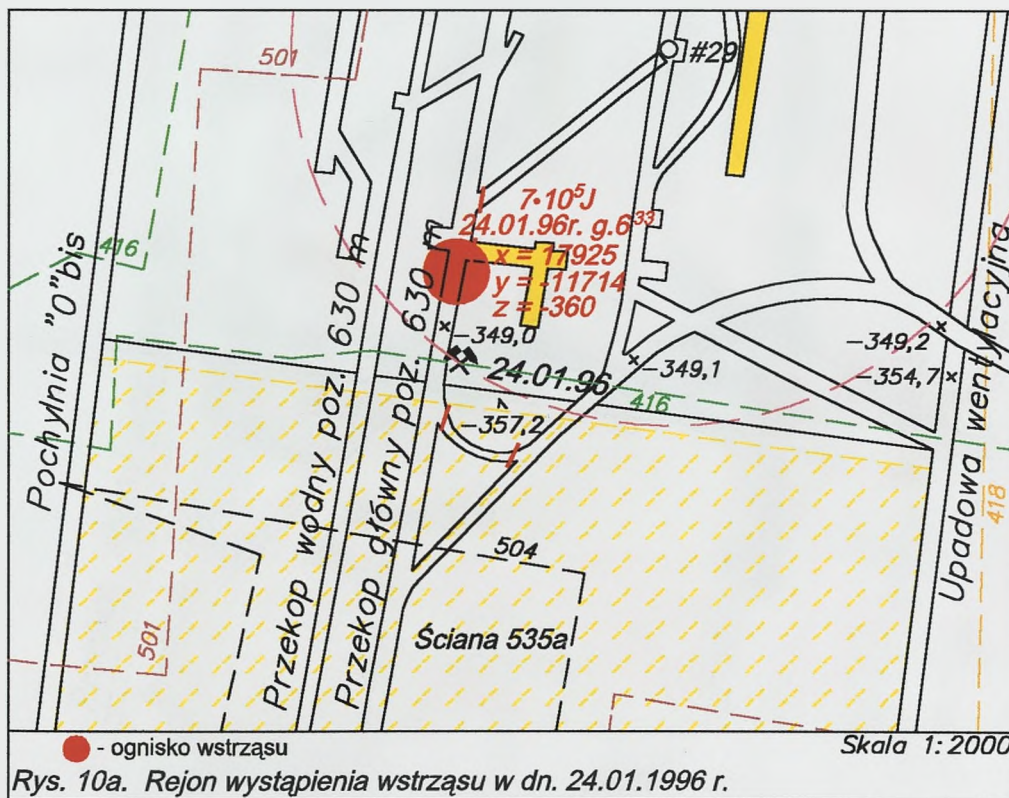
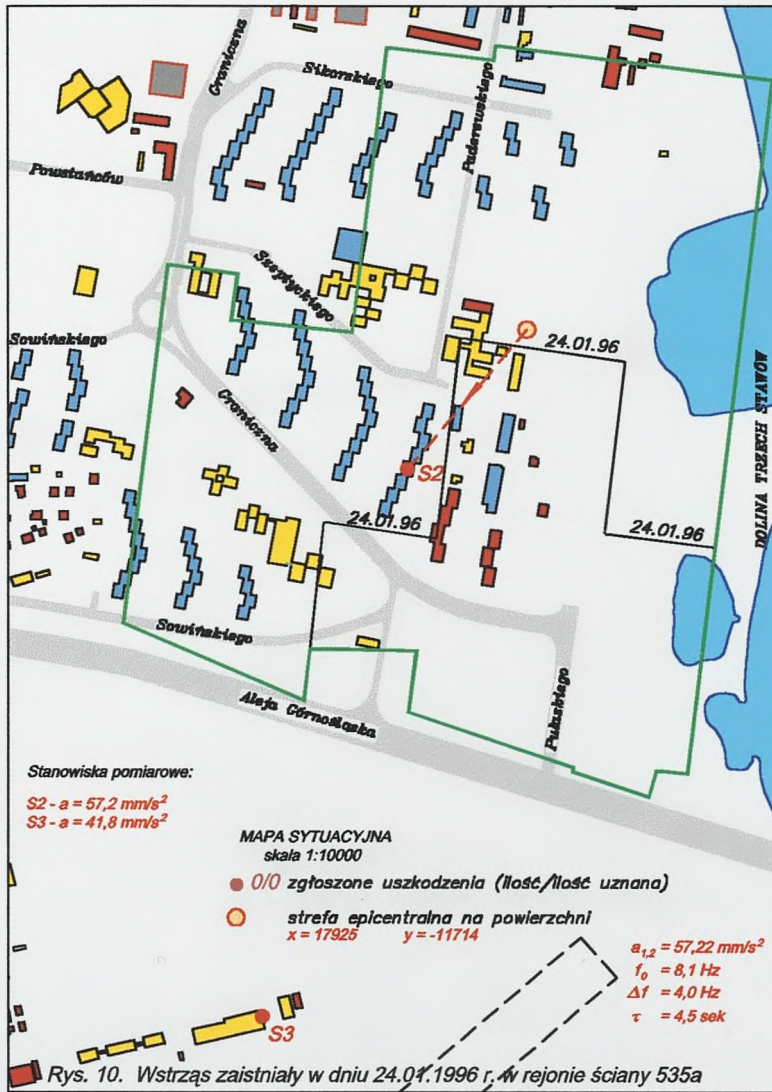


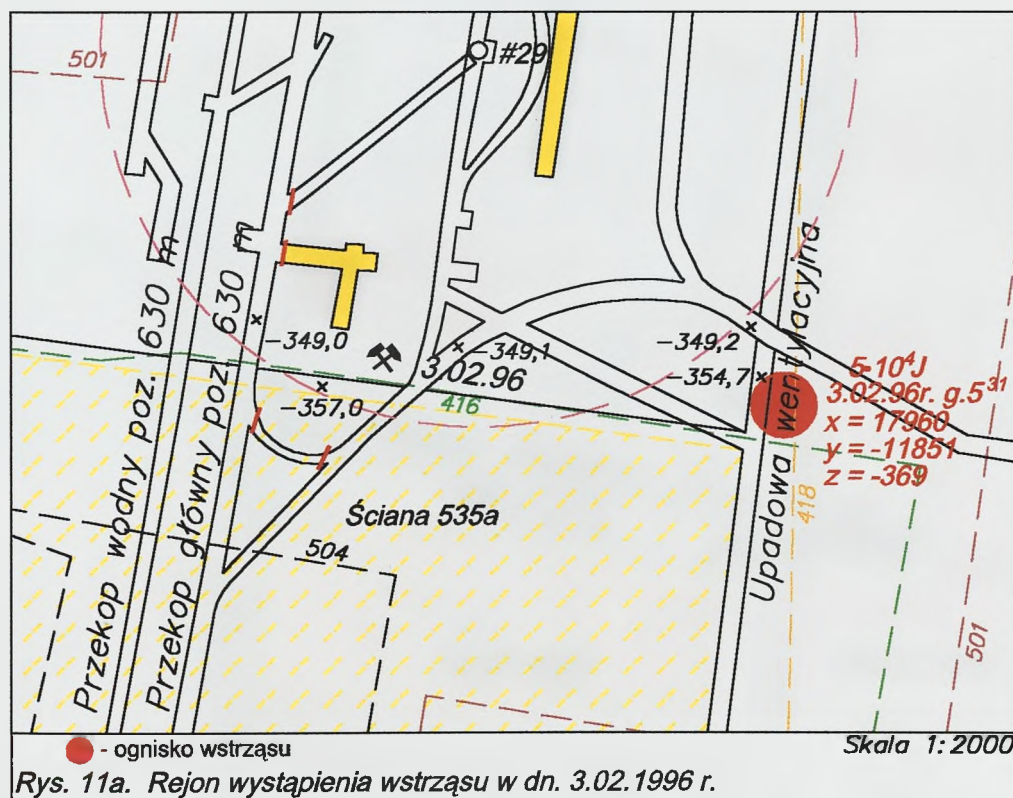
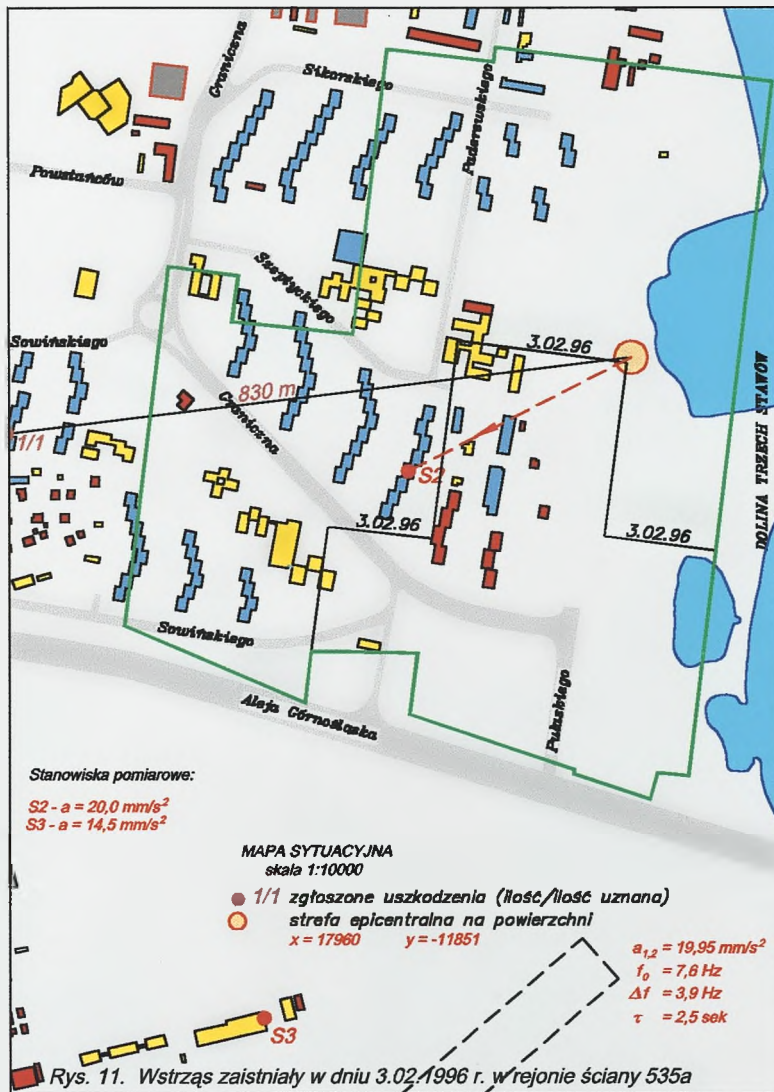


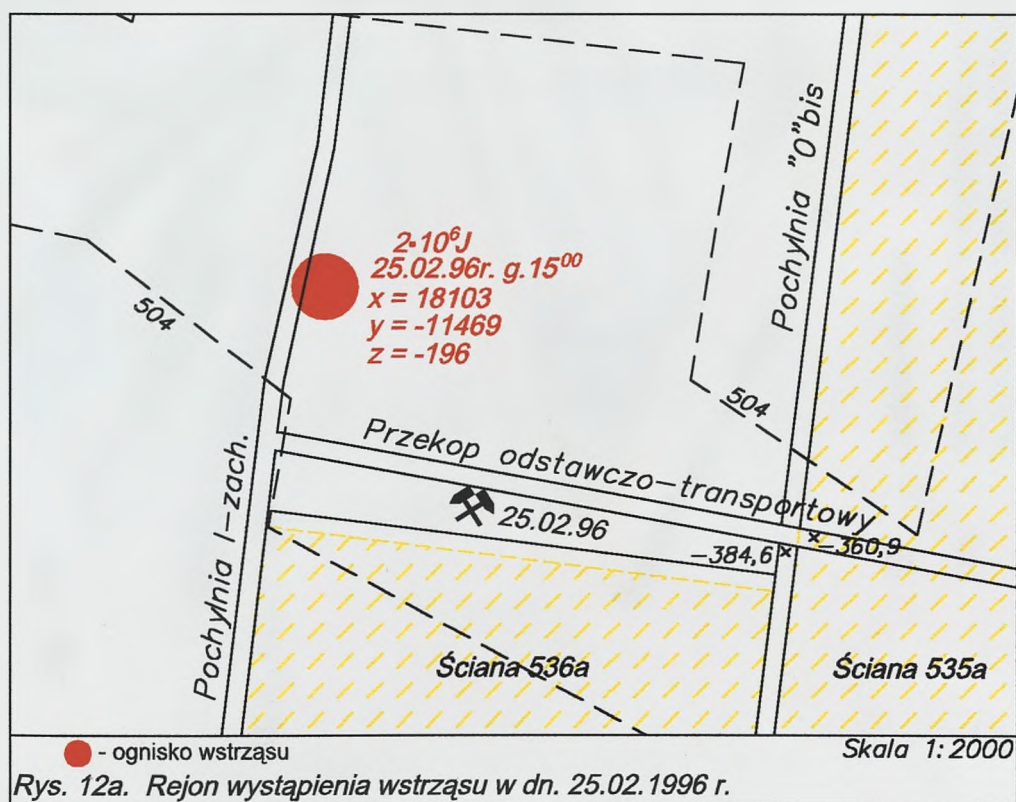
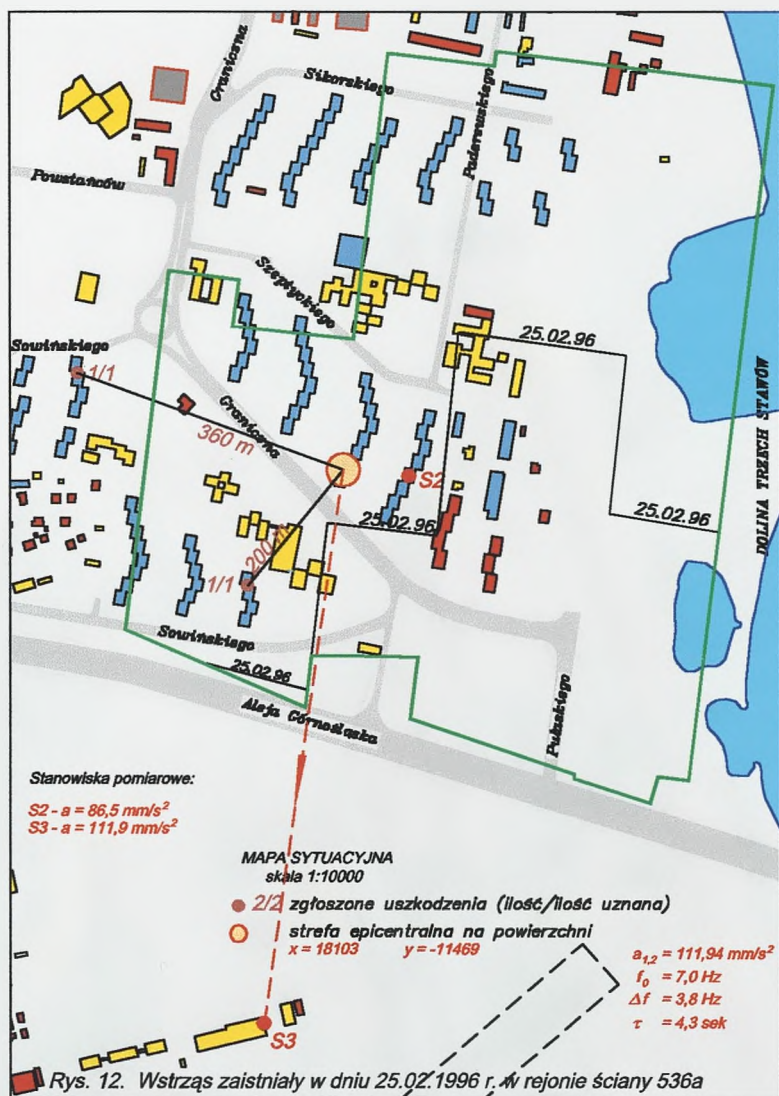


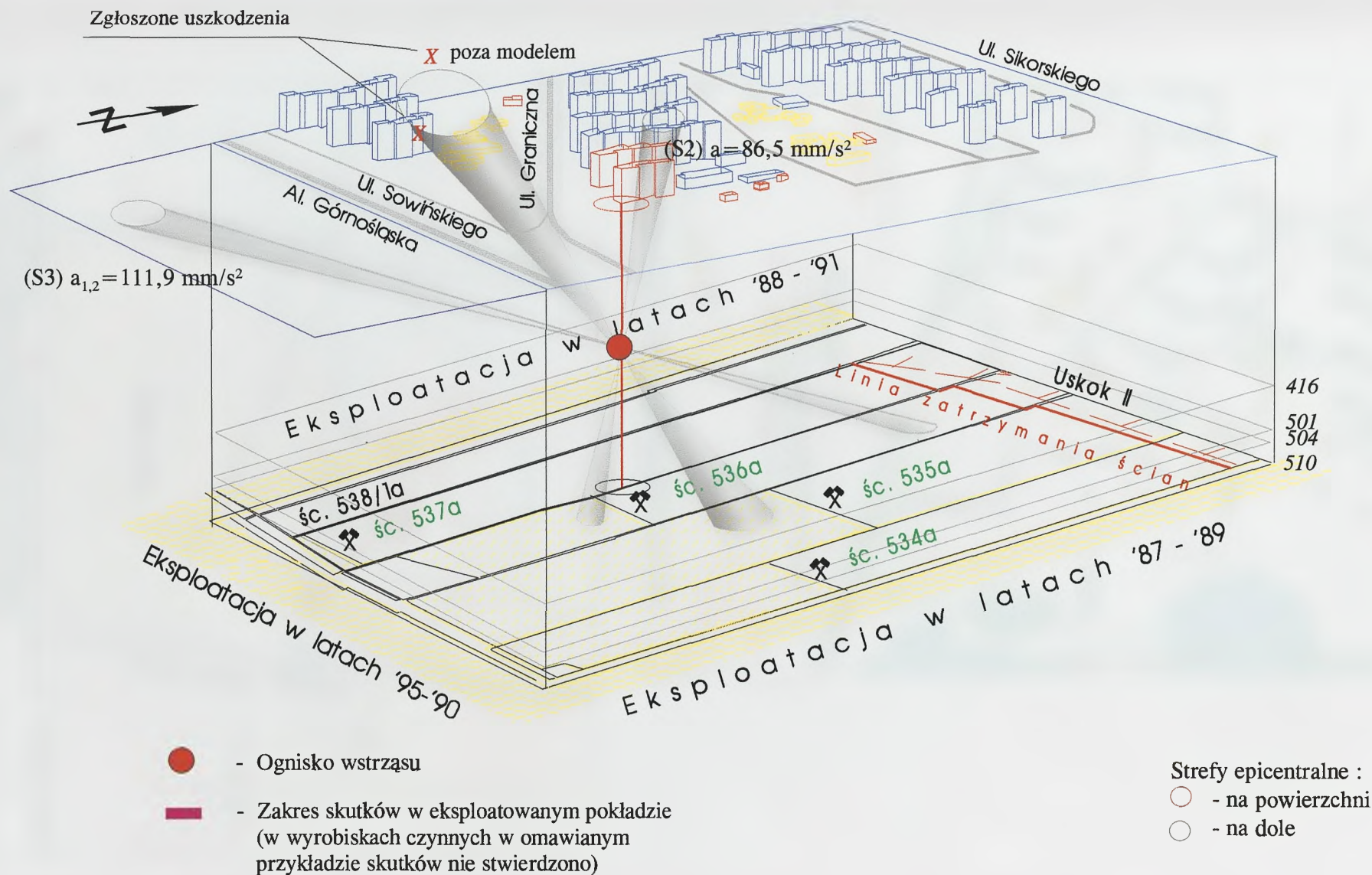












Rys.12.b. Schematyczny (prawdopodobny) kierunek emisji i oddziaływania części fali sejsmicznej wstrząsu

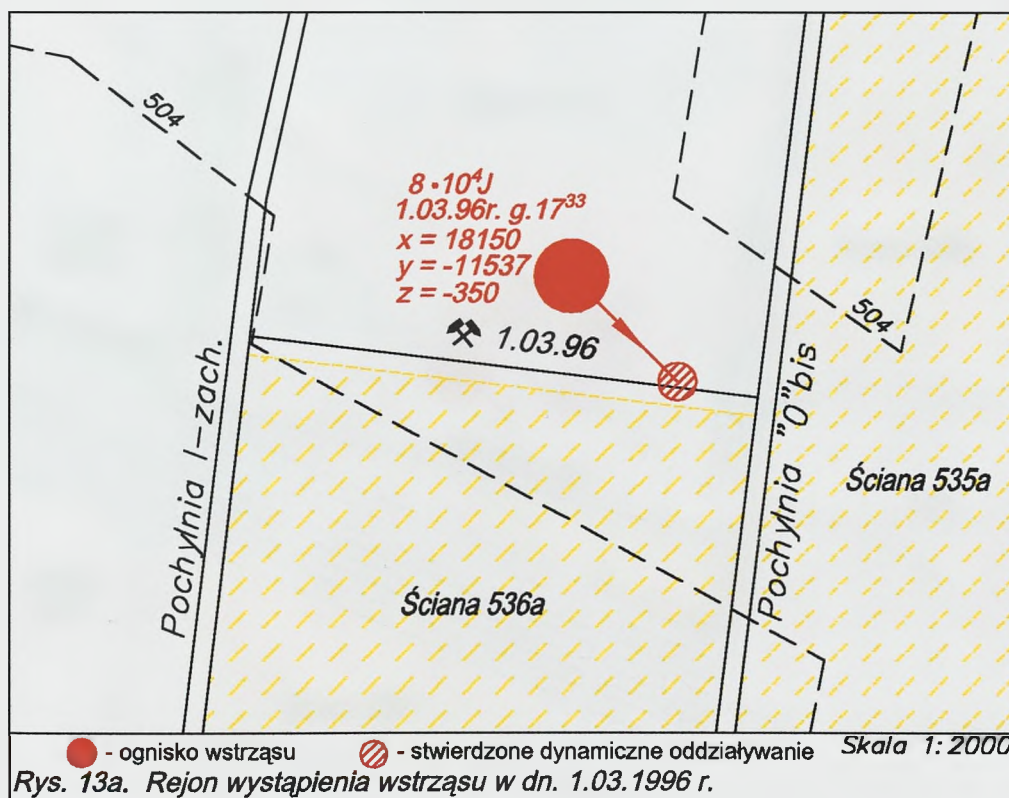
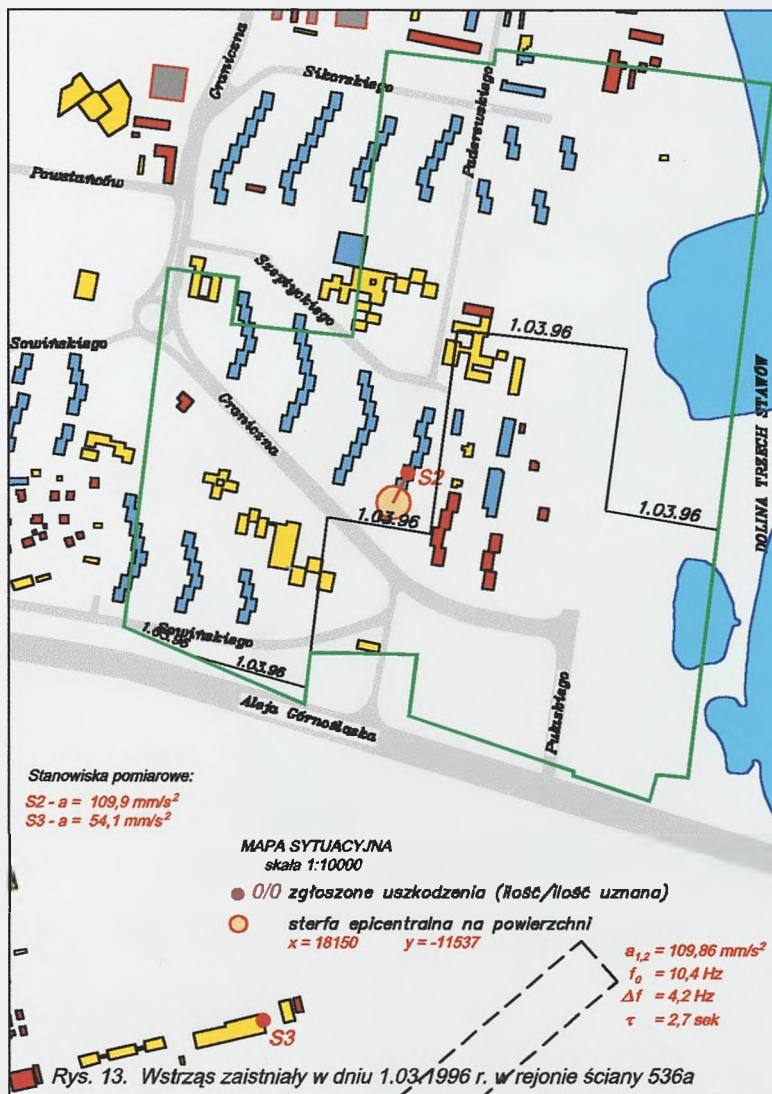
Ściana 536a, wstrząs o energii  $E = 2 \cdot 10^6 \text{ J}$  z dnia 25.02.1996r. godz. 15<sup>00</sup>

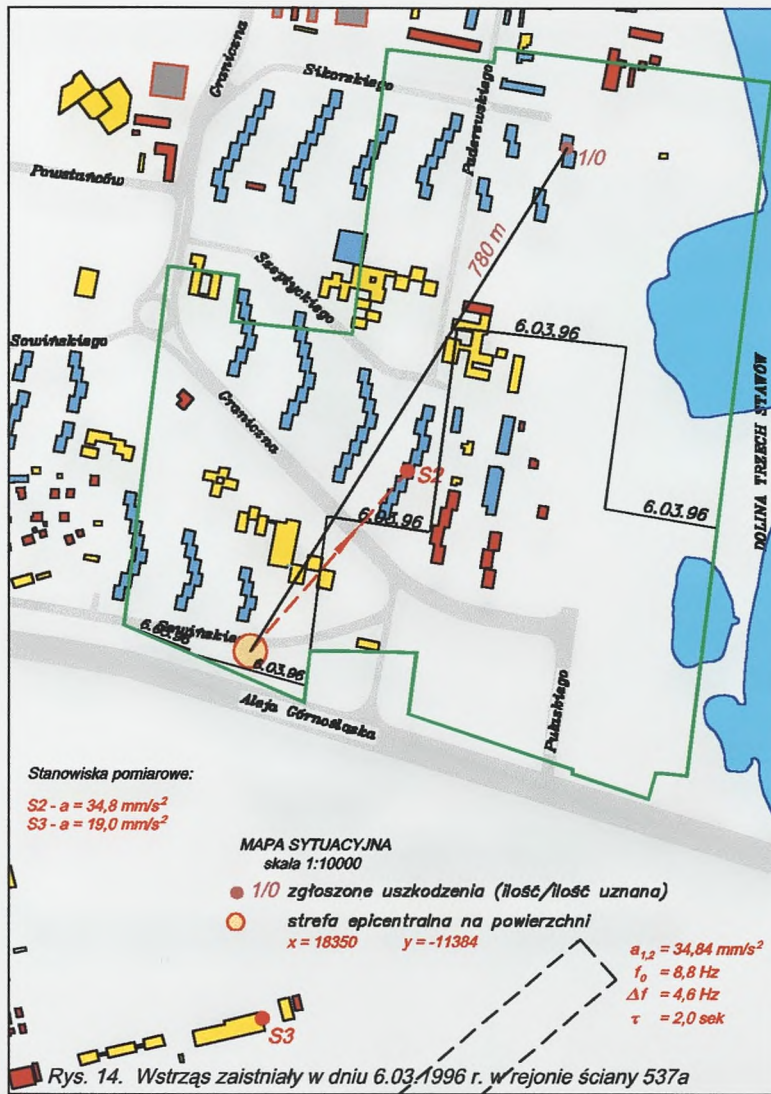
$X = 18103 \text{ m}$ ,  $Y = -11469 \text{ m}$ ,  $Z = -196 \text{ m}$  ( $H = 476 \text{ m}$ )

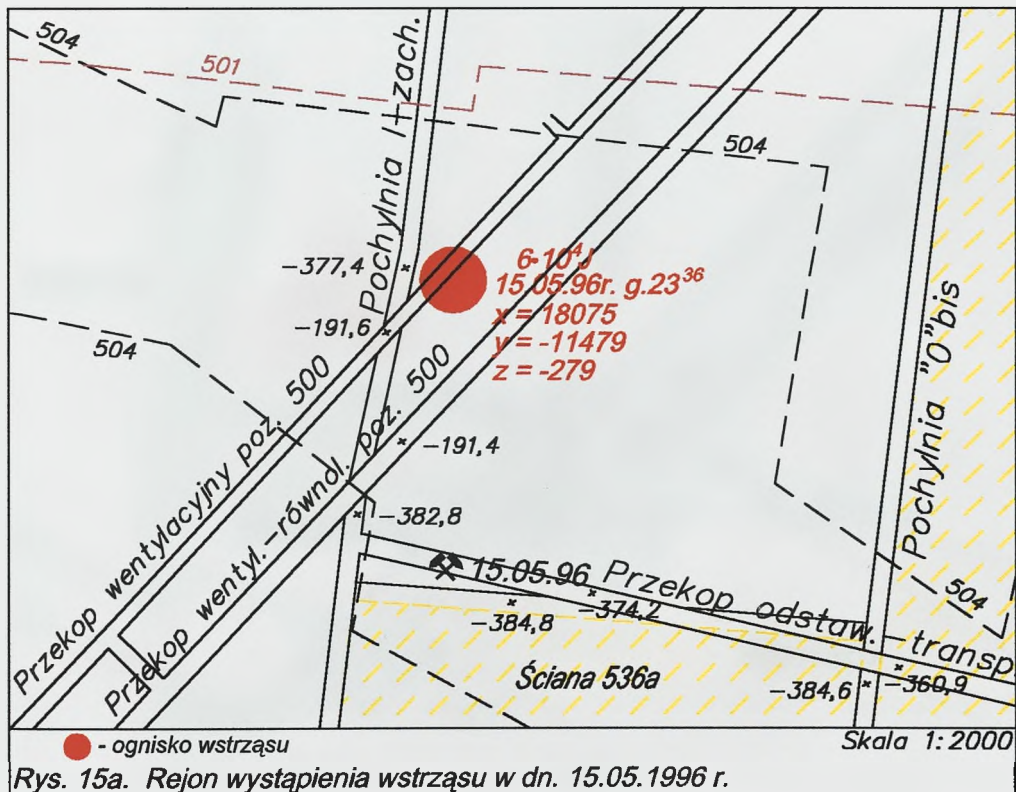
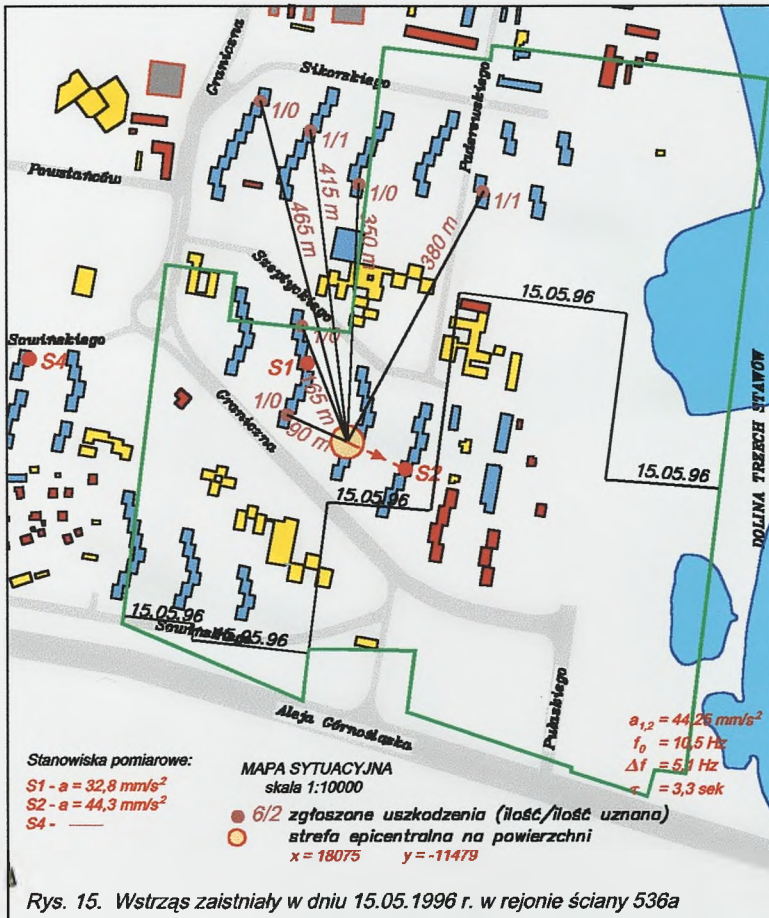
(S3)  $a_{1,2} = 111,90 \text{ mm/sek}^2$ ,  $f_0 = 7,0 \text{ Hz}$ ,  $Df = 3,8 \text{ Hz}$ ,  $t = 4,3 \text{ sek.}$

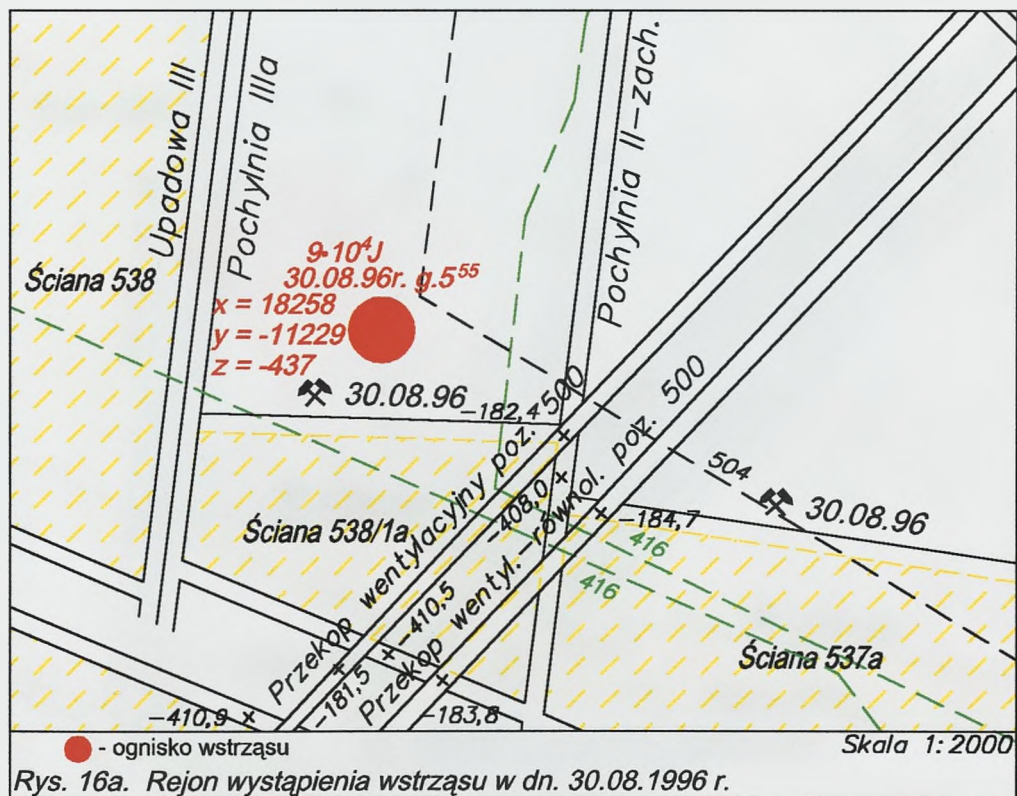
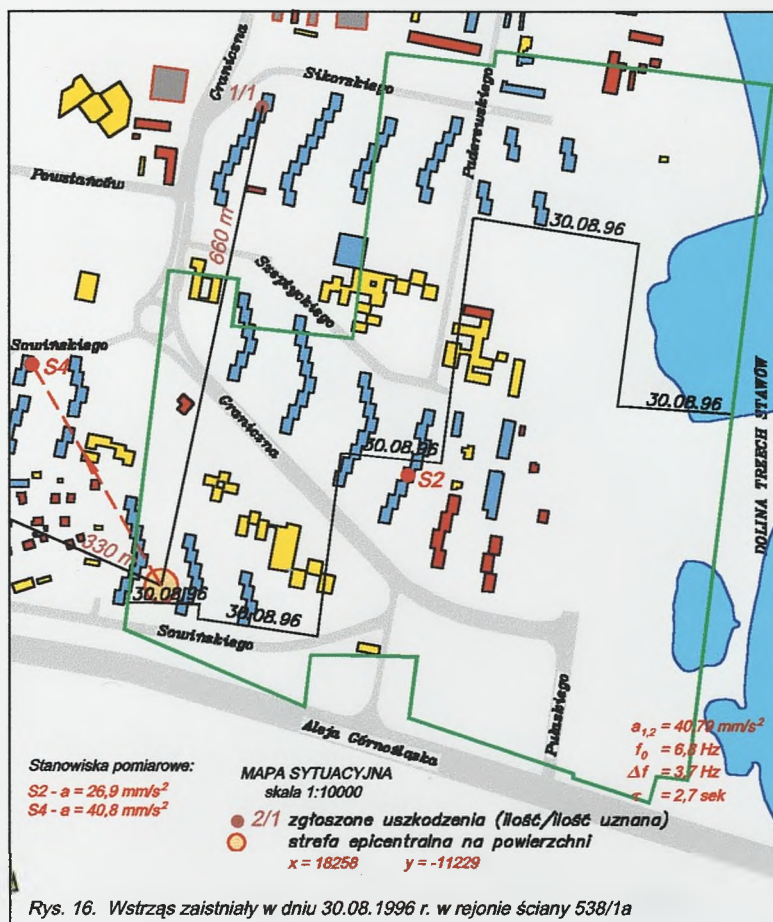
(stanowisko pomiarowe S3 znajduje się poza modelem - na południe)

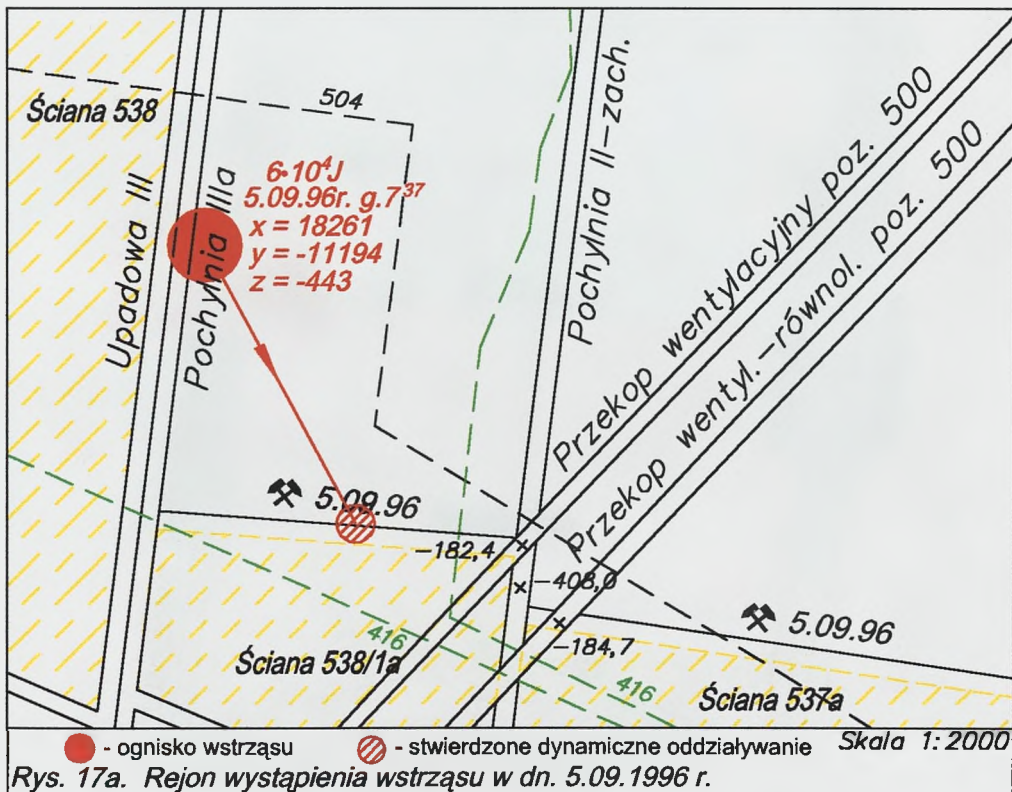
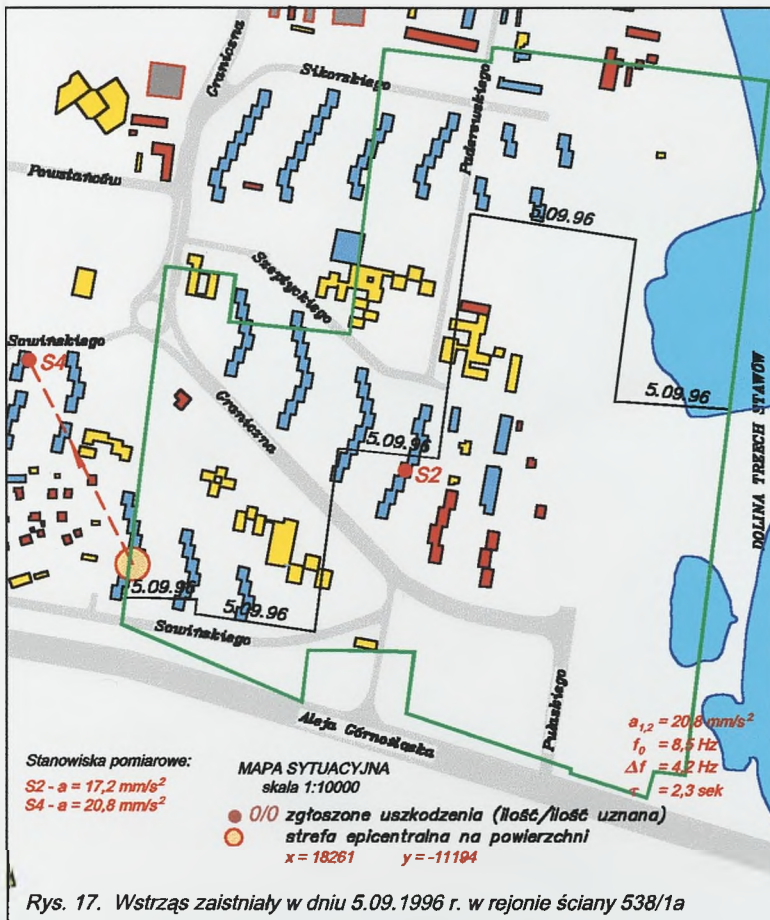
UWAGA : powyższy rysunek powtórzono w pracy pod numerem 6.7.

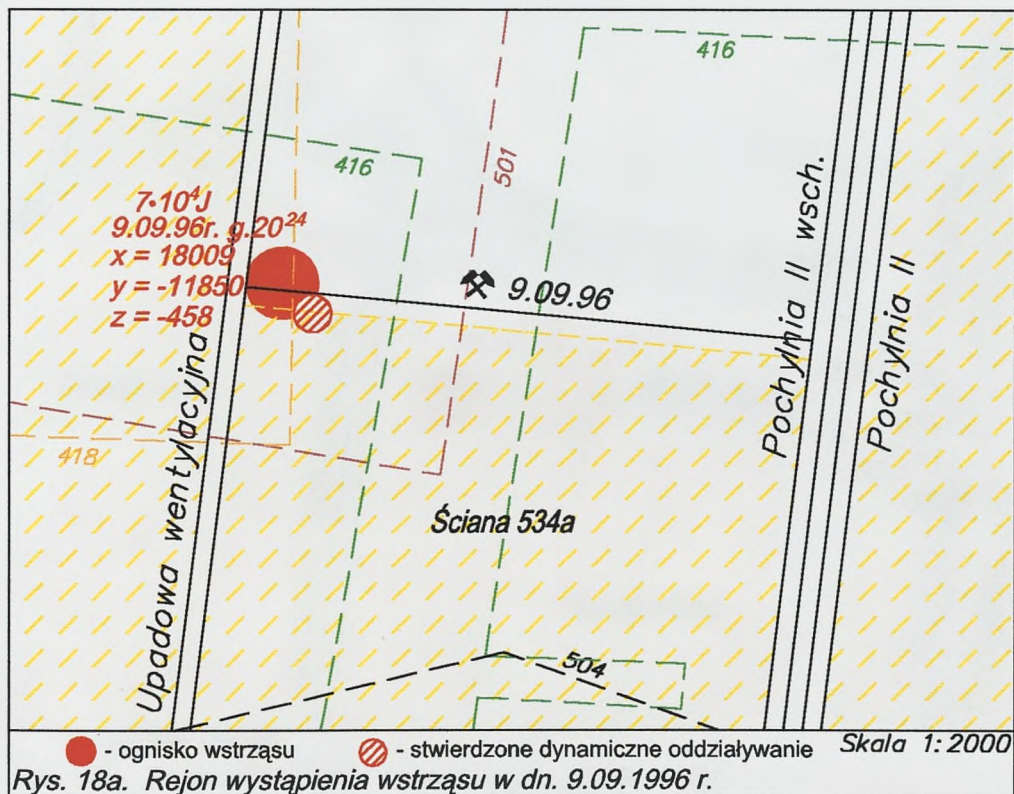
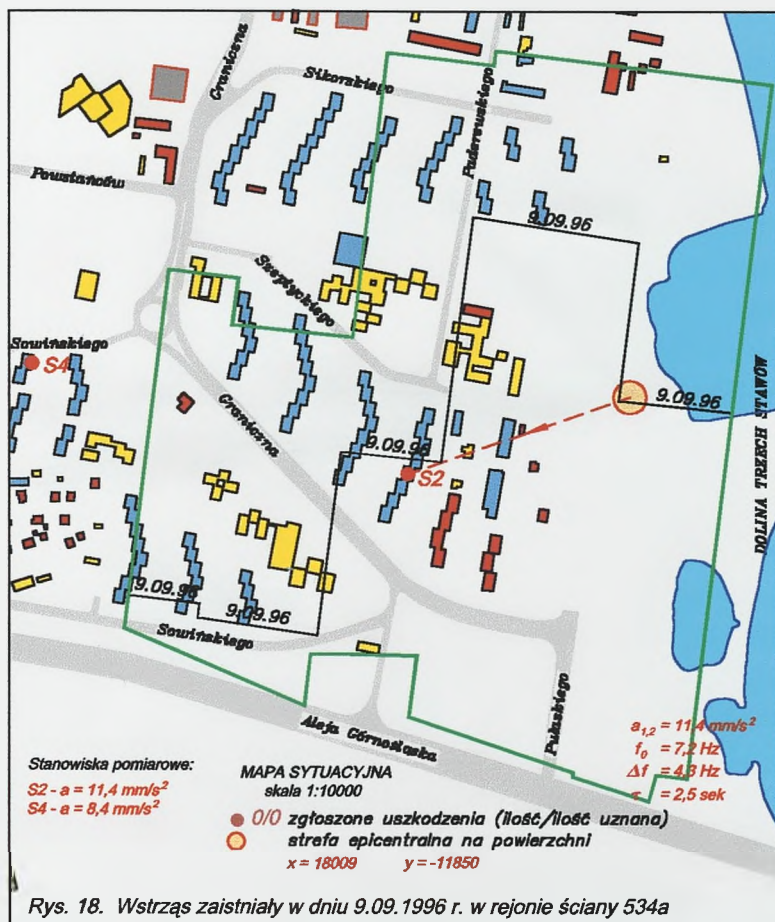


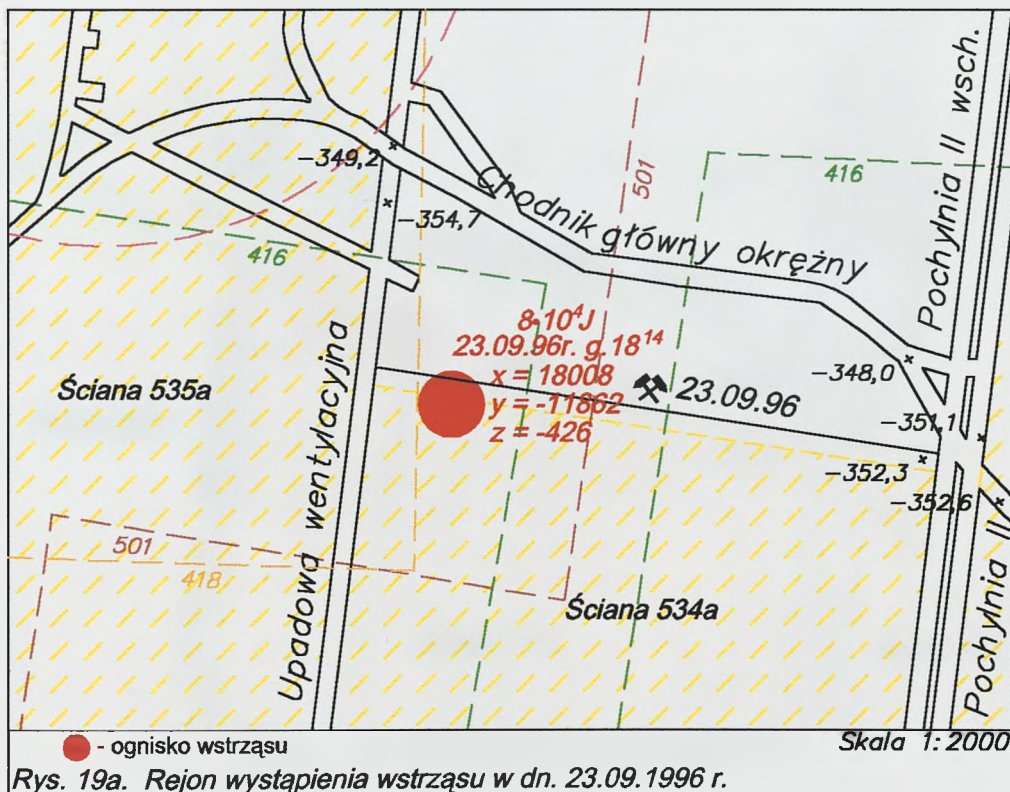
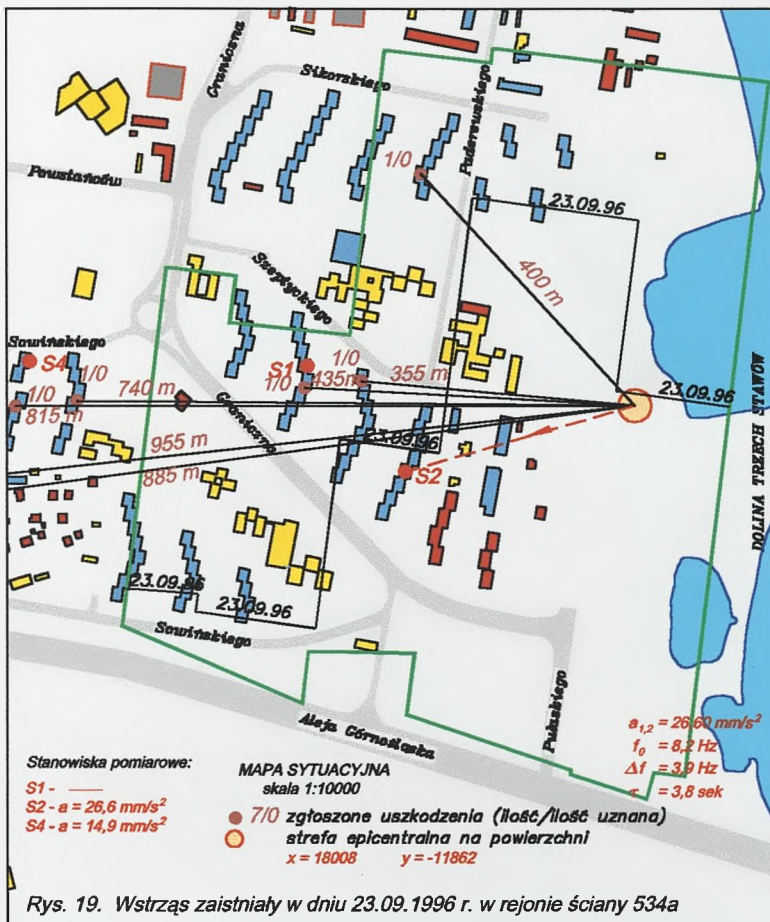


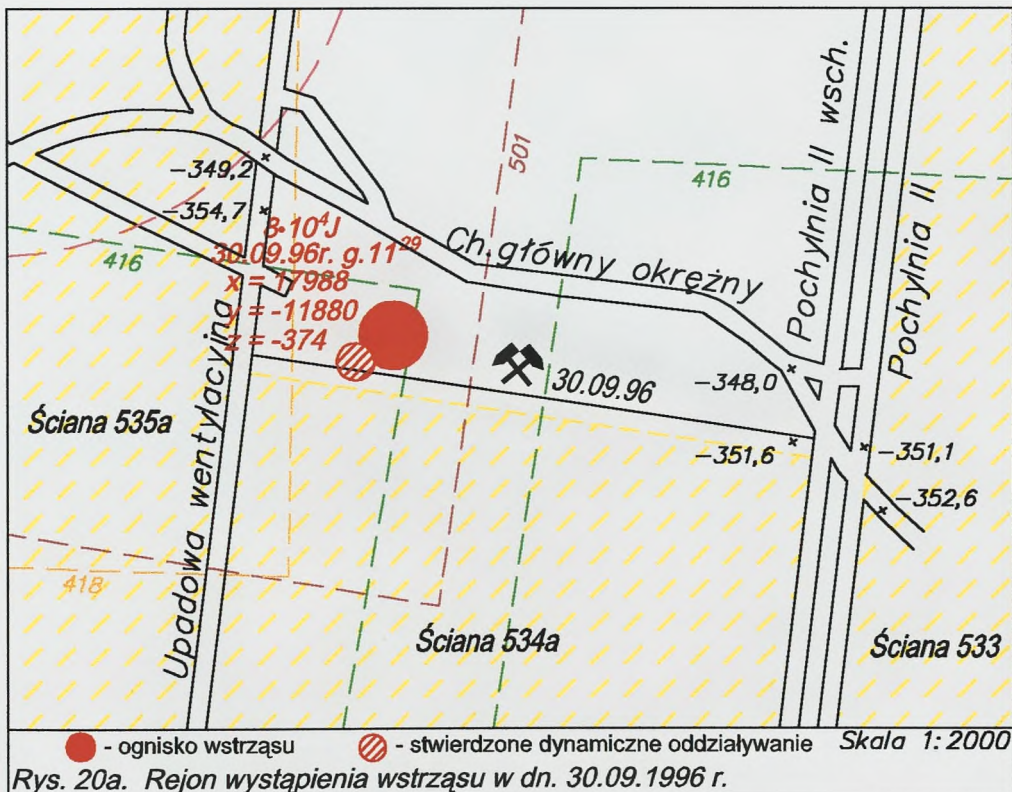
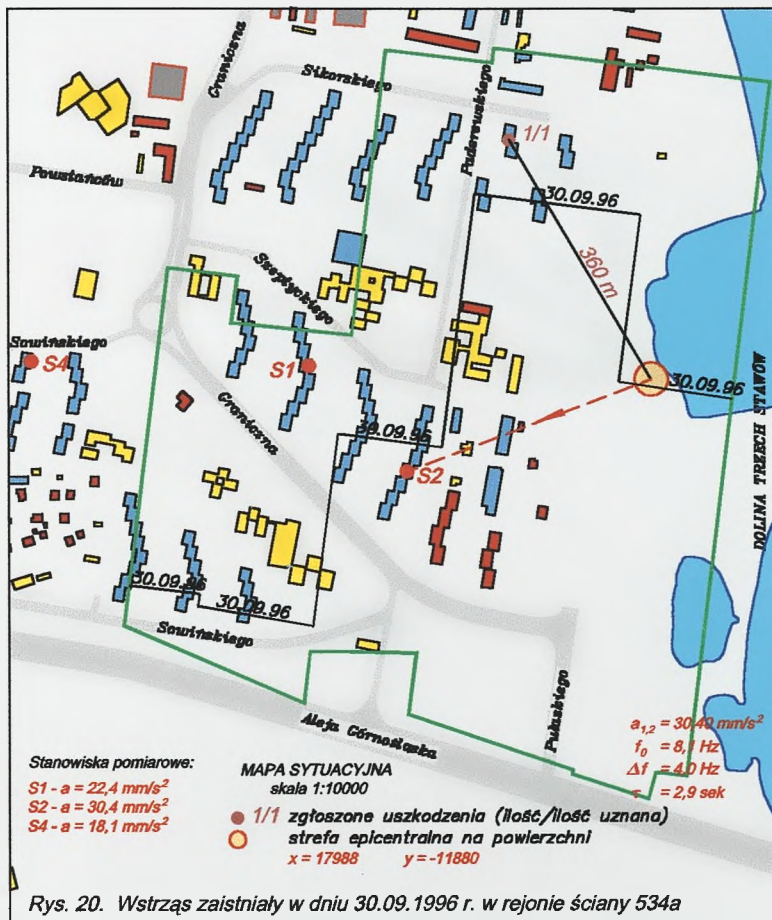


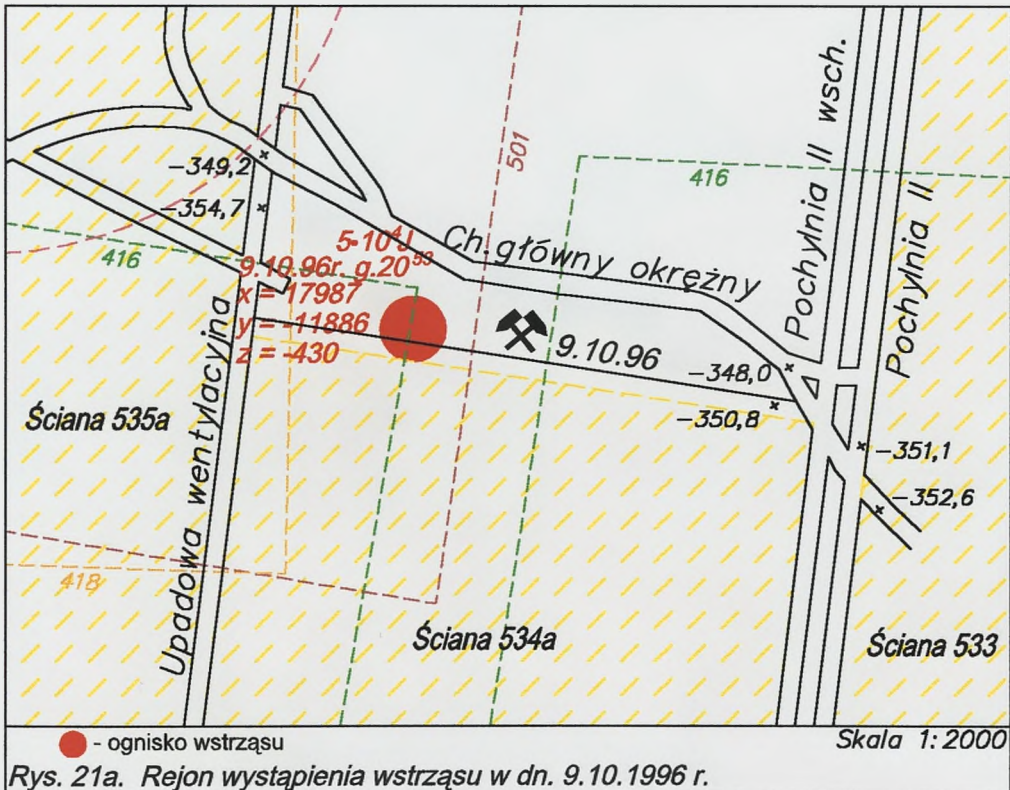
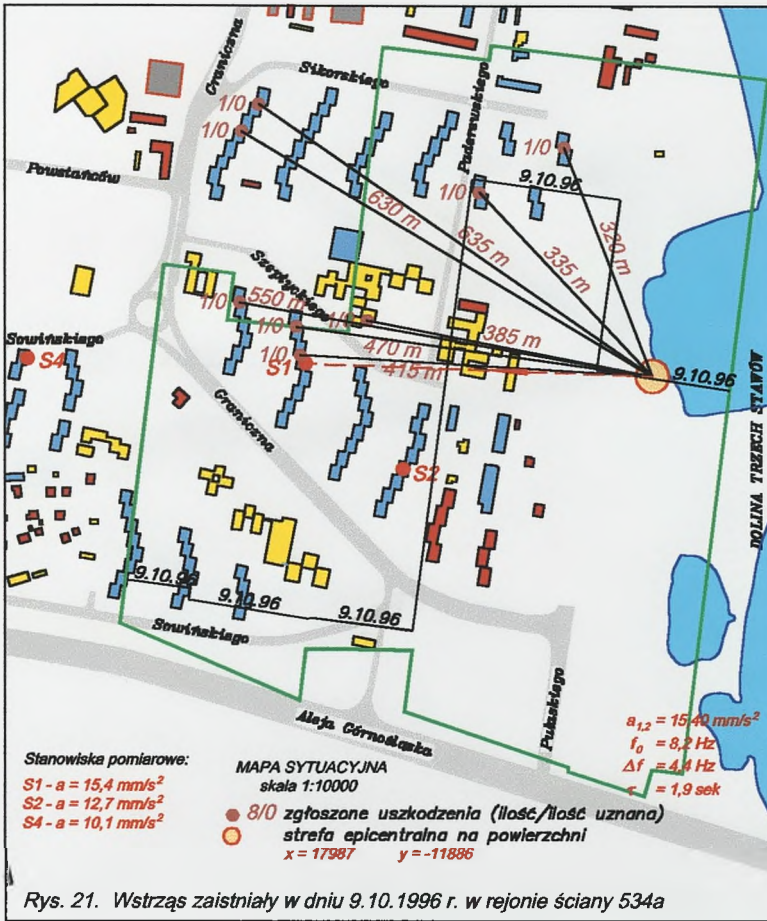


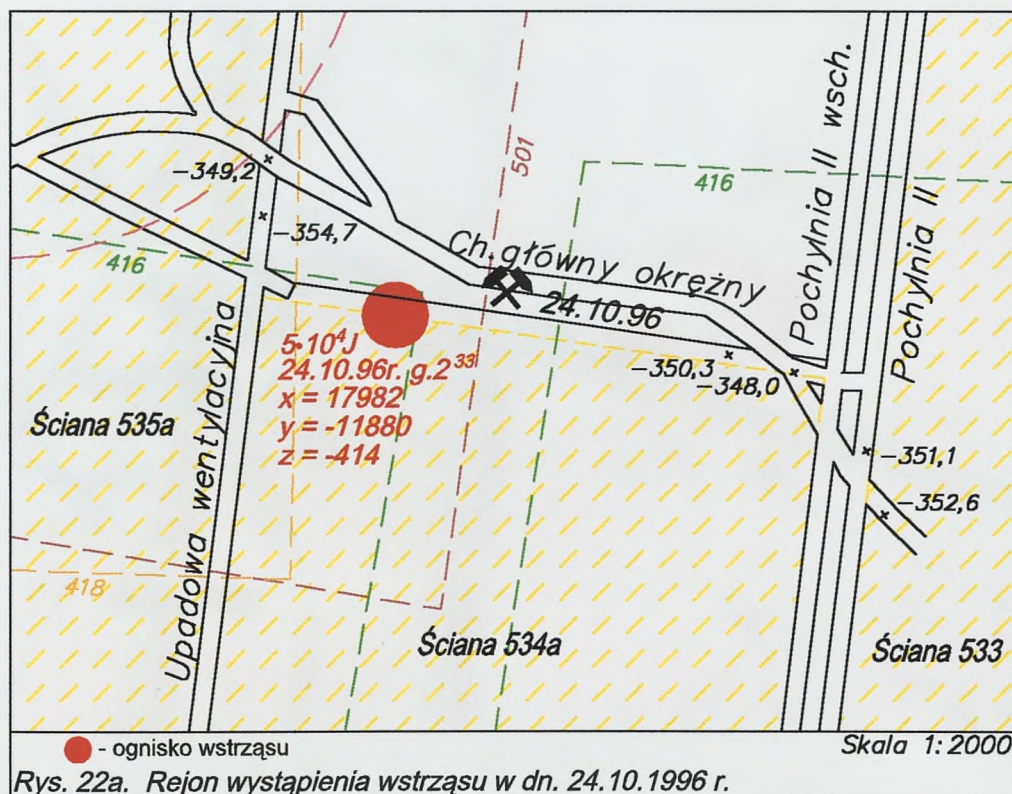
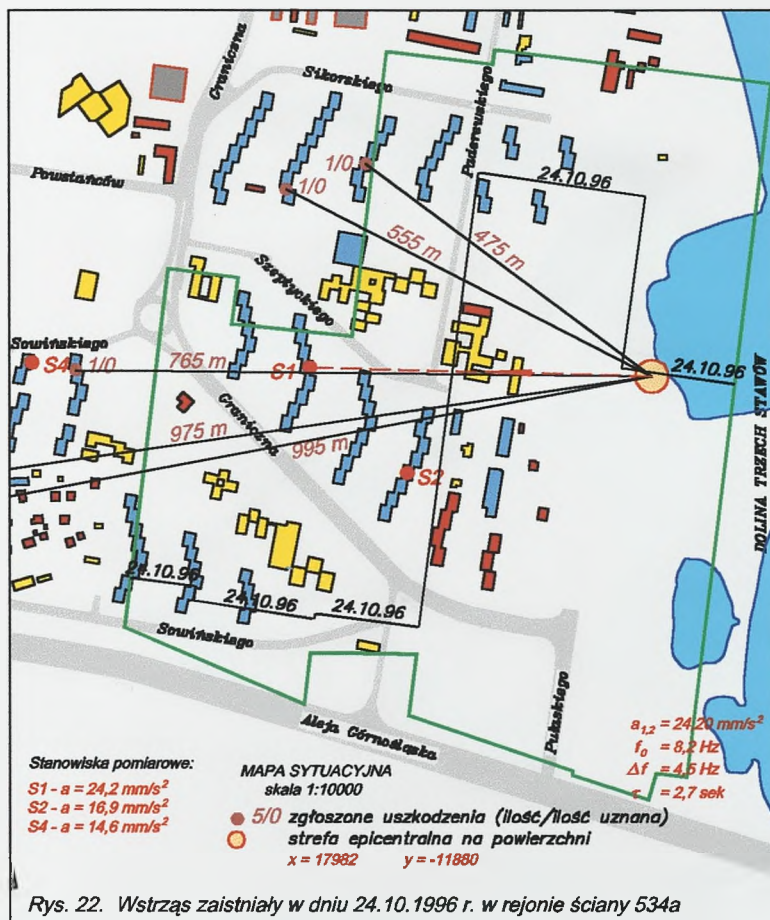


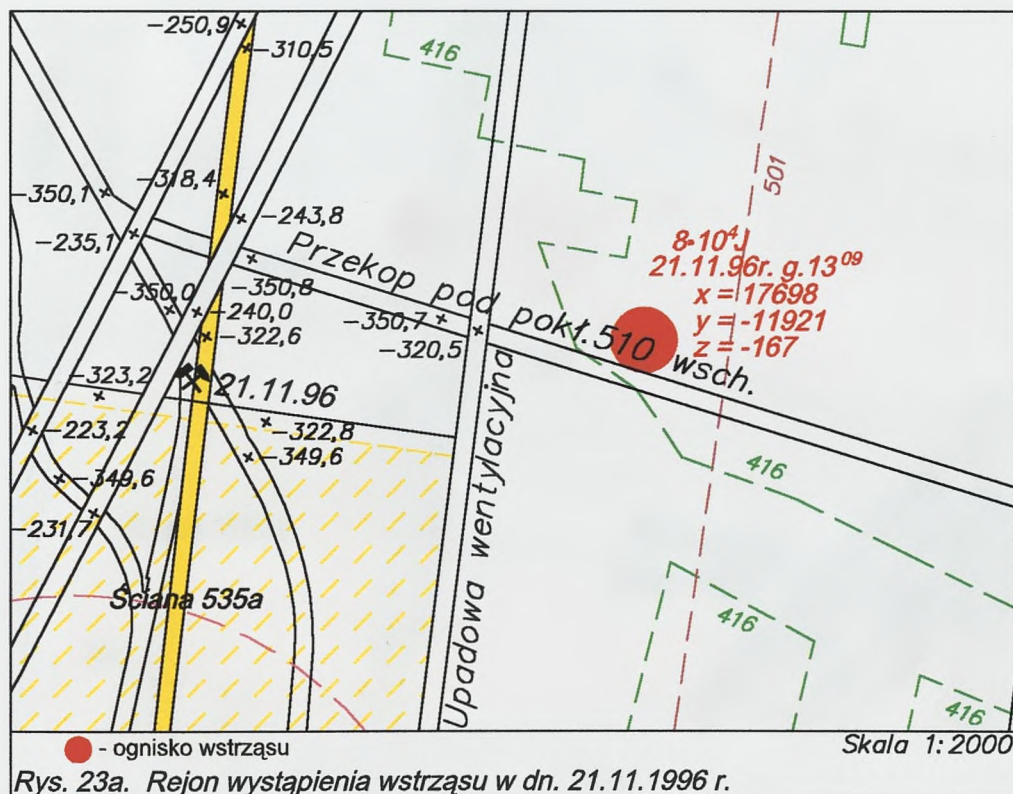
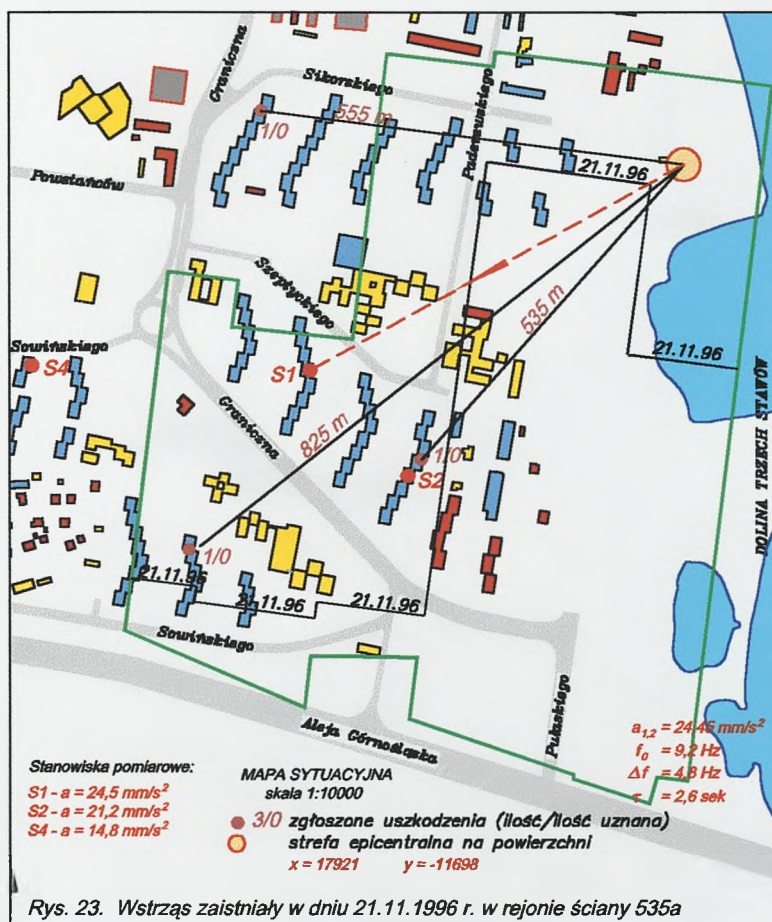


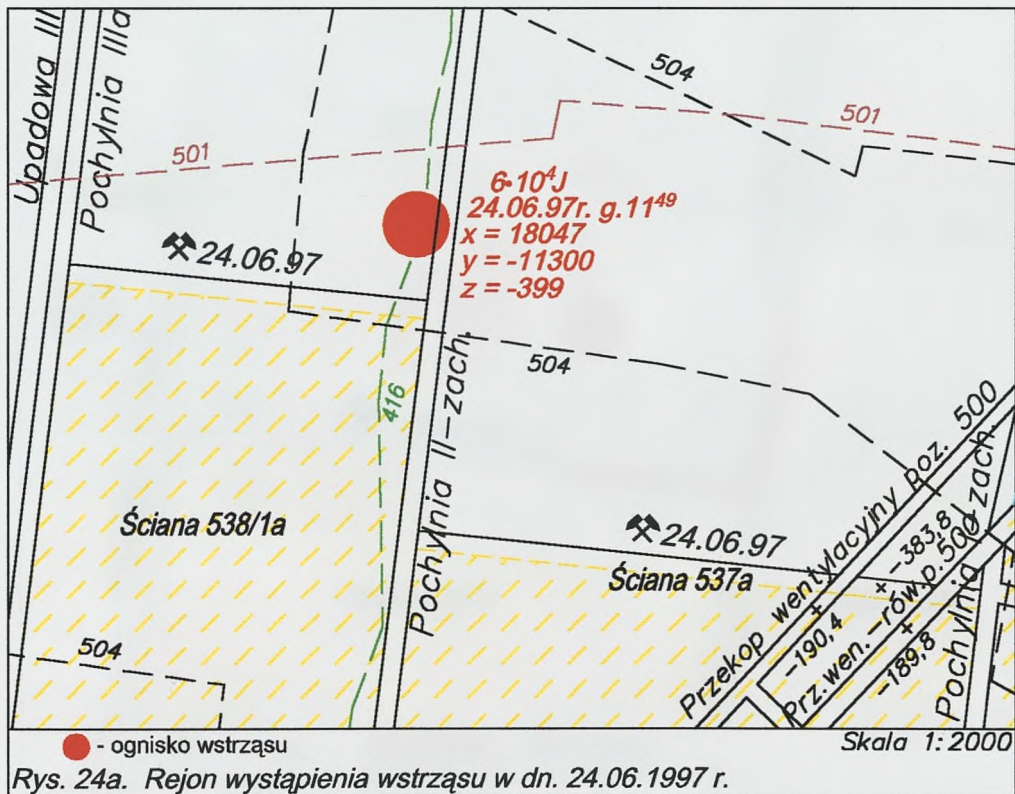
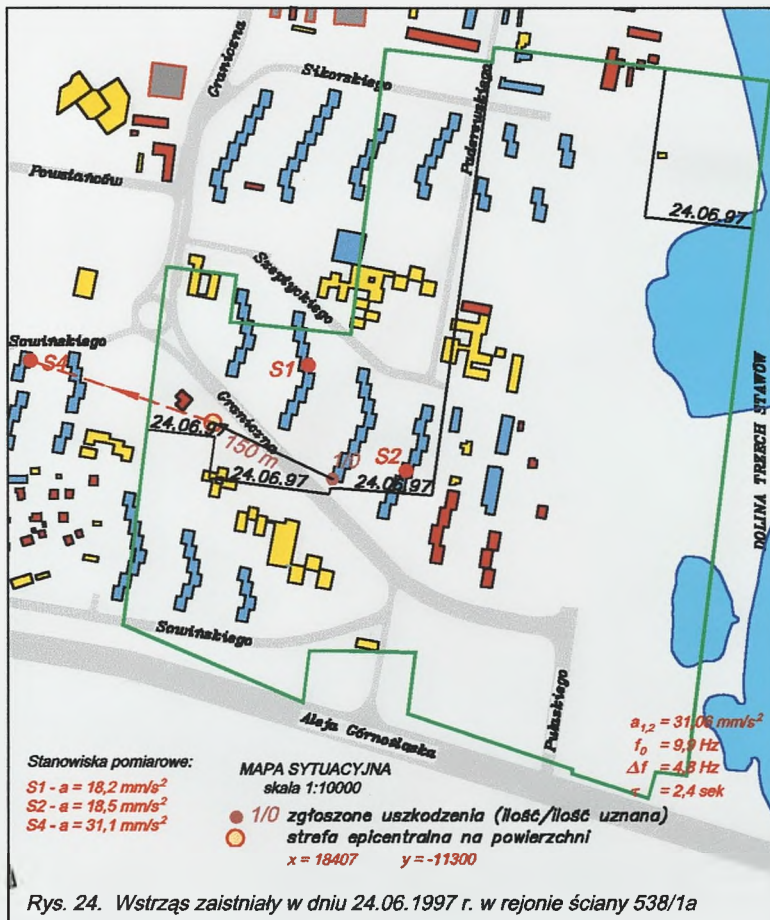


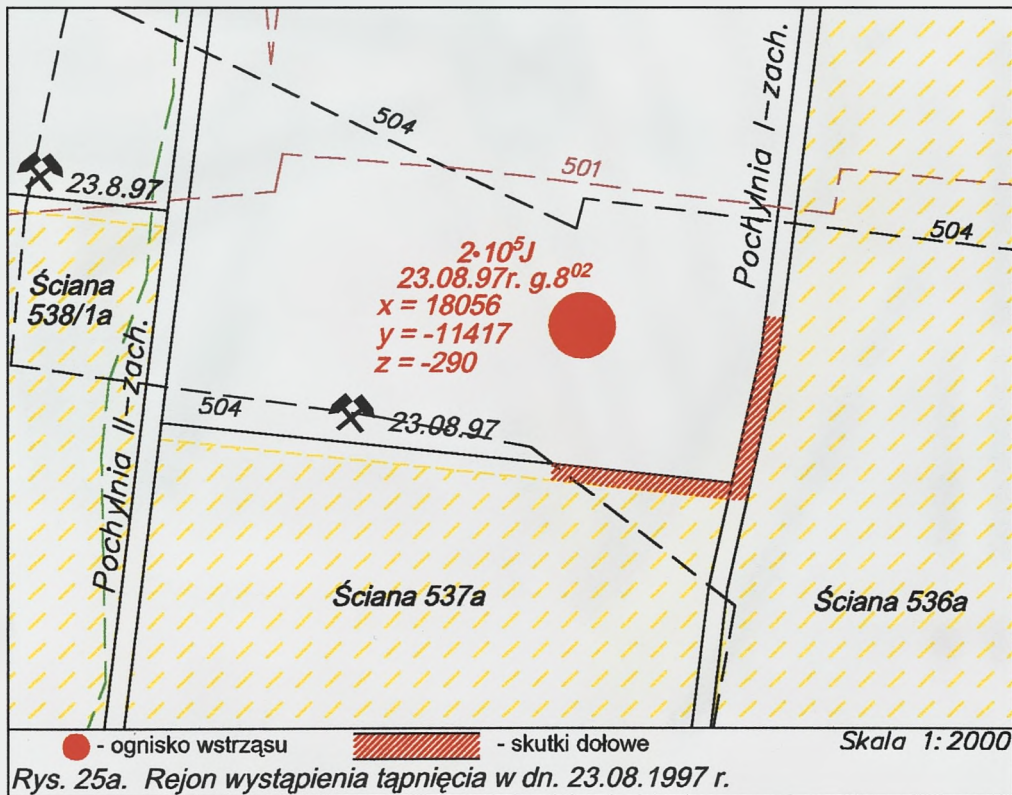
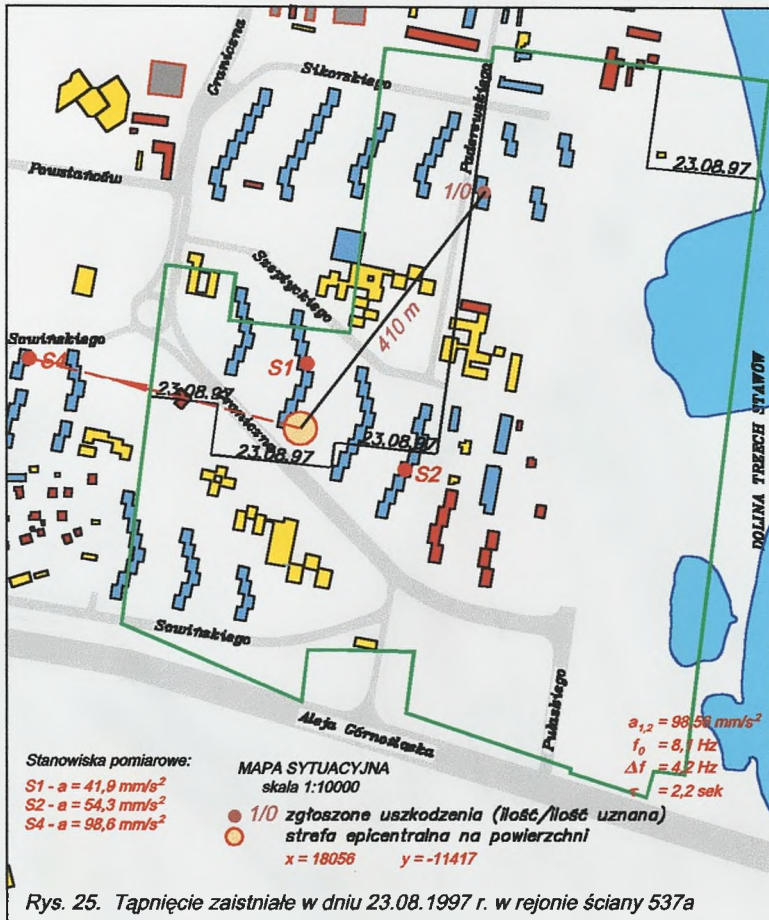


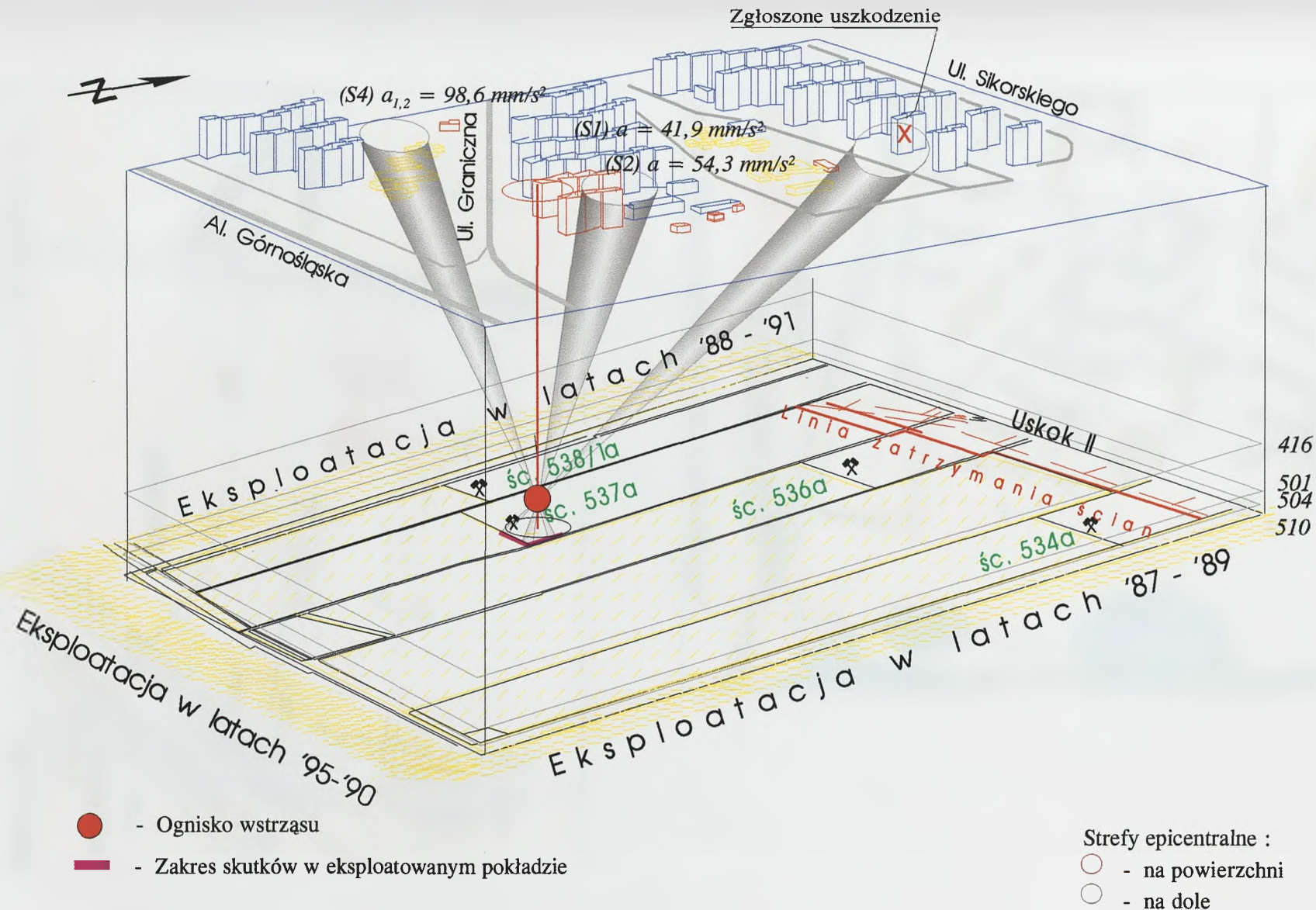






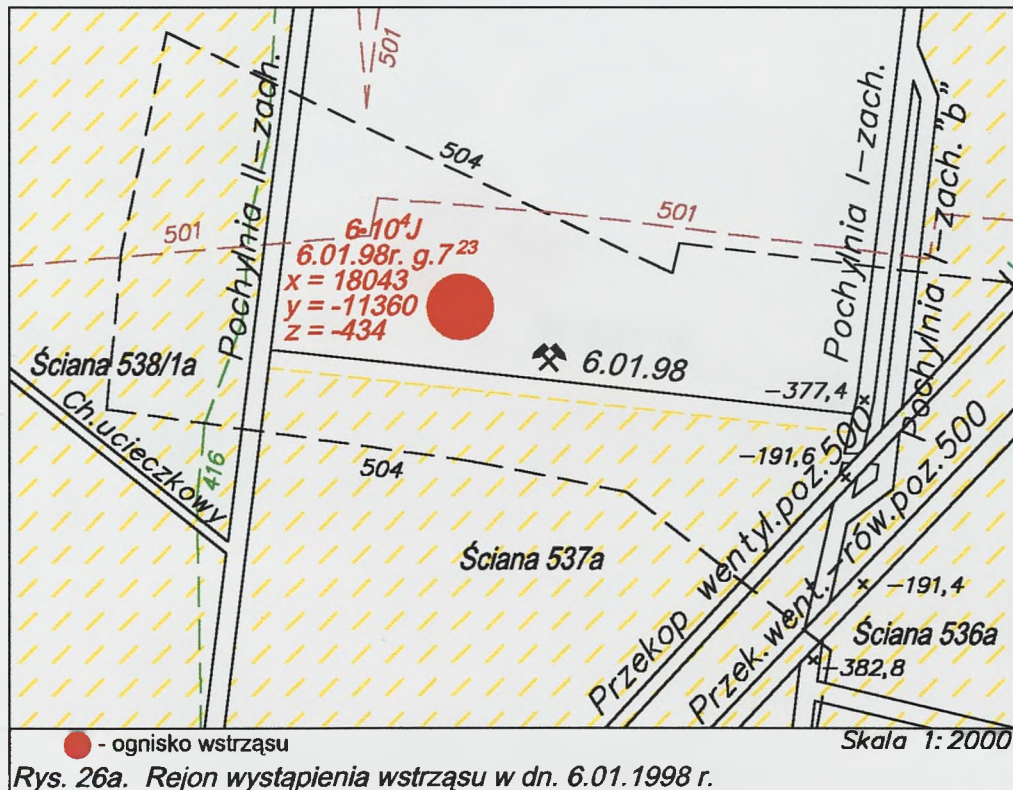
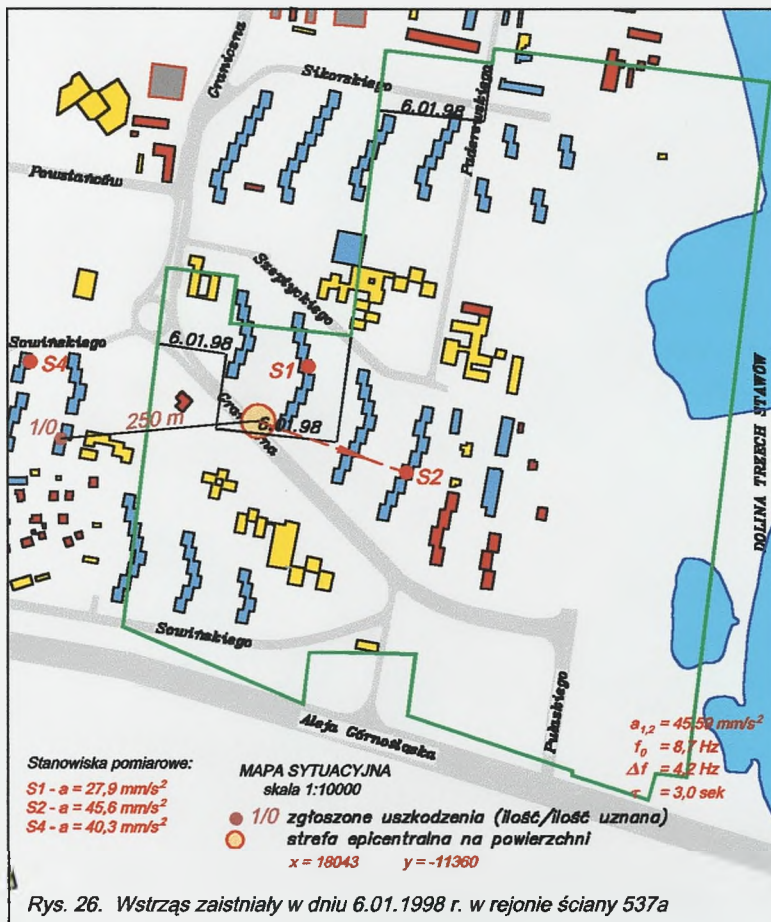


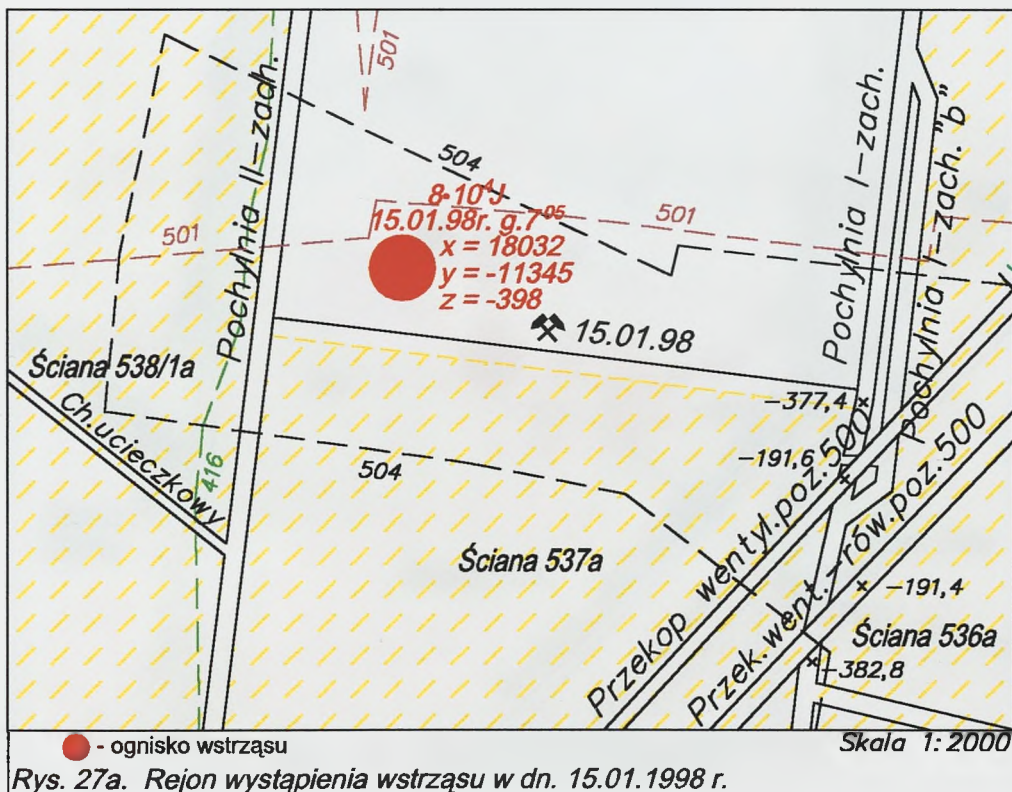
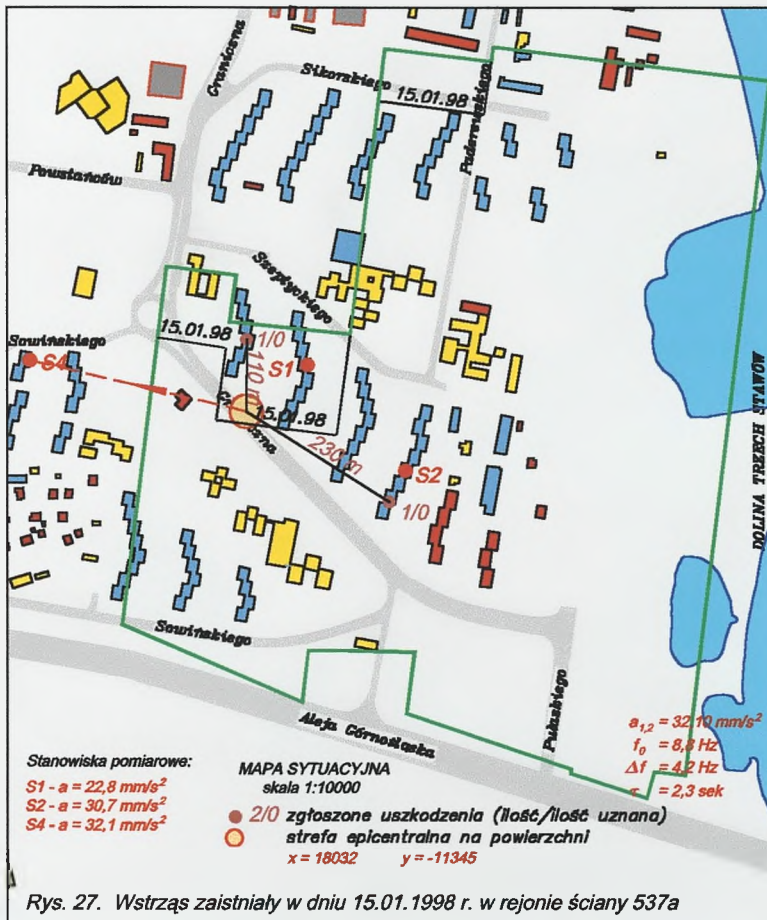


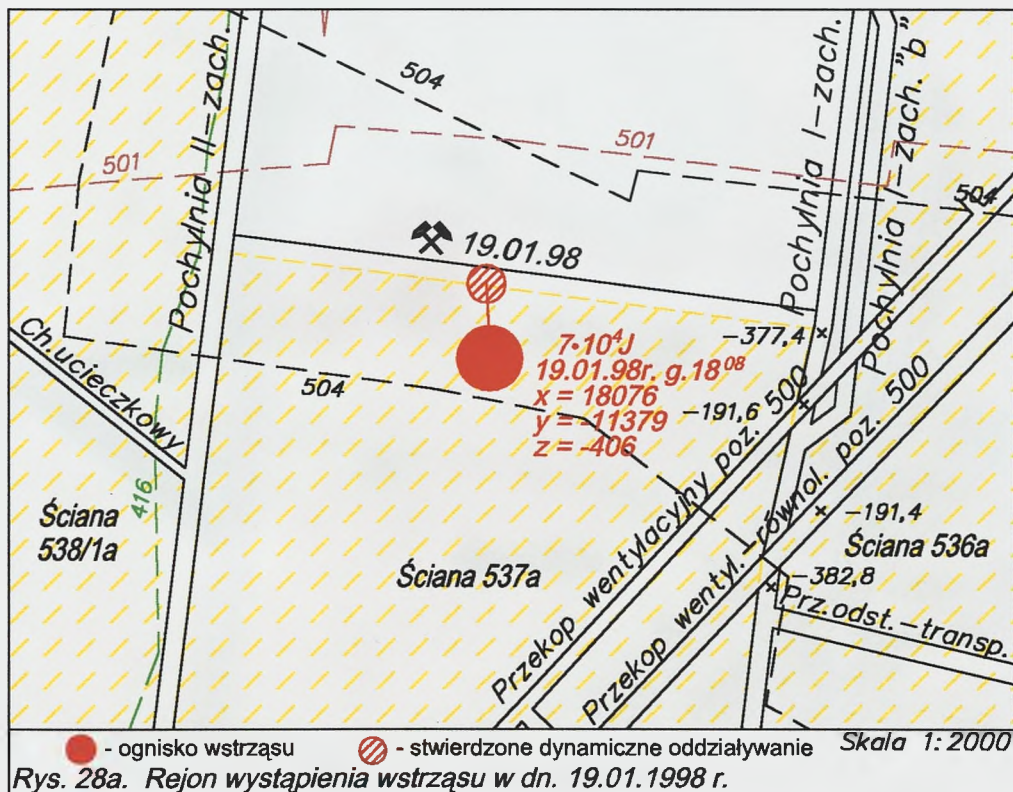
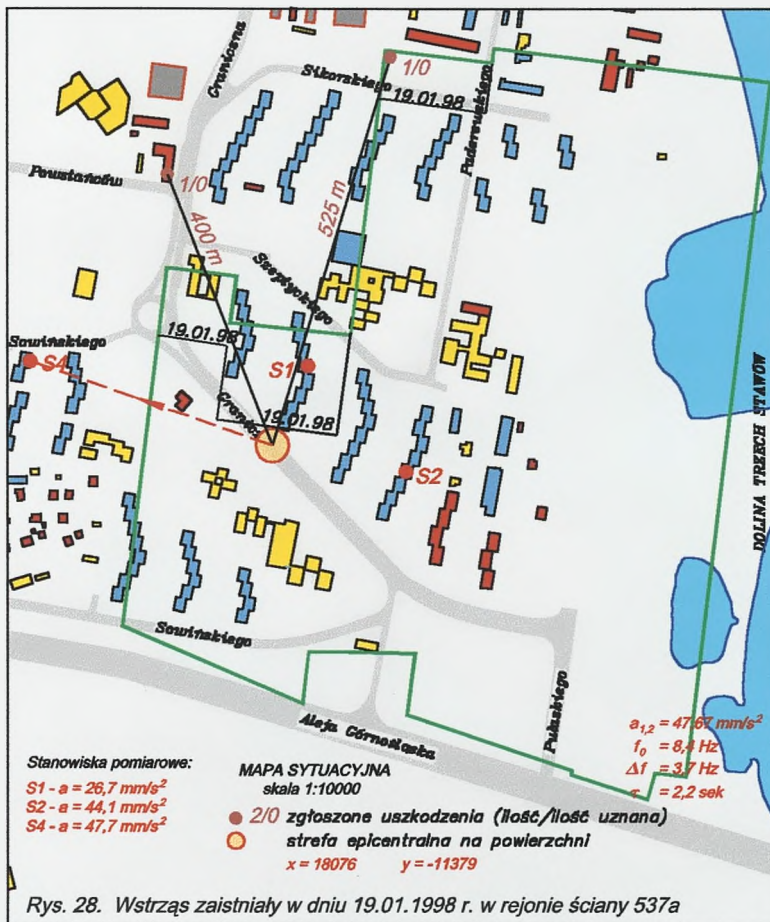


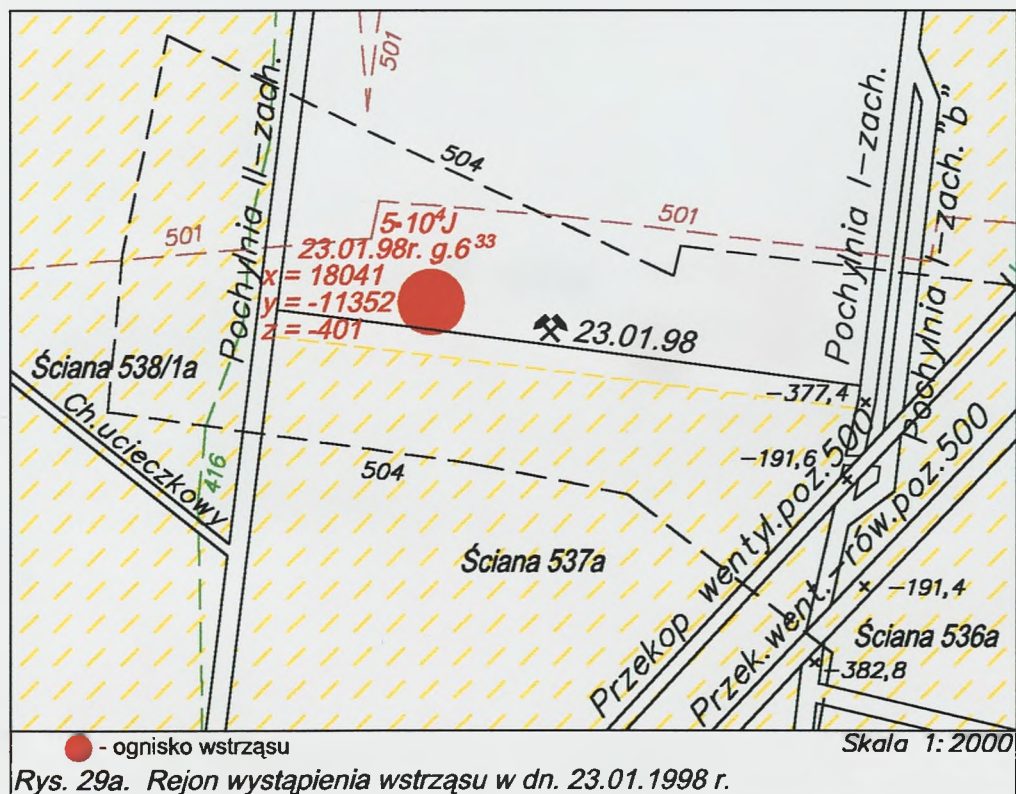
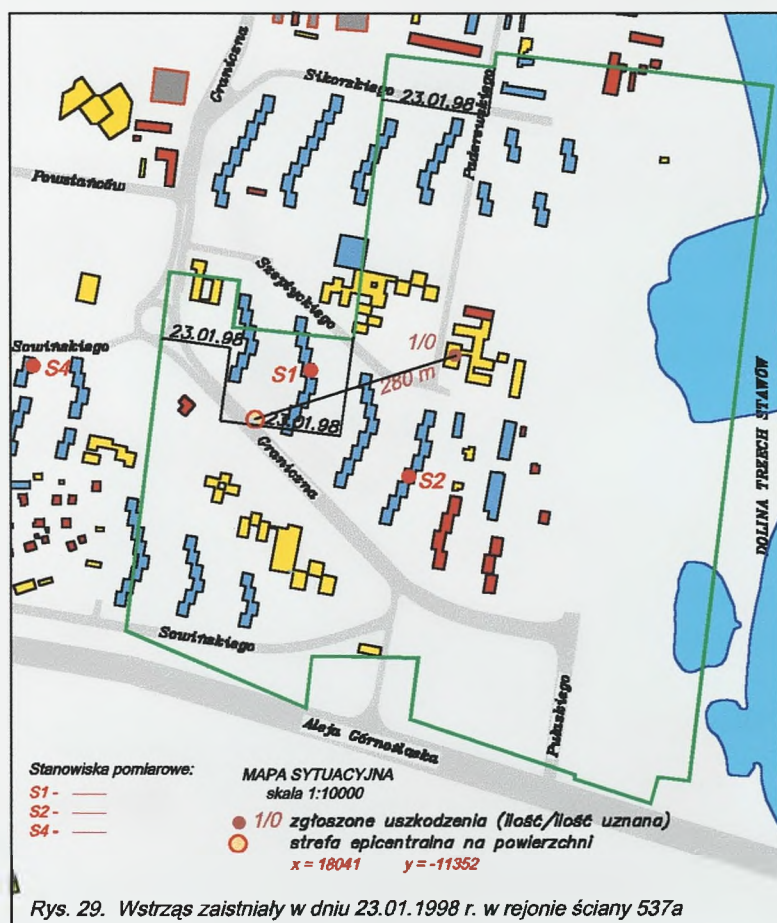
Rys.25.b. Schematyczny (prawdopodobny) kierunek emisji i oddziaływania części fali sejsmicznej wstrząsu :

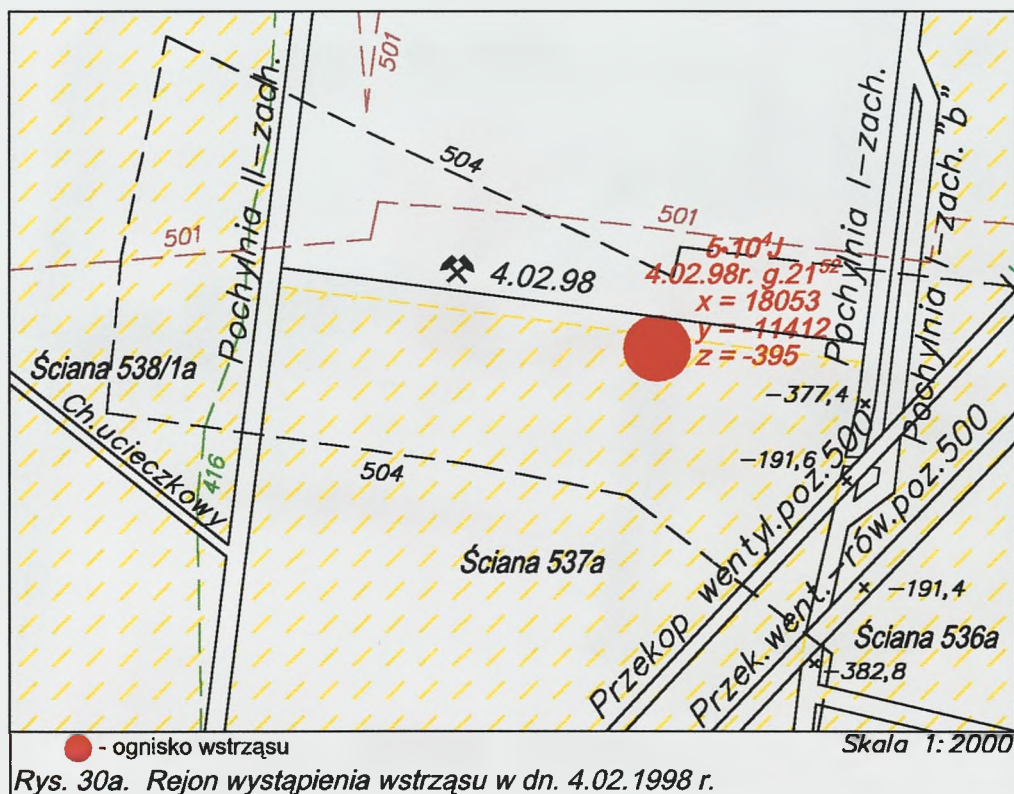
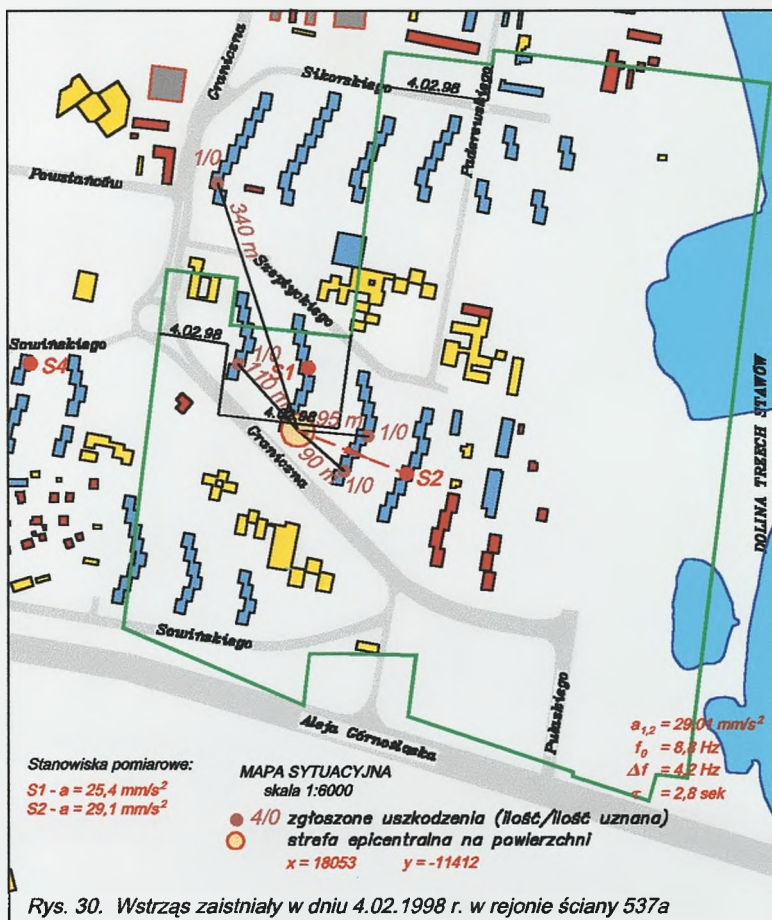
Ściana 537a, tąpnięcie o energii  $E=2 \cdot 10^5 \text{ J}$  z dnia 23.08.1997r.godz. 8<sup>02</sup>  
 $X=18056 \text{ m}$  ,  $Y=-11417 \text{ m}$  ,  $Z=-290 \text{ m}$  (  $H = 568 \text{ m}$  )  
 $(S4) a_{1,2} = 98,6 \text{ mm/sec}^2$  ,  $f_0 = 8,1 \text{ Hz}$  ,  $Df = 4,2 \text{ Hz}$  ,  $t = 2,2 \text{ sek}$   
 (stanowisko pomiarowe S4 znajduje się poza modelem - na zachód)  
 UWAGA : powyższy rysunek powtórzono w pracy pod numerem 6.9.

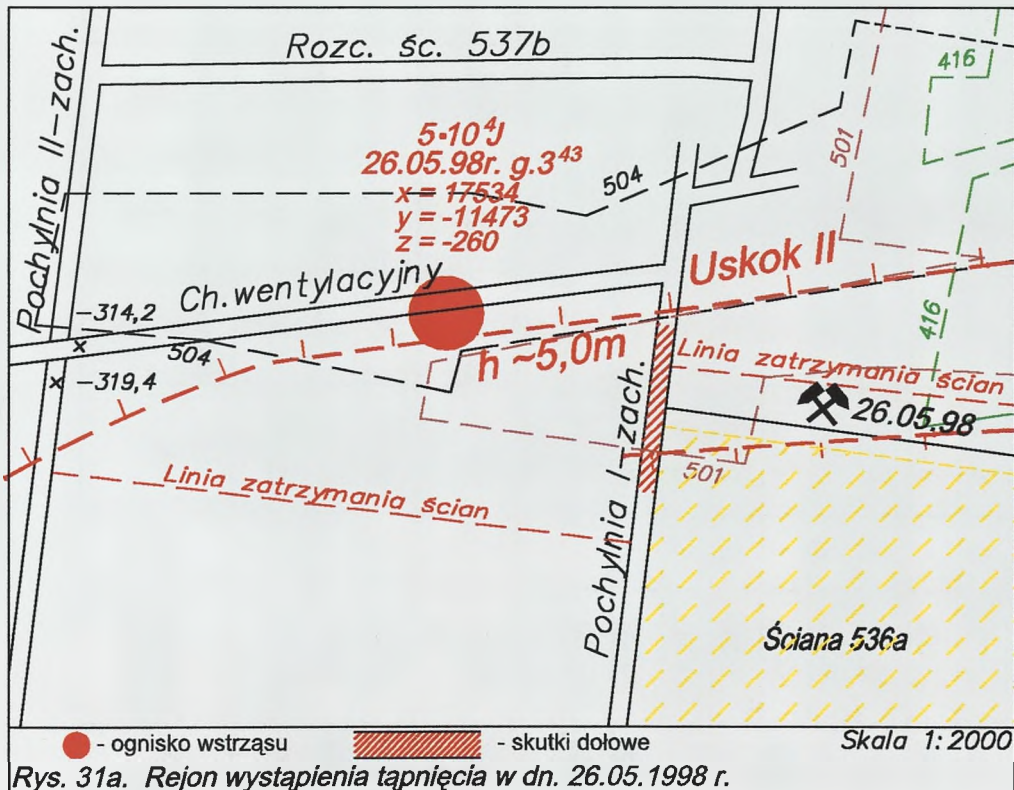
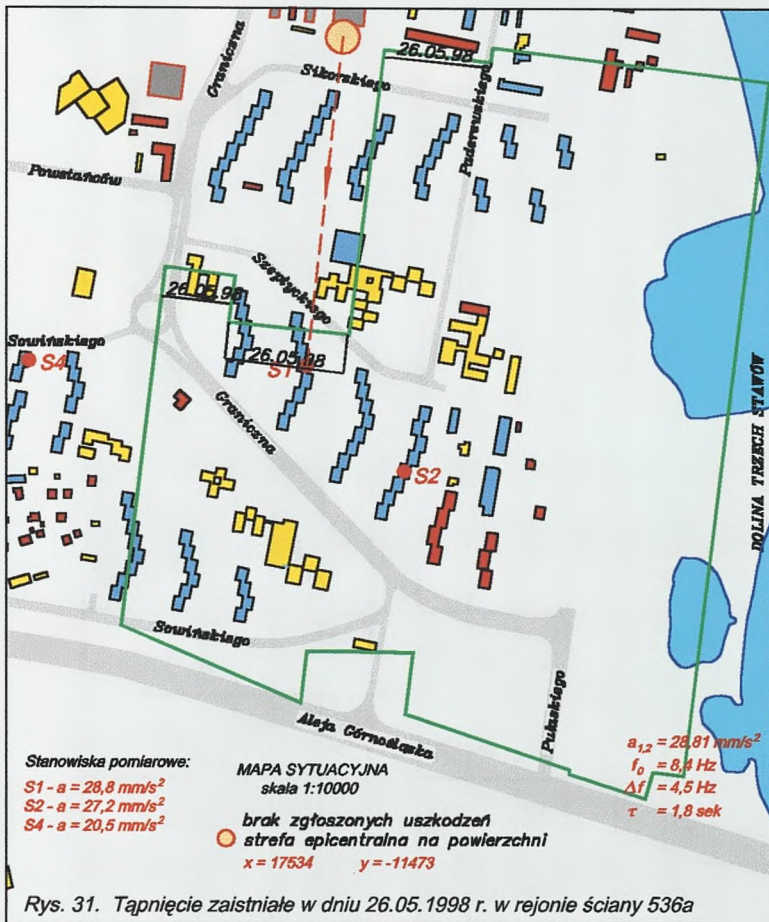












**Zestawienie wstrząsów o energii  $E \geq 5 \cdot 10^4$  J pod centralną częścią Osiedla Paderewskiego wraz z rejestracją ich wpływu na powierzchnię w analizowanym okresie: od 1.08.1994 do 31.07.1998 r. (plus dodatkowe z 19.05.1993 r. i 15.08.1995 r.)**

**Tab. 1**

| L.p. | Data wstrząsu | Godzina wstrząsu | Nr rys. | E [J] | S <sub>1</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>2</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>3</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>4</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | a <sub>1,2</sub><br>[mm/s <sup>2</sup> ] | f <sub>0</sub><br>[Hz] | Δf<br>[Hz] | τ<br>[sek] | Zgłoszone uszkodz. ilość/<br>il. uznana | Odległość pozioma środka strefy epicentralnej do miejsca zgłoszenia [m] |
|------|---------------|------------------|---------|-------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|------------|------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 2             | 3                | 4       | 5     | 6                                        | 7                                        | 8                                        | 9                                        | 10                                       | 11                     | 12         | 13         | 14                                      | 15                                                                      |
| 1    | 19.05.1993    | 22:44            | 1       | 7 x 6 | X                                        | X                                        | X                                        | X                                        |                                          |                        |            |            | 2/1                                     | 278, 317                                                                |
| 2    | 09.09.1994    | 13:34            | -       | 6 x 4 | X                                        | 20,7                                     | -                                        | X                                        | 20,65                                    | 10,1                   | 4,4        | 2,7        | 0/0                                     |                                                                         |
| 3    | 21.09.1994    | 18:02            | -       | 6 x 4 | X                                        | -                                        | -                                        | X                                        |                                          |                        |            |            | 0/0                                     |                                                                         |
| 4    | 24.09.1994    | 11:18            | -       | 5 x 4 | X                                        | -                                        | 10,9                                     | X                                        | 10,92                                    | 8,3                    | 5,7        | 2,8        | 0/0                                     |                                                                         |
| 5    | 17.10.1994    | 06:54            | -       | 9 x 4 | X                                        | 39,3                                     | 39,9                                     | X                                        | 39,88                                    | 11,1                   | 4,4        | 3,1        | 0/0                                     |                                                                         |
| 6    | 16.11.1994    | 04:17            | -       | 8 x 4 | X                                        | 18,8                                     | 11,5                                     | X                                        | 18,78                                    | 9,3                    | 4,2        | 2,7        | 0/0                                     |                                                                         |
| 7    | 02.01.1995    | 07:36            | -       | 7 x 4 | X                                        | 41,9                                     | 28,3                                     | X                                        |                                          |                        |            |            | 0/0                                     |                                                                         |
| 8    | 10.01.1995    | 02:18            | -       | 6 x 4 | X                                        | 24,2                                     | 18,2                                     | X                                        | 24,15                                    | 10,0                   | 4,3        | 3,2        | 0/0                                     |                                                                         |
| 9    | 28.01.1995    | 03:28            | 2       | 3 x 6 | X                                        | 38,1                                     | 56,3                                     | X                                        | 56,34                                    | 6,7                    | 4,2        | 4,5        | 0/0                                     |                                                                         |
| 10   | 13.02.1995    | 17:26            | 3       | 5 x 4 | X                                        | 12,4                                     | -                                        | X                                        |                                          |                        |            |            | 1/1                                     | 580                                                                     |
| 11   | 17.03.1995    | 18:16            | -       | 4 x 5 | X                                        | 62,9                                     | 61,5                                     | X                                        | 62,56                                    | 9,2                    | 4,2        | 3,5        | 0/0                                     |                                                                         |
| 12   | 27.05.1995    | 15:27            | 4       | 7 x 5 | X                                        | 65,3                                     | -                                        | X                                        | 65,34                                    | 8,1                    | 4,0        | 4,2        | 0/0                                     |                                                                         |
| 13   | 15.07.1995    | 20:10            | 5       | 9 x 4 | X                                        | 28,4                                     | 24,2                                     | X                                        | 28,40                                    | 8,1                    | 4,5        | 4,0        | 0/0                                     |                                                                         |
| 14   | 05.08.1995    | 01:23            | -       | 6 x 4 | X                                        | 38                                       | -                                        | X                                        | 37,95                                    | 8,5                    | 3,8        | 3,3        | 0/0                                     |                                                                         |
| 15   | 15.08.1995    | 00:53            | 6       | 4 x 6 | X                                        | 99,7                                     | 115,8                                    | X                                        | 115,80                                   | 5,6                    | 3,1        | 4,5        | 2/0                                     | 460, 655                                                                |
| 16   | 13.09.1995    | 02:21            | 7       | 1 x 5 | X                                        | 37,4                                     | 19,2                                     | X                                        | 37,41                                    | 8,2                    | 3,9        | 3,4        | 0/0                                     |                                                                         |
| 17   | 23.09.1995    | 01:26            | 8       | 1 x 5 | X                                        | -                                        | 25,7                                     | X                                        | 27,50                                    | 8,9                    | 4,8        | 3,2        | 0/0                                     |                                                                         |
| 18   | 29.11.1995    | 20:24            | -       | 5 x 4 | X                                        | 12,5                                     | -                                        | X                                        | 12,51                                    | 8,7                    | 4,4        | 2,9        | 0/0                                     |                                                                         |
| 19   | 15.12.1995    | 09:56            | -       | 7 x 4 | X                                        | 45,5                                     | 24,1                                     | X                                        | 45,49                                    | 9,9                    | 4,4        | 2,7        | 0/0                                     |                                                                         |
| 20   | 08.01.1996    | 11:09            | 9       | 7 x 5 | X                                        | 71,8                                     | 43                                       | X                                        | 71,80                                    | 7,2                    | 4,0        | 3,1        | 1/1                                     | 300                                                                     |

Tab. 1 c.d.

| L.p. | Data wstrząsu | Godzina wstrząsu | Nr rys. | E [J]    | S <sub>1</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>2</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>3</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>4</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | a <sub>1,2</sub> [mm/s <sup>2</sup> ] | f <sub>0</sub> [Hz] | Δf [Hz] | τ [sek] | Zgłoszone uszkodz. ilość/ il. uznana | Odległość pozioma środka strefy epicentralnej do miejsca zgłoszenia [m] |
|------|---------------|------------------|---------|----------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------|---------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 2             | 3                | 4       | 5        | 6                                        | 7                                        | 8                                        | 9                                        | 10                                    | 11                  | 12      | 13      | 14                                   | 15                                                                      |
| 21   | 10.01.1996    | 09:55            | -       | 8 x 4 OK | X                                        | 24,3                                     | 17,8                                     | X                                        | 24,25                                 | 7,2                 | 4,0     | 3,6     | 0/0                                  |                                                                         |
| 22   | 12.01.1996    | 15:45            | -       | 2 x 5    | X                                        | 38,9                                     | 37,8                                     | X                                        | 38,92                                 | 7,0                 | 3,9     | 5,1     | 0/0                                  |                                                                         |
| 23   | 18.01.1996    | 07:22            | -       | 1 x 5 OK | X                                        | 21                                       | 15,5                                     | X                                        | 20,97                                 | 7,6                 | 4,2     | 3,4     | 0/0                                  |                                                                         |
| 24   | 24.01.1996    | 06:33            | 10      | 7 x 5 OK | X                                        | 57,2                                     | 41,8                                     | X                                        | 57,22                                 | 8,1                 | 4,0     | 4,5     | 0/0                                  |                                                                         |
| 25   | 03.02.1996    | 05:31            | 11      | 5 x 4    | X                                        | 20                                       | 14,5                                     | X                                        | 19,95                                 | 7,6                 | 3,9     | 2,5     | 1/1                                  | 830                                                                     |
| 26   | 10.02.1996    | 01:27            | -       | 5 x 4    | X                                        | 55,5                                     | 35,2                                     | X                                        | 55,50                                 | 10,1                | 3,7     | 2,7     | 0/0                                  |                                                                         |
| 27   | 12.02.1996    | 19:38            | -       | 8 x 4    | X                                        | -                                        | 30,8                                     | X                                        | 30,80                                 | 10,0                | 4,8     | 2,3     | 0/0                                  |                                                                         |
| 28   | 25.02.1996    | 15:00            | 12      | 2 x 6    | X                                        | 86,5                                     | 111,9                                    | X                                        | 111,94                                | 7,0                 | 3,8     | 4,3     | 2/2                                  | 200, 360                                                                |
| 29   | 01.03.1996    | 17:33            | 13      | 8 x 4    | X                                        | 109,9                                    | 54,1                                     | X                                        | 109,86                                | 10,4                | 4,2     | 2,7     | 0/0                                  |                                                                         |
| 30   | 06.03.1996    | 14:00            | 14      | 7 x 4    | X                                        | 34,8                                     | 19                                       | X                                        | 34,84                                 | 8,8                 | 4,6     | 2,0     | 1/0                                  | 780                                                                     |
| 31   | 15.05.1996    | 23:36            | 15      | 6 x 4    | 32,8                                     | 44,3                                     | X                                        | -                                        | 44,25                                 | 10,5                | 5,1     | 3,3     | 6/2                                  | 90,165,350,380,415,465                                                  |
| 32   | 23.06.1996    | 17:34            | -       | 6 x 4    | -                                        | 28                                       | X                                        | 25,4                                     | 28,01                                 | 9,5                 | 5,0     | 3,8     | 0/0                                  |                                                                         |
| 33   | 27.08.1996    | 19:54            | -       | 5 x 4    | X                                        | 11                                       | X                                        | 18,4                                     | 18,41                                 | 8,2                 | 3,4     | 1,8     | 0/0                                  |                                                                         |
| 34   | 30.08.1996    | 05:55            | 16      | 9 x 4 OK | X                                        | 26,9                                     | X                                        | 40,8                                     | 40,79                                 | 6,8                 | 3,7     | 2,7     | 2/1                                  | 660, 330                                                                |
| 35   | 05.09.1996    | 07:37            | 17      | 6 x 4 OK | X                                        | 17,2                                     | X                                        | 20,8                                     | 20,82                                 | 8,5                 | 4,2     | 2,3     | 0/0                                  |                                                                         |
| 36   | 05.09.1996    | 12:41            | -       | 5 x 4    | 17,4                                     | 21,9                                     | X                                        | 14,2                                     | 21,90                                 | 7,9                 | 3,8     | 3,4     | 0/0                                  |                                                                         |
| 37   | 09.09.1996    | 20:24            | 18      | 7 x 4    | -                                        | 11,4                                     | X                                        | 8,4                                      | 11,40                                 | 7,2                 | 4,3     | 2,5     | 0/0                                  |                                                                         |
| 38   | 13.09.1996    | 15:56            | -       | 5 x 4    | 24,3                                     | 38,1                                     | X                                        | 31,7                                     | 38,07                                 | 9,8                 | 4,2     | 2,5     | 0/0                                  |                                                                         |
| 39   | 16.09.1996    | 05:37            | -       | 8 x 4 OK | -                                        | 22,2                                     | X                                        | 18,4                                     | 22,20                                 | 8,3                 | 4,0     | 3,0     | 0/0                                  |                                                                         |
| 40   | 23.09.1996    | 18:14            | 19      | 8 x 4    | -                                        | 26,6                                     | X                                        | 14,9                                     | 26,60                                 | 8,2                 | 3,9     | 3,8     | 7/0                                  | 740, 814, 955, 885, 455, 355, 400                                       |
| 41   | 25.09.1996    | 11:51            | -       | 5 x 4    | 15,1                                     | -                                        | X                                        | 9,7                                      | 15,09                                 | 10,1                | 4,6     | 1,4     | 0/0                                  |                                                                         |
| 42   | 30.09.1996    | 11:29            | 20      | 8 x 4    | 22,4                                     | 30,4                                     | X                                        | 18,1                                     | 30,40                                 | 8,1                 | 4,0     | 2,9     | 1/1                                  | 360                                                                     |

Tab. 1 c.d.

| L.p. | Data wstrząsu | Godzina wstrząsu | Nr rys. | E [J]    | S <sub>1</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>2</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>3</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | S <sub>4</sub><br>a [mm/s <sup>2</sup> ] | a <sub>1,2</sub><br>[mm/s <sup>2</sup> ] | f <sub>0</sub><br>[Hz] | Δf<br>[Hz] | τ<br>[sek] | Zgłoszone uszkodz. ilość/<br>il. uznana | Odległość pozioma środka strefy epicentralnej do miejsca zgłoszenia [m] |
|------|---------------|------------------|---------|----------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|------------|------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 2             | 3                | 4       | 5        | 6                                        | 7                                        | 8                                        | 9                                        | 10                                       | 11                     | 12         | 13         | 14                                      | 15                                                                      |
| 43   | 09.10.1996    | 20:53            | 21      | 5 x 4    | 15,4                                     | 12,7                                     | X                                        | 10,1                                     | 15,40                                    | 8,2                    | 4,4        | 1,9        | 8/0                                     | 635, 630, 335, 320, 550, 415, 410, 385                                  |
| 44   | 18.10.1996    | 15:34            | -       | 5 x 4    | 43,1                                     | 31,4                                     | X                                        | 29,5                                     | 43,10                                    | 7,0                    | 4,2        | 3,6        | 0/0                                     |                                                                         |
| 45   | 23.10.1996    | 12:06            | -       | 5 x 4    | 21,9                                     | 30                                       | X                                        | 17,4                                     | 21,94                                    | 8,5                    | 4,6        | 3,3        | 0/0                                     |                                                                         |
| 46   | 24.10.1996    | 02:33            | 22      | 5 x 4    | 24,2                                     | 16,9                                     | X                                        | 14,6                                     | 24,20                                    | 8,2                    | 4,5        | 2,7        | 5/0                                     | 555, 475, 165, 975, 995                                                 |
| 47   | 21.11.1996    | 13:09            | 23      | 8 x 4    | 24,5                                     | 21,2                                     | X                                        | 14,8                                     | 24,45                                    | 9,2                    | 4,8        | 2,6        | 3/0                                     | 555, 825, 535                                                           |
| 48   | 08.01.1997    | 20:49            | -       | 6 x 4    | 16,8                                     | 21                                       | X                                        | 16                                       | 21,04                                    | 8,5                    | 3,8        | 3,6        | 0/0                                     |                                                                         |
| 49   | 27.01.1997    | 18:36            | -       | 7 x 4    | 33,9                                     | 28,4                                     | X                                        | 35,1                                     | 35,11                                    | 8,3                    | 3,9        | 2,3        | 0/0                                     |                                                                         |
| 50   | 24.06.1997    | 11:49            | 24      | 6 x 4 OK | 18,2                                     | 18,5                                     | X                                        | 31,1                                     | 31,06                                    | 9,9                    | 4,8        | 2,4        | 1/0                                     | 150                                                                     |
| 51   | 29.07.1997    | 22:05            | -       | 5 x 4    | 26,7                                     | 32                                       | X                                        | 47,5                                     | 47,51                                    | 9,3                    | 3,5        | 1,4        | 0/0                                     |                                                                         |
| 52   | 23.08.1997    | 08:02            | 25      | 2 x 5    | 41,9                                     | 54,3                                     | X                                        | 98,6                                     | 98,56                                    | 8,1                    | 4,2        | 2,2        | 1/0                                     | 410                                                                     |
| 53   | 02.01.1998    | 04:46            | -       | 5 x 4 OK | 16,1                                     | 18,9                                     | X                                        | 36,8                                     | 36,84                                    | 8,7                    | 3,8        | 2,6        | 0/0                                     |                                                                         |
| 54   | 06.01.1998    | 07:23            | 26      | 6 x 4 OK | 27,9                                     | 45,6                                     | X                                        | 40,3                                     | 45,59                                    | 8,7                    | 4,2        | 3,0        | 1/0                                     | 250                                                                     |
| 55   | 15.01.1998    | 07:05            | 27      | 8 x 4 OK | 22,8                                     | 30,7                                     | X                                        | 32,1                                     | 32,10                                    | 8,8                    | 4,2        | 2,3        | 2/0                                     | 110, 230                                                                |
| 56   | 16.01.1998    | 06:08            | -       | 6 x 4 OK | 17,4                                     | 22,1                                     | X                                        | -                                        | 22,09                                    | 8,6                    | 4,5        | 4,0        | 0/0                                     |                                                                         |
| 57   | 19.01.1998    | 18:08            | 28      | 7 x 4    | 26,7                                     | 44,1                                     | X                                        | 47,7                                     | 47,67                                    | 8,4                    | 3,7        | 2,2        | 2/0                                     | 400, 525                                                                |
| 58   | 23.01.1998    | 06:33            | 29      | 5 x 4 OK | -                                        | -                                        | X                                        | -                                        | -                                        | -                      | -          | -          | 1/0                                     | 280                                                                     |
| 59   | 04.02.1998    | 21:52            | 30      | 5 x 4    | 25,4                                     | 29,1                                     | X                                        | -                                        | 29,01                                    | 8,8                    | 4,2        | 2,8        | 4/0                                     | 90, 110, 95, 340                                                        |
| 60   | 26.05.1998    | 03:43            | 31      | 5 x 4    | 28,8                                     | 27,2                                     | X                                        | 20,5                                     | 28,81                                    | 8,4                    | 4,5        | 1,8        | 0/0                                     |                                                                         |

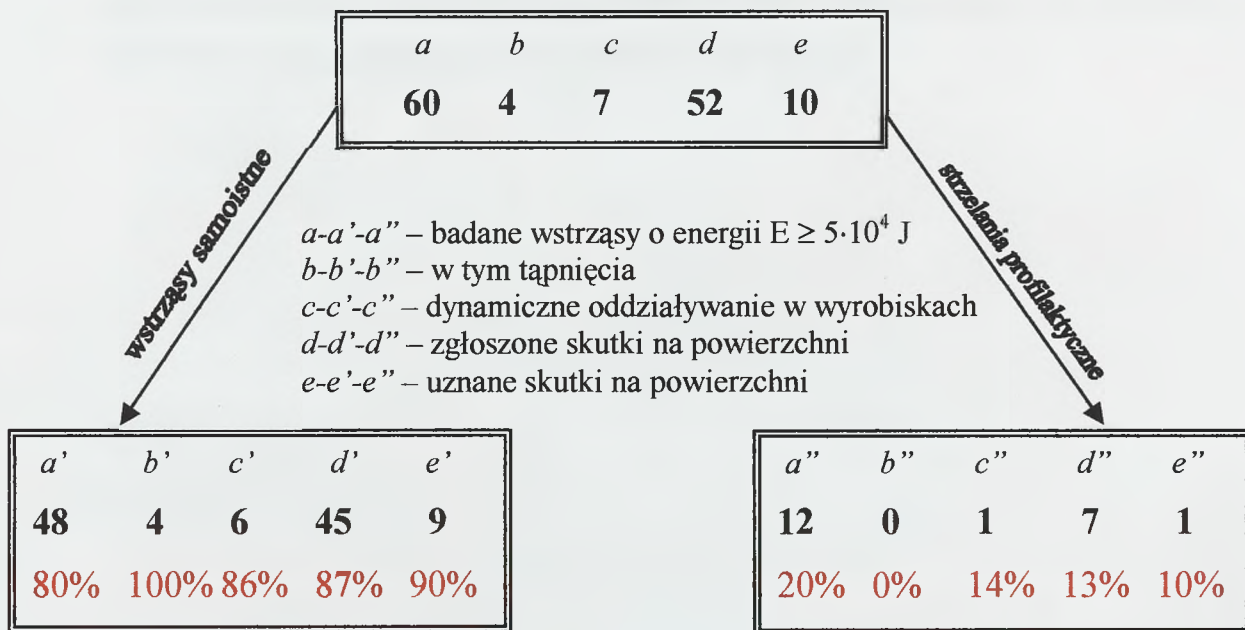
## Objaśnienia:

- X - brak stanowiska pomiarowego  
 - - danych nie zarejestrowano

Z analizy oddziaływania energii sejsmicznej na środowisko dołowe i powierzchniowe wynika, że:

1. Mając na uwadze bezpieczeństwo pracy przy eksploatacji pokładów tąpnięć oraz zachowanie bezpieczeństwa powszechnego, w przypadku wystąpienia wstrząsów wysokoenergetycznych o energii  $E \geq 10^5 \text{ J}$  należało każdorazowo przeprowadzić rozpoznanie i dokonać analizy rodzaju i zakresu ewentualnych szkód w obiektach powierzchniowych.
2. Po wyznaczeniu punktu  $(x, y)$ , a następnie strefy epicentralnej ogniska wstrząsu na powierzchni ze wzoru  $R = 0,27 \sqrt[3]{E}$  każdorazowo stwierdzano, że miejsca zgłoszonych skutków były znacznie oddalone od wyznaczonej strefy, dlatego po zaistniałych wstrząsach o  $E \geq 10^5 \text{ J}$  penetracja obejmowała praktycznie całe Osiedle Paderewskiego. Stanowiło to duże utrudnienie i wywoływało określoną niechęć części mieszkańców.
3. Znaczna część wstrząsów o energiach powyżej  $E \geq 5 \cdot 10^4 \text{ J}$  była odczuwana przez mieszkańców. W niniejszym załączniku przeprowadzono analizę wszystkich wstrząsów górotworu i tąpnięć o  $E \geq 5 \cdot 10^4 \text{ J}$  w obszarze modelu oraz na jego granicy (z 15.08.1995 r.) ze ściany 538/1 i z robót przygotowawczych (z 19.05.1993 r.) z pochylni I wschodniej.
4. Badając zagadnienie oddziaływania fali sejsmicznej na powierzchnię stwierdzono, że maksymalna odległość punktu obliczonej strefy epicentralnej od miejsc zgłoszonych skutków wynosiła 995 m, a minimalna 90 m.
5. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji w analizowanym modelu można stwierdzić, że wyznaczona dla każdego wstrząsu o energii  $E \geq 5 \cdot 10^4 \text{ J}$  strefa epicentralna na powierzchni tworzyła obszar o najmniej (lub wcale) odczuwalnych wpływach fali sejsmicznej. To samo odnieść można do warunków dołowych.
6. Przyjmując z prognozy  $E_{\max} \cong 1 \cdot 10^7 \text{ J}$  i wyliczając dla niej promień strefy epicentralnej wynoszący  $R = \sim 60 \text{ m}$  i porównując go z minimalną odległością zgłoszonych skutków wynoszącą 90 m od środka tej strefy, potwierdzają się obserwacje z punktu 5.
7. Kierunek przyspieszenia maksymalnego w większości pokrywa się z kierunkiem zgłoszeń skutków na powierzchni. Tam gdzie brak w tym zakresie zdecydowanej zgodności, występują nieznaczne różnice przyspieszenia maksymalnego ( $a_{1,2}$ ), a zarejestrowanego na stanowisku pomiarowym, którego kierunek jest zgodny ze zgłoszonymi skutkami.
8. Porównując kierunki zgłoszeń skutków i kierunki przyspieszeń składowych maksymalnych na powierzchni z kierunkiem skutków na dole stwierdzono ich odwrotne występowanie.

9. Powyższa obserwacja może być bardzo pomocna przy wyznaczaniu strefy penetracji po wysokoenergetycznych wstrząsach. W przypadku analizowanego modelu wyznaczona strefa penetracji mieściła się w półkolu, którego promień wynosił  $< 1000$  m, przy czym jest on skrócony od punktu strefy epicentralnej ogniska wstrząsu o  $\geq 60$  m.
10. Badając skuteczność profilaktyki aktywnej poprzez strzelanie MW z uwzględnieniem reakcji mieszkańców wykonano następujące obserwacje:



W górnym prostokącie umieszczono opisane dane dotyczące całego modelu.

W lewym prostokącie są to dane powstałe na skutek wstrząsów samoistnych.

W prawym zaś powstałe na skutek strzelań profilaktycznych.

Powyższe wyniki wskazują, że istniały rezerwy w profilaktyce aktywnej poprzez strzelanie MW, a przez to zwiększenie bezpieczeństwa dołowego i ograniczenie dyskomfortu na powierzchni.

Zdaniem autora rezerwy te osadzone były przede wszystkim:

- w usprawnieniu rytmiczności prowadzenia frontu, czyli nie dopuszczenia do dłuższych (już powyżej jednej doby), nieregularnych postojów,
- w precyzyjniejszym określeniu ilości MW do strzelań profilaktycznych.

## Spis tabel

Tab. 1. Zestawienie wstrząsów o energii  $E \geq 5 \cdot 10^4$  J pod centralną częścią Osiedla Paderewskiego wraz z rejestracją ich wpływu na powierzchnię w analizowanym okresie: od 1.08.1994 do 31.07.1998 r. (plus dodatkowe z 19.05.1993 i 15.08.1995 r.)

## Spis rysunków

- Rys. 1. Tapnięcie zaistniałe w dniu 19.05.1993 r. w rejonie pochylni I-wschodniej
- Rys. 1a. Rejon wystąpienia tapnięcia w dn. 19.05.1993 r.
- Rys. 2. Wstrząs zaistniały w dniu 28.01.1995 r. w rejonie ściany 535a
- Rys. 2a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 28.01.1995 r.
- Rys. 3. Wstrząs zaistniały w dniu 13.02.1995 r. w rejonie ściany 538/1
- Rys. 3a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 13.02.1995 r.
- Rys. 4. Wstrząs zaistniały w dniu 27.05.1995 r. w rejonie ściany 535a
- Rys. 4a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 27.05.1995 r.
- Rys. 5. Wstrząs zaistniały w dniu 15.07.1995 r. w rejonie ściany 534a
- Rys. 5a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 15.07.1995 r.
- Rys. 6. Tapnięcie zaistniałe w dniu 15.08.1995 r. w rejonie ściany 538/1
- Rys. 6a. Rejon wystąpienia tapnięcia w dn. 15.08.1995 r.
- Rys. 6b. Schematyczny (prawdopodobny) kierunek emisji i oddziaływania części fali sejsmicznej wstrząsu – ściana 538/1
- Rys. 7. Wstrząs zaistniały w dniu 13.09.1995 r. w rejonie ściany 534a
- Rys. 7a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 13.09.1995 r.
- Rys. 8. Wstrząs zaistniały w dniu 23.09.1995 r. w rejonie ściany 534a
- Rys. 8a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 23.09.1995 r.
- Rys. 9. Wstrząs zaistniały w dniu 8.01.1996 r. w rejonie ściany 535a
- Rys. 9a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 8.01.1996 r.
- Rys. 10. Wstrząs zaistniały w dniu 24.01.1996 r. w rejonie ściany 535a
- Rys. 10a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 24.01.1996 r.
- Rys. 11. Wstrząs zaistniały w dniu 3.02.1996 r. w rejonie ściany 535a
- Rys. 11a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 3.02.1996 r.
- Rys. 12. Wstrząs zaistniały w dniu 25.02.1996 r. w rejonie ściany 536a
- Rys. 12a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 25.02.1996 r.
- Rys. 12b. Schematyczny (prawdopodobny) kierunek emisji i oddziaływania części fali sejsmicznej wstrząsu – ściana 536a
- Rys. 13. Wstrząs zaistniały w dniu 1.03.1996 r. w rejonie ściany 536a
- Rys. 13a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 1.03.1996 r.
- Rys. 14. Wstrząs zaistniały w dniu 6.03.1996 r. w rejonie ściany 537a
- Rys. 14a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 6.03.1996 r.
- Rys. 15. Wstrząs zaistniały w dniu 15.05.1996 r. w rejonie ściany 536a
- Rys. 15a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 15.05.1996 r.

- Rys. 16. Wstrząs zaistniały w dniu 30.08.1996 r. w rejonie ściany 538/1a
- Rys. 16a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 30.08.1996 r.
- Rys. 17. Wstrząs zaistniały w dniu 5.09.1996 r. w rejonie ściany 538/1a
- Rys. 17a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 5.09.1996 r.
- Rys. 18. Wstrząs zaistniały w dniu 9.09.1996 r. w rejonie ściany 534a
- Rys. 18a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 9.09.1996 r.
- Rys. 19. Wstrząs zaistniały w dniu 23.09.1996 r. w rejonie ściany 534a
- Rys. 19a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 23.09.1996 r.
- Rys. 20. Wstrząs zaistniały w dniu 30.09.1996 r. w rejonie ściany 534a
- Rys. 20a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 30.09.1996 r.
- Rys. 21. Wstrząs zaistniały w dniu 9.10.1996 r. w rejonie ściany 534a
- Rys. 21a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 9.10.1996 r.
- Rys. 22. Wstrząs zaistniały w dniu 24.10.1996 r. w rejonie ściany 534a
- Rys. 22a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 24.10.1996 r.
- Rys. 23. Wstrząs zaistniały w dniu 21.11.1996 r. w rejonie ściany 535a
- Rys. 23a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 21.11.1996 r.
- Rys. 24. Wstrząs zaistniały w dniu 24.06.1997 r. w rejonie ściany 538/1a
- Rys. 24a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 24.06.1997 r.
- Rys. 25. Tapnięcie zaistniałe w dniu 23.08.1997 r. w rejonie ściany 537a
- Rys. 25a. Rejon wystąpienia tapnięcia w dn. 23.08.1997 r.
- Rys. 25b. Schematyczny (prawdopodobny) kierunek emisji i oddziaływania części fali sejsmicznej wstrząsu – ściana 537a
- Rys. 26. Wstrząs zaistniały w dniu 6.01.1998 r. w rejonie ściany 537a
- Rys. 26a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 6.01.1998 r.
- Rys. 27. Wstrząs zaistniały w dniu 15.01.1998 r. w rejonie ściany 537a
- Rys. 27a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 15.01.1998 r.
- Rys. 28. Wstrząs zaistniały w dniu 19.01.1998 r. w rejonie ściany 537a
- Rys. 28a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 19.01.1998 r.
- Rys. 29. Wstrząs zaistniały w dniu 23.01.1998 r. w rejonie ściany 537a
- Rys. 29a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 23.01.1998 r.
- Rys. 30. Wstrząs zaistniały w dniu 4.02.1998 r. w rejonie ściany 537a
- Rys. 30a. Rejon wystąpienia wstrząsu w dn. 4.02.1998 r.
- Rys. 31. Tapnięcie zaistniałe w dniu 26.05.1998 r. w rejonie ściany 536a
- Rys. 31a. Rejon wystąpienia tapnięcia w dn. 26.05.1998 r.









