

## **Monitorizarea microseismica a zonelor de concentrare a eforturilor si evolutia acestora in timp**

Orice activitate inginereasca, legata de procesul de exploatare sau postexploatare a substantelor minerale utile, genereaza fenomene geomecanice specifice a caror identificare si cuantificare, respectiv cunoastere, este imperios necesara atat la faza de proiectare cat si in cea de punere in opera a procedurilor tehnologice. Nivelul de cunoastere a acestor fenomene conditioneaza optimitatea metodelor si tehnologiilor de exploatare alese, modul de coordonare a procesului productiv cat si prevenirea, diminuarea, combaterea unor efecte negative asupra mediului inconjurator in timpul lucrarilor de extragere si/sau post exploatare.

In prezent, fenomenele geomecanice sunt estimate pe baza unor cercetari si experimentari in laborator, "in situ" si/sau modelari matematice. Fiecare dintre metodele de mai sus are o serie de avantaje si de dezavantaje, datorita in principal ipotezelor mecanice considerate si a unei multitudini de parametri care nu pot fi avuti in vedere in totalitatea lor.

In completarea metodelor enumerate mai sus si pentru marirea gradului de cunoastere a fenomenelor geomecanice, in ultimii ani, s-au pus la punct o serie de metode de cercetare "in situ" bazate pe inregistrarea unor parametri geofizici. Una din metodele moderne care a capatat o extindere mare in tarile cu o extractie dezvoltata, are la baza urmatorul principiu: ***datorita activitatilor ingineresti, in masivul de roci inconjuratoare se produce o redistribuire a starii de tensiune***. Aceasta redistribuire conduce la supratensionarea unor zone, cu trecerea de la deformatii din domeniul elastic la cel vasco - plastic, avand ca efect fizic aparitia unor microfisuri generatoare de microseisme si emisie acustica. Interceptarea undelor caracteristice acestor fenomene, inregistrarea lor si cuantificarea prin prelucrare a parametrilor acestora permite ca in final sa poata fi caracterizat fenomenul geomecanic urmarit.

Monitorizarea parametrilor microseismici si prelucrarea acestora in timpi reali, in paralel cu crearea unei baze de date cu completarea continua a acesteia, se poate realiza cu aparatura si softuri specializate.

Una din aplicatiile unde sistemele de monitorizare microseismica a putut fi utilizata cu bune rezultate este aceea a evaluarii fenomenelor geomecanice de subsidenta miniera generata de golurile de exploatare de tipul celor ce s-au produs in Campul II de sonde si campurile invecinate din zona Ocnele Mari.

Proiectul de monitorizare seismică de la Ocnele Mari a avut ca obiectiv inregistrarea si localizarea evenimentelor aparute pe o arie extinsa, incluzand Campurile de sonde I, II, III si IV, vizand in special Campul II si Campul I de sonde, care pot determina schimbari in evolutia golurilor survenite in urma dizolvarilor de exploatare, iar in ultima faza de dizolvare controlata, in zona de interes a campului II de sonde, Ocnele Mari. In prezent statia urmareste evolutia dizolvarilor din Campul I de sonde, precum si din celelalte zone asociate centrului pe care a fost axata statia.

Initial (in anul 2005) statia de lucru ce include The Hyperion Network Acquisition System (HNAS), un sistem automat de colectare a datelor, prelua informatiile de la un numar de 12 foraje distribuite uniform, cu accent pe Campurile I si II de Sonde. Informatia se transmite prin intermediul paladinilor; acestea urmand a fi procesate la punctul de control, rezultand o harta cu distributia intregii activitati seismice din zona.

In anul 2007, statia a fost mutata in Campul IV de Sonde, din locul unde fusese amplasata in anul 2005, din motive de siguranta dar si din motive tehnice. Odata cu mutarea statiei, s-a extins arealul de monitorizare seismică si pentru Campurile III si IV de Sonde, prin implementarea unui numar de 14 foraje (ML1 ÷ ML14).

### ***a. Realizarea forajelor verticale ale retelei de monitorizare microseismica***

#### ***Amplasarea si adancimea forajelor***

Pentru monitorizarea microseismica a procesului de fragmentare controlata, prin dizolvare, a tavanului cavernei Socon si efectele asupra campurilor vecine au fost executate un numar de 12 foraje verticale.

Amplasarea acestora a fost astfel aleasa incat sa corespunda conditiilor impuse de functionarea optima a echipamentului de monitorizare, cu care a fost echipat fiecare foraj in parte. Astfel, 6 foraje au fost amplasate pe cat posibil in jurul palniei de surpare, iar celelalte in zone din vecinatate, pentru a putea fi urmarit efectul procesului de prabusire controlata asupra zonelor vecine.

Pozitia in plan a forajelor, cota locatiei si adancimea de forare sunt definite de coordonatele din tabelul de mai jos.

Coordonatele locatiei forajelor si adancimea de forare – foraje Campurile I si II de Sonde

Foraj	X - Nord	Y - Est	Z - Cota	Adancime foraj	Cota limitei steril/sare
	m	m	m	m	m
M1	444014,1	398992,7	289,33	63	249,33
M2	443596	398994,7	306,37	67	253,37
M3	443791,9	399102,5	311,47	67	248,47
M4	444177,1	399107,5	296,48	67	259,48
M5	443582,3	399271	345,47	103	-
M6	443774,5	399407,1	359,45	240	124,45
M7	444354,7	399272,1	291,52	101	230,52
M8	443402,8	399498	334,57	242	110,57
M9	443845,2	399665,2	403,78	300.30	116,78
M10	443220,8	399651,6	343,45	241	117,45
M11	443437,1	399822,8	375,53	279	117,53
M12	443854,4	399828,3	400,18	326	85,18

Coordonatele locatiei forajelor si adancimea de forare – foraje Campurile III si IV de Sonde

Nume foraj	x-E	y-N	z	cota limit-steril-sare	adancime steril	adancime sare	lungime-foraj
ML1	441743.76	400411.85	338.50	193	145.5	15	160.5
ML2	441594.38	400022.32	338.00	291	47	53	100
ML3	441361.80	399899.41	339.50	307.5	32	68	100
ML4	441429.87	399598.76	402.00	223.5	178.5	15	193.5
ML5	441490.38	399402.11	425.00	230.5	194.5	15	209.5
ML6	441781.58	399681.96	395.00	193	202	15	217

ML7	442004.70	400094.18	329.00	265	64	36	100
ML8	442377.21	400222.76	301.00	208	93	15	108
ML9	442295.90	399859.71	310.00	250	60	40	100
ML10	442099.25	399362.40	342.00	258	84	16	100
ML11	442354.52	399572.29	303.50	253.5	50	50	100
ML12	442588.99	399211.13	292.00	260	32	68	100
ML13	442855.60	398936.95	275.00	253	22	78	100
ML14	442795.10	399530.69	291.00	264.5	26.5	73.5	100

#### Amenajarea platformelor de lucru si a drumurilor de acces

Pe locatia fiecarui foraj s-a efectuat nivelarea terenului, prin excavare pe o adancime de circa 20cm, pe o suprafata de circa 400m<sup>2</sup> (un patrat cu latura de 20m). Zona nivelata a fost amenajata prin umplere cu balast si piatra sparta, realizandu-se o grosime a umpluturii de circa 20cm.

Drumurile de acces, au fost reamenajate pe tronsoanele deteriorate, prin excavarea terenului pana la adancimi de circa 20cm si umplerea golului rezultat cu balast si piatra sparta. Lungimea totala a drumurilor de acces reamenajate este de circa 200m, pe o latime de 2m.

#### Saparea sondelor

Foraje verticale au fost sapate cu noroi de foraj, cu sapa cu role cu diametrul de 145mm. Adancimea de sapare a fost stabilita impreuna cu firma care s-a ocupat de livrarea si instalarea echipamentului de monitorizare microseismica. S-a avut in vedere ca:

- pozitia spatiala a geofonilor sa constitue o retea optima pentru functionarea sistemului de monitorizare microseismica;
- unul dintre cei 3 geofoni introdusi in fiecare foraj sa fie amplasat cat mai aproape de limita steril-sare, de preferat la o adancime de 5-15m sub aceasta.

Principala problema intalnita la saparea sondelor a fost pierderea completa (la unele foraje) a circulatiei in timpul forarii.

#### Tubarea sondelor

Foraje executate pentru a fi folosite la monitorizarea microseismica a procesului de prabusire controlata a tavanului cavernei Socon au fost tubate integral, pe toata adancimea forata.

Tubarea s-a realizat cu coloane metalice cu diametrul interior de 80 mm, mai putin un trosan de circa 75-80m la forajul M9, unde din cauza complicatiilor aparute nu a fost posibil realizarea la parametrii proiectati.

#### Cimentarea coloanelor de tubare

Realizarea operatiei de cimentare s-a facut parcurgand urmatoarele etape succesive:

- cimentarea integrala, pe toata adancimea de forare, prin umplerea cu lapte de ciment a spatiului dintre peretele gaurii de sonda si peretele exterior al tubingului;

- inlocuirea noroiului de foraj din interiorul tubingului cu apa;
- pozitionarea geofonilor in interiorul tubingului la adancimile proiectate;
- cimentarea integrala a interiorului tubingului, astfel incat sa se realizeze o masa continua intre geofoni si spatiul din jur.

Dupa realizarea operatiei de cimentare s-a realizat o inchidere sigura a forajului.

Adancimile de pozitionare a geofonilor in cele 12 foraje executate din Campurile I si II

Foraj	Z - Cota	Adancime foraj	Adancime limita steril/sare	Adancime geofon G1	Adancime geofon G2	Adancime geofon G3
	m	m	m	m	m	m
<b>M1</b>	289,33	63	249,33	4,83	32,82	60,82
<b>M2</b>	306,37	67	253,37	4,5	32,8	62,1
<b>M3</b>	311,47	67	248,47	4,64	34,65	64,73
<b>M4</b>	296,48	67	259,48	4,9	34,09	63,04
<b>M5</b>	345,47	103	-	18	60	100
<b>M6</b>	359,45	240	124,45	27,4	138,9	237,9
<b>M7</b>	291,52	101	230,52	12,49	56,99	92,99
<b>M8</b>	334,57	242	110,57	29,14	129,14	230,14
<b>M9</b>	403,78	300.30	116,78	16,25	116,25	216,25
<b>M10</b>	343,45	241	117,45	26,33	124,33	234,33
<b>M11</b>	375,53	279	117,53	59	179	257
<b>M12</b>	400,18	326	85,18	79	199	319

Adancimile de pozitionare a geofonilor in cele 12 foraje executate din Campurile III si IV

Foraj	Z	G1-Ad	G2-Ad	G3-Ad	G1-Z	G2-Z	G3-Z
<b>ML1</b>	337.615	165	100	15	172.615	237.615	322.615
<b>ML2</b>	334.273	88	55	15	246.273	279.273	319.273
<b>ML3</b>	345.06	78.25	48.25	15.15	266.81	296.81	329.91
<b>ML4</b>	405.511	198	110.5	15.5	207.511	295.011	390.011
<b>ML5</b>	422.559	217.5	120	15	205.059	302.559	407.559
<b>ML6</b>	395.087	216	120	15	179.087	275.087	380.087
<b>ML7</b>	327.227	98	60	15	229.227	267.227	312.227
<b>ML8</b>	297.064	97	60	15	200.064	237.064	282.064
<b>ML9</b>	312.63	97.5	60	15	215.13	252.63	297.63
<b>ML10</b>	343.567	98.3	60.3	15.3	245.267	283.267	328.267
<b>ML11</b>	333.108	97.3	59.8	15.3	235.808	273.308	317.808
<b>ML12</b>	291.967	98.1	60.6	15.1	193.867	231.367	276.867
<b>ML13</b>	281.752	97	60.5	15.5	184.752	221.252	266.252
<b>ML14</b>	280.684	97	60	15	183.684	220.684	265.684

#### Pozitionarea geofonilor

Pe verticala fiecarui foraj au fost amplasati cate 3 geofoni. Adancimile la care au fost pozitionati geofonii in fiecare foraj pot fi urmarite in tabelul de mai sus. S-a intentionat ca al treilea geofon sa fi amplasat pe cat posibil in sare, la 5-15m adancime sub contactul cu formatiunile acoperitoare. In cazul forajelor M5 si M9, acest lucru nu s-a reusit, toti cei 3 geofoni fiind pozitionati la nivelul formatiunilor sterile.

Introducerea geofonilor in foraj s-a facut cu ajutorul unei tevi cu diametrul exterior de 25,4 mm, dupa pozitionarea geofonilor, prin interiorul acesteia realizandu-se si cimentarea in interiorul tubingului.

#### Amenajari si constructii auxiliare necesare instalarii echipamentului de monitorizare

Langa fiecare foraj, la o distanta mica (de ordinul metrilor) s-a realizat un schelet metalic de sustinere a amplificatorului si antenei de transmitere a semnalului inregistrat de geofonii fixati in foraj.

Scheletul metalic a fost realizat din 2 tevi din otel cu diametrul  $\phi=4''$ . Acestea au lungimi diferite si anume 4,15 m cea scurta, respectiv 5m cea lunga.

Prin interiorul tevii mai scurte, cablurile celor 3 geofoni ai fiecarui foraj sunt conduse spre cutia amplificatorului, ce a fost montat de catre furnizorul echipamentului seismic pe cele doua tevi. De aici semnalul este amplificat si transmis prin intermediul unui sistem de antene si receptori la statia centrala de prelucrare a datelor, amplasata pe Platforma II.

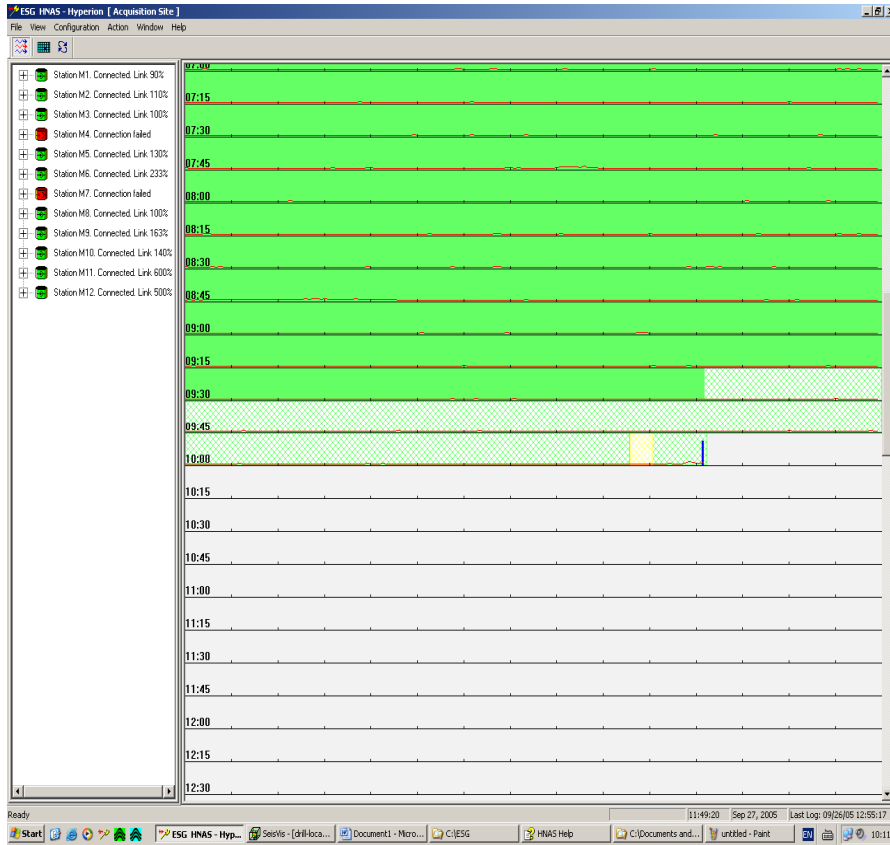
#### ***b. Functionarea statiei microseismice***

Statia microseismica a inceput sa functioneze la parametrii proiectati in 6 iulie 2005, cand procesul de dizolvare din Campul II de sonde (cele zece foraje dirijate prin care se pompa apa in caverna SOCON) era deja inceput. La acea data s-au facut simulari ale producerii unor evenimente, prin executarea unor explozii cu dinamita in 2 gauri de sonda abandonate, avand ca scop determinarea vitezelor de propagare a undelor P si S. Testele s-au facut in prezenta reprezentantilor firmei canadiene ce a livrat echipamentul si statia microseismica.

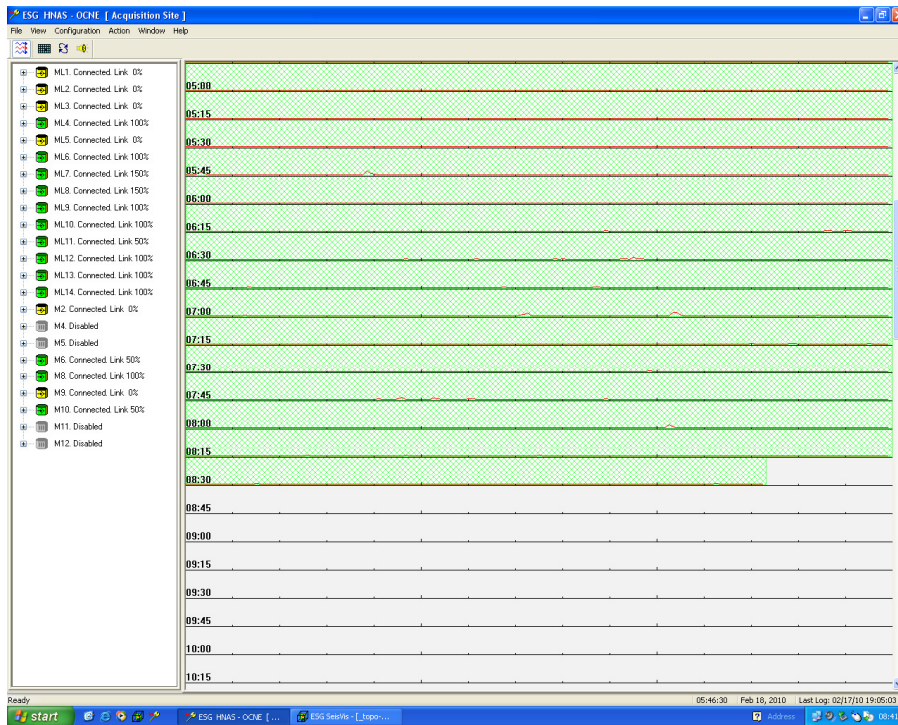
De asemenea, in decembrie 2007, odata cu punerea in functiune a noi statii, incluzand cele 14 noi foraje (ANEXA 1), pentru determinarea vitezelor undelor P si S, in noul camp, s-au realizat 4 explozii (s-au sapat pentru aceasta 4 foraje) uniform distribuite in arealul campurilor III si IV.

Pe noua statie se lucreaza cu doua tipuri de valori, un set de valori pentru Campurile I si II de Sonde (P=3200, S=1850) si un set pentru Campurile III si IV (P=5000, S=2900)

Modul de prezentare pentru interfata ESG HNAS (statia initiala, cand existau in teren doar 12 foraje):



Modul de prezentare pentru interfata ESG HNAS (statia actuala)

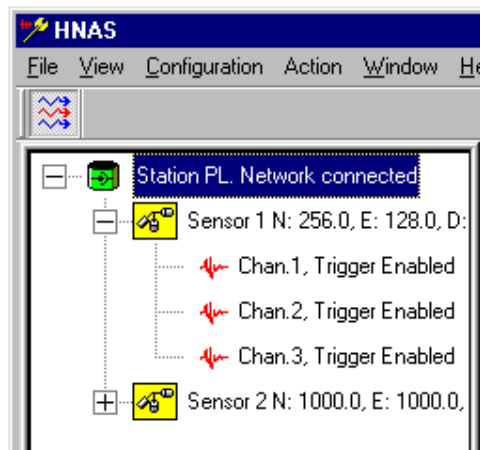


In partea stanga se urmareste modul de functionare al fiecarei statii in parte.

Fereastra mai include prezentarea sistemului de achizitie al datelor transmise de paladini si felul cum semnalele sunt receptate de statie. Culoarea verde reprezinta functionarea corecta, in mod continuu, a intregului sistem, hasurile semnifica intreruperea survenita pe unu sau mai multe canale. Linia albastra reprezinta un trigger, inregistrat de cel putin 5 senzori, setat la un anumit prag, o consecinta a unei activitati de natura seismica si nu numai (pot apare si zgomote), aparute in zona.

Fiecare foraj este dotat cu 3 senzori distribuiti pe distante uniforme, de cel putin 20 de m. Acestia transmit informatia catre statie prin intermediul paladinului capabil sa stocheze date pentru un anumit interval de timp si in cazul cand sistemul sufera intreruperi, acestea putand fi recuperate.

Modul de prezentare al unuia dintre foraje



**Sensor View - Channel Information Shown**

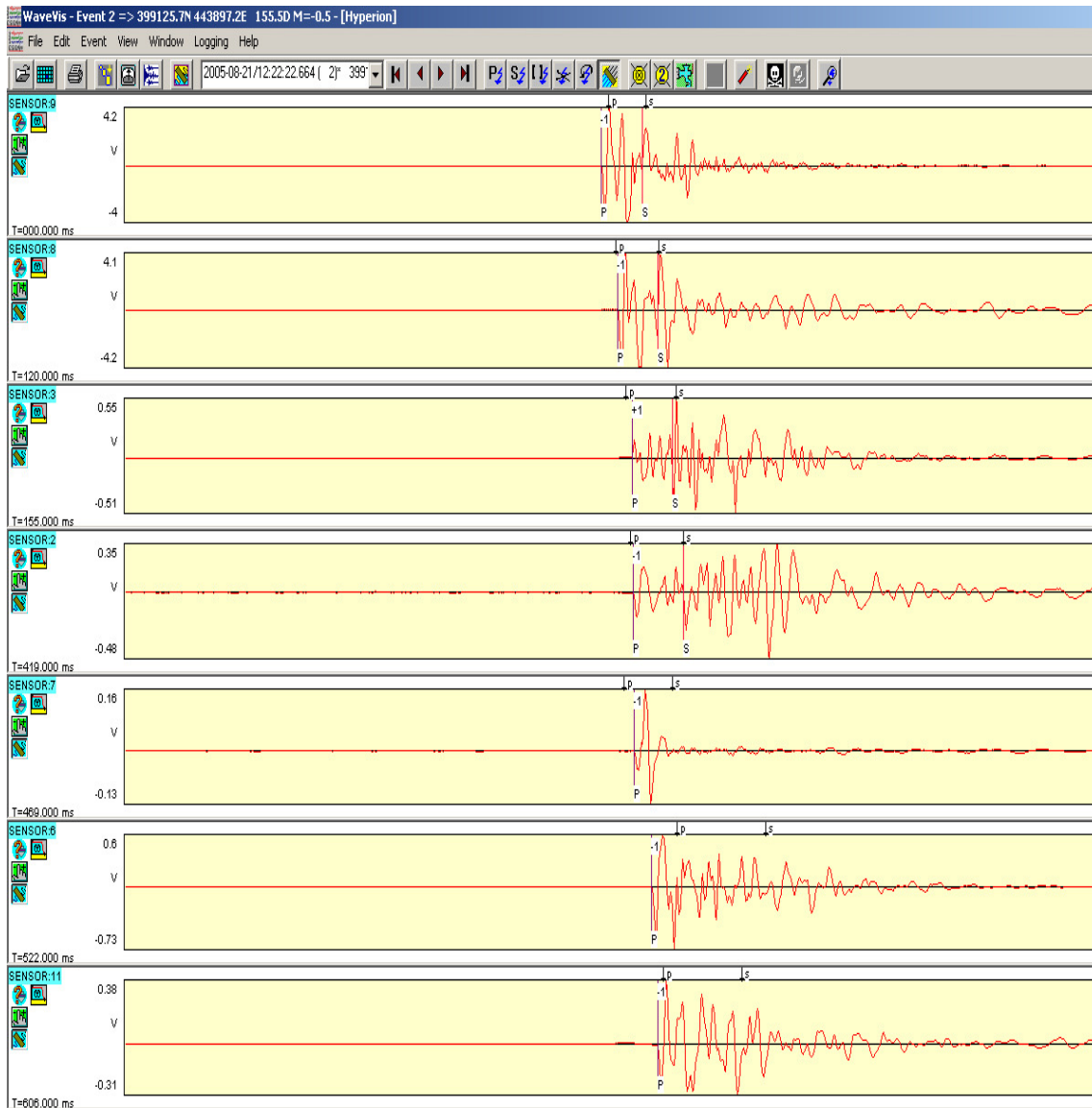
si detalierea sistemului de achizitie al datelor pe unul dintre foraje, intr-un interval de timp.



Fiecare trigger (reprezinta un semnal inregistrat de cel putin 5 senzori, care depaseste un anumit prag de intensitate) in parte este procesat mai apoi prin intermediul programului WaveVis. Acesta include determinarea manuala (sau automata) a pozitiei de intrare pentru undele P si S, in functie de care se determina automat pozitia miscarii de natura seismica, respectiv a evenimentului.

Semnalul in sine este adus la o forma adecvata procesului de identificare corecta a celor doua tipuri de unda, fiind supus unor filtrari succesive; programul dispune de cateva tipuri de filtrare, care pot fi selectate in functie de de forma undelor receptate. De exemplu, pentru a distinge undele multiple se realizeaza autocorelarea trasei seismice

Filtrarea este folosita in general pentru eliminarea zgomotelor.



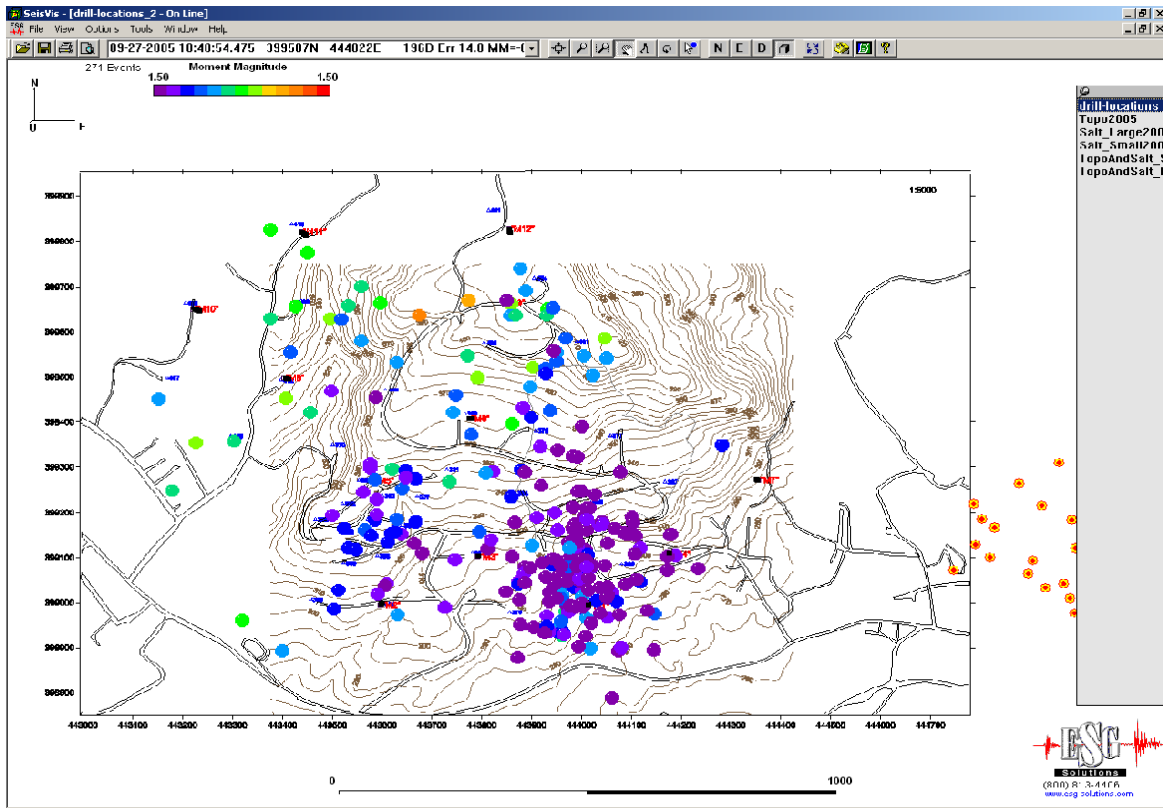
Intrările de P și S determină un centroid caracteristic fiecărui eveniment în parte, stabilit prin procesare automată în funcție de vitezele setate pe aparat pentru cele două tipuri de unde.

Procesarea se realizează prin intermediul unor metode variate, setate în funcție de natura semnalului, posibilă locație, folosindu-se anumiți parametrii pentru fiecare tip de procesare, în scopul de a ajunge la o poziționare spațială cât mai exactă a evenimentului.

În urma alegerii poziției de intrare pentru cele două tipuri de unde, pe fiecare senzor în parte, acolo unde acestea pot fi determinate, respectiv unde semnalul a fost înregistrat, evenimentul este transpus automat prin intermediul programului SeisVis pe o hartă a arealului de interes, determinându-se poziția sa spațială (poziția în plan și cota).



- localizare in plan (nord – est)



Programul permite vizualizarea cu detalii (data aparitiei, localizarea in coordonatele hartilor incluse in program, magnitudine, orientarea planului de falie indus) a fiecarui eveniment in parte:

**Selected Event Information / Action**

Site Name: Hyperion

Event Time: 2005-09-27/10:48:54.475      Event Type: Unknown

Event ID: 4

Location: 399507 N, 444022 E, 196 D, Error: 14

Picks: Picks: 10, Uniaxials: 10, Triaxials: 0

Source Parameters:

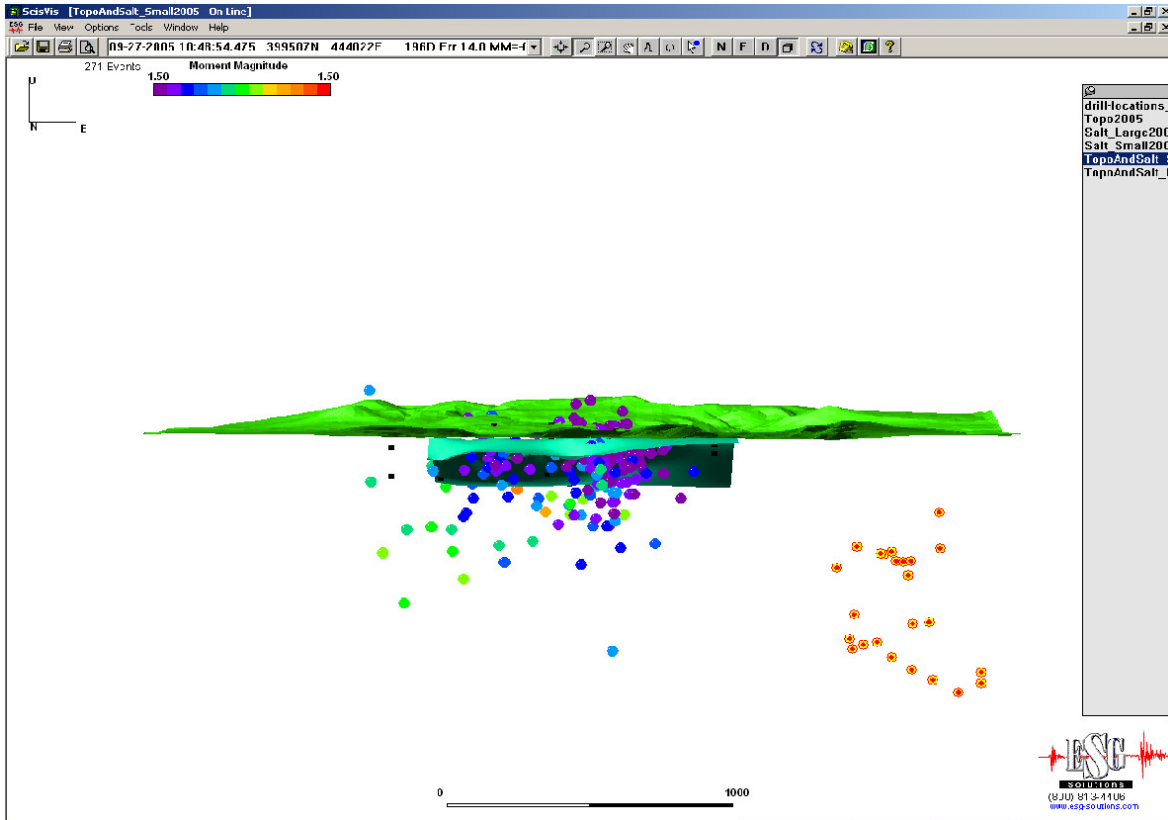
-2.1	Local Magnitude
-0.3	Moment Magnitude
135445913	Moment
2121	Energy
25.05	Es:Ep ratio
16.85	Source radius
0.00	Asperity radius
131828	Static Stress Drop
12218	Apparent Stress
0	Dynamic Stress Drop

Clipped amplitude

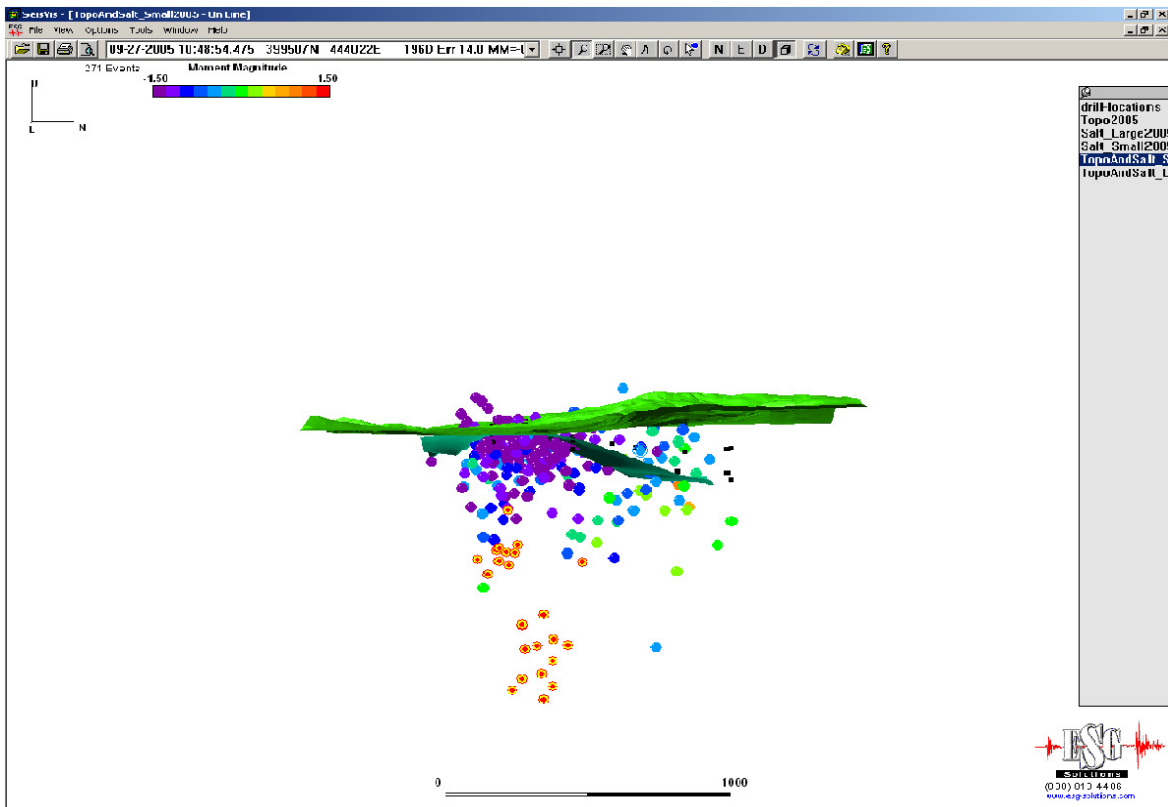
WaveVis - Manual Processing      Go to level view      Cancel

Visual Fault Plane Solution

- localizare spatia (pe nord)



- localizare spatia (pe est)



Orice activitate inginereasca, legata de procesul de exploatare sau postexploatare a substantelor minerale utile, genereaza fenomene geomecanice specifice a caror identificare si cuantificare, respectiv cunoastere, este imperios necesara atat la faza de proiectare cat si in cea de punere in opera a procedeele tehnologice.

In prezent, fenomenele geomecanice sunt estimate pe baza unor cercetari si experimentari in laborator, "in situ" si/sau modelari matematice. Fiecare dintre metodele de mai sus are o serie de avantaje si de dezavantaje, datorita in principal ipotezelor mecanice considerate si a unei multitudini de parametri care nu pot fi avuti in vedere in totalitatea lor.

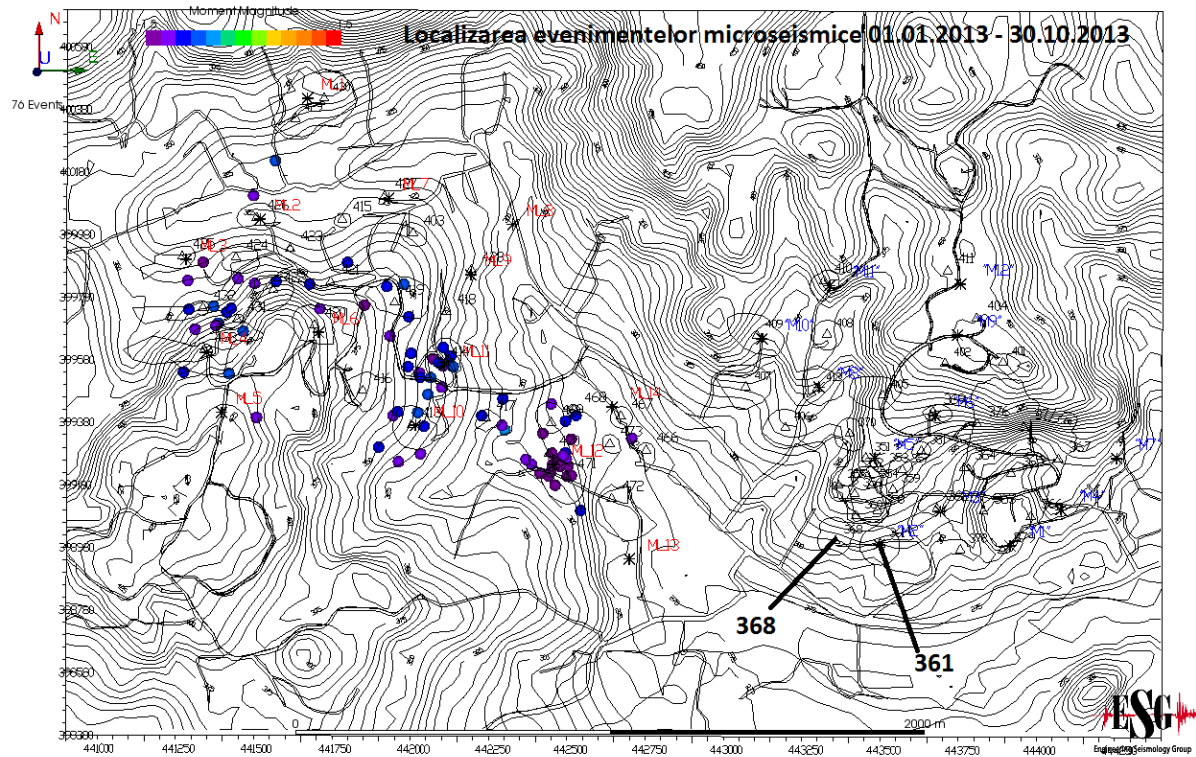
In completarea metodelor enumerate mai sus si pentru marirea gradului de cunoastere a fenomenelor geomecanice, in ultimii ani, s-au pus la punct o serie de metode de cercetare "in situ" bazate pe inregistrarea unor parametri geofizici. Una din metodele moderne care a capatat o extindere mare, are la baza urmatorul principiu: ***datorita activitatilor ingineresti, in masivul de roci inconjuratoare se produce o redistribuire a starii de tensiune***. Aceasta redistribuire conduce la supratensionarea unor zone, cu trecerea de la deformatii din domeniul elastic la cel vasco - plastic, avand ca efect fizic aparitia unor microfisuri generatoare de microseisme si emisie acustica. Interceptarea undelor caracteristice acestor fenomene, inregistrarea lor si cuantificarea prin prelucrare a parametrilor acestora permite ca in final sa poata fi caracterizat fenomenul geomecanic urmarit.

Una din aplicatiile unde sistemele de monitorizare microseismica a putut fi utilizata cu bune rezultate este aceea a evaluarii fenomenelor geomecanice de subsidenta miniera generata de golurile de exploatare de tipul celor ce s-au produs in Campul II de sonde si campurile invecinate din zona Ocnele Mari.

Proiectul de monitorizare seismică de la Ocnele Mari a avut ca obiectiv inregistrarea si localizarea evenimentelor aparute pe o arie extinsa, incluzand Campurile de sonde I, II, III si IV, vizand in special Campul II si Campul I de sonde, care pot determina schimbari in evolutia golurilor survenite in urma dizolvarilor de exploatare, iar in ultima faza de dizolvare controlata, in zona de interes a campului II de sonde, Ocnele Mari.

Din punctul de vedere al microseismicitatii, la nivelul anului 2013, practic nu s-a inregistrat niciun eveniment microseismic in zona sondei 361, sonda in arealul careia s-a executat forajul vertical – parte din statia pilot aferenta prezentului proiect de cercetare.

Localizarea evenimentelor microseismice in intervalul 01.01.2013 – 30.10.2013



Faptul ca in acest interval de timp, interval in care s-a implementat practic stia pilot, in arealul sondei 361, nu s-a inregistrat niciun eveniment microseismic, inseamna efectiv ca, din punctul nostru de vedere, n-a survenit nicio modificare la nivelul starii de eforturi si deformatii a cavernei 361, caverna ce face parte din prezentul experiment. Avand in vedere faptul ca discutam de goluri de milioane de metri cubi, plini cu saramura sub presiunie, riscurile, oricat de bine calculate ar fi, exista, iar faptul ca beneficiem de monitorizarea microseismica a zonei, cu o urmarire continua, reprezinta un element reprezentativ de siguranta in privinta modificarii starii de eforturi si deformatii, stia microseismica putand fi setata la un grad foarte ridicat de senzitivitate, in momentul in care va incepe efectiv procesul de umplere al cavernei.