

TEZA DE DOCTORAT

STUDII PRIVIND STABILITATEA SUPRAFETEI SI ALE CONSTRUCTIILOR IN PERIMETRUL MINIER OCNA MURES

Introducere

Salina Ocna Mureș are o particularitate proprie a extragerii sării din zăcământ atât prin exploatarea pe cale uscată a sării în partea superioară a zăcământului cât și prin dizolvare cinetica în profunzime. Astfel încât în zăcământul de sare au rezultat golurile miniere și golurile de dizolvare care determină un proces de scufundare, mai ales deasupra zăcământului și în sectoarele limitrofe accentuând caracterul depresionar al perimetrului ceea ce influențează negativ posibilitățile de drenare ale apelor spre Mureș. Prin evacuările repetate a saramurii din lacurile Câmpului de sonde Ocna Mureș, volumul golurilor subterane crește continuu, fapt ce agravează și mai mult stabilitatea suprafeței din zona construită a orașului Ocna Mureș cât și spre perimetrul minier prin dizolvarea pilierilor de siguranță marginali ai minei vechi Ștefania,

Cuvinte cheie: exploatare; sare; apa; stabilitate; ecologizare.

I. Istoricul fenomenelor de instabilitate produse la exploatarea sării în România

În prezent Salina Ocna Mureș extrage sarea gemă exclusiv prin dizolvare cu ajutorul sondelor. Se folosesc 2 metode de exploatare și anume metoda de exploatare cu o singură coloană mobilă, coloană de extracție și metoda de exploatare cu două coloane mobile, coloana de exploatare și coloana de extracție.

Caracteristicile reologice de fluaj evidențiază că sarea de la Ocna Mureș își modifică caracteristicile de rezistență în timp. Astfel, rezistența limită de lungă durată variază între (2,73 ÷ 8,4) MPa pentru solicitări de compresiune și (0,21 ÷ 0,74) MPa pentru solicitări de tracțiune și (0,81 ÷ 2,53) MPa pentru solicitări de încovoiere.

Având în vedere și ceilalți parametri reologici determinați, sarea de la Ocna Mureș Sonda S 118, se încadrează în clasa a V-a reologică, grupa reologică II, având un fluaj foarte puternic și un comportament elasto-vâsco-plastic de tip Burgers

II. Hidrogeologia zăcământului de sare Salina Ocna Mures

Cupola masivului diapir de sare care află la suprafață, în centrul orașului Ocna Mureș are o formă elipsoidală, cu axa mare, orientată nord-sud, de 800 m și axa mică, est-vest, de 500 m. Exploatarea de sare de la Ocna Mureș au fost permanent amenințate de inundațiile râului Mureș din apropiere și de pătrunderea apelor freatice în subteran.

Cercetările geologice și geofizice au pus în evidență existența unui orizont continuu de sare gemă în subsolul regiunii, aflat în diferite stadii de evoluție. Masivul de la Ocna Mureș are forma unui stilp diapir, care străpunge depozite badeniene și sarmatiene, alcătuite în principal din marne și argile marnoase care apar la zi. Cupola diapirului este acoperită cu depozite aluvionare având o grosime între 5 și 15 m.

Din punct de vedere mineralogic, zăcământul de sare de la Ocna Mureș este constituit dintr-o masă aproape monominerală de halit, cu unele impurități sub forma unor pelicule fine de argilă, depuse pe fețele cristalelor de sare gemă în timpul creșterii acestora. Se întâlnesc de asemenea intercalatii sub forma de ciuburi de roci sterile: argile, marne, gips, etc în masa sării gemă, datorită cărora în anumite zone sarea este ușor impurificată, iar din punct de vedere microscopic, sarea de la Ocna Mureș se prezintă ca o masă granulară, izotropa, rezervele au o compoziție mineralogică: NaCl = 95 - 97 %; impurități argiloase: 2%; anhidrit 1-2 %; carnalit: sporadic- 1%

Ca unitate hidrogeologică, perimetrul diapirului de sare aparține câmpiei aluvionare a râului Mureș caracterizată printr-o dezvoltare areală mare a depozitelor aluvionare grosiere acvifere care în limitele zăcământului repauzează direct pe spinarea sării. În afara limitelor masivului de sare aceste depozite aluvionare sunt acoperite de o formațiune argilo-nisipoasă slab permeabilă. În limitele masivului continuitatea formațiunii aluvionare a fost întreruptă în urma apariției pe

spinarea sării a lacurilor de apă sărată. Mureșul alimentează și drenează stratul acvifer al perimetrului și implicit a apelor din lacurile formate pe masivul de sare. Relațiile hidrogeologice dintre râul Mureș și stratul acvifer al perimetrului investigat fiind strâns dependente de regimul de curgere al acestui curs de apă. Albia râului fiind săpată într-un strat de aluviun, alimentarea pânzei freatice se produce la cotele mai mari ale Mureșului, iar descărcarea în albia acestui curs de apă este asigurată în perioadele de cote mai scăzute ale Mureșului. Precipitațiile reprezintă o altă sursă importantă de alimentare, în condițiile în care lipsește stratul protector impermeabil de la suprafață, întrucât precipitațiile atmosferice depășesc în zonă cantitățile de apă evaporată.

Suprafața masivului de sare aflându-se în contact direct cu sedimentele aluviale ale luncii Mureșului a fost și este în permanență expusă acțiunii naturale de dizolvare produsă de apele freatice astfel fenomenul natural de dizolvare cinetică al masivului de sare se produce și în lacurile vechi, flancurile diapirului de sare fiind afectate de apele în circulație până la cota patului freatic de +250-251m. Sarea dizolvată este antrenată în circulație, contribuind la poluarea naturală a apelor din pânza freatică.

III. Caracterizarea geomecanică a sării din campul minier Salina Ocna Mures

Cunoașterea caracteristicilor rocilor, respectiv substanțelor minerale utile, este esențială în orice investigație a mecanicii rocilor, legată fie de domeniul mineritului, al construcțiilor hidrotehnice, industriale, rutiere etc., fie de însăși procesele tehnologice de săpare, perforare, împușcare, tăiere sau excavare.

Sarea de la Ocna Mureș a fost analizată din punct de vedere geomecanic.

Valorile caracteristicilor geomecanice ale sării sunt prezentate în cele ce urmează:

- Densitatea specifică variază între $(2,09 \div 2,16 \cdot 10^4)$ N/m³, cu o medie de $2,127 \cdot 10^4$ N/m³.
- Densitatea volumică variază în limite relativ restrânse $(2,05 \cdot 10^4 \div 2,1 \cdot 10^4)$ N/m³, cu o medie de $2,066 \cdot 10^4$ N/m³.
- Porozitatea sării variază între $(1,87 \% \div 5,6) \%$, cu o medie de $2,806 \%$. Porozitatea, ca și densitatea volumică influențează starea de tensiune din pilieri și planșee.
- Umiditatea sării variază între $(0,18 \% \div 2,3) \%$, cu o medie de $0,7 \%$. De remarcat că odată cu creșterea umidității crește greutatea volumică, care este generatoare de tensiune și de asemenea scad rezistențele mecanice ale sării. Acest lucru conduce la apariția fenomenelor de instabilitate în elementele de rezistență.
- Rezistența de rupere la compresiune monoaxială variază între $(25,4 \div 27,2)$ MPa, cu o medie de $26,06$ MPa..
- Rezistența de rupere la tracțiune variază între $(1,98 \div 2,14)$ MPa, cu o medie de $1,74$ MPa. Datorită valorii reduse a rezistenței la tracțiune, se resimt fenomenele de instabilitate de la planșee, locul unde apar de regulă tensiuni de tracțiune.
- Coeziunea rocii variază între $(3,6 \div 3,62)$ MPa, cu o medie de $3,66$ MPa. Din încercarea la compresiune triaxială a rezultat o coeziune de 4 MPa, iar din încercarea la forfecare de $(3,7 \div 5,2)$ MPa.
- Rezistența de rupere la compresiune triaxială variază între $(41,2 \div 54)$ MPa. Acest lucru confirmă creșterea de tensiune pe măsură ce cresc tensiunile laterale. Din păcate sarea din pilieri și planșee este solicitată monoaxial.
- Modulul de elasticitate dinamic variază între 17998 MPa și 23009 MPa.
- Coeficientul lui Poisson variază între $(0,27 \div 0,3)$, ceea ce ne arată că sarea are un comportament elasto-plastic.
- Limita de elasticitate a sării variază între $7,15$ MPa și $7,25$ MPa. Acest lucru ne indică faptul că la valori mici ale tensiunilor sarea începe să se comporte plastic.
- Viteza de propagare a undelor variază între $(2985 \div 3318)$ m/s.
- Pragul de dilatație variază între $(14,2 \div 16,1)$ MPa. Acest parametru ne arată care este valoarea minimă a solicitărilor la care apar în masivul de sare (pilieri, planșee), primele fisuri.

Caracteristicile reologice de fluaj evidențiază că sarea de la Ocna Mureș își modifică caracteristicile de rezistență în timp. Astfel, rezistența limită de lungă durată variază între $(2,73 \div$

8,4) MPa pentru solicitări de compresiune și (0,21 ÷ 0,74) MPa pentru solicitări de tracțiune și (0,81 ÷ 2,53) MPa pentru solicitări de încovoiere.

Având în vedere și ceilalți parametri reologici determinați, Sarea de la Ocna Mureș se încadrează în clasa a V-a reologică, grupa reologică II, având un fluaj foarte puternic și un comportament elasto-vâsco-plastic de tip Burgers

IV. Analiza stabilitatii masivului de sare functie de caracteristicile geomecanice ale sarii

Din simularea fenomenelor de instabilitate funcție de starea secundară de tensiune rezultă că pentru valorile rezistențelor mecanice determinate prin solicitări instantanee. Camerele de exploatare, pilierii și planșeele sunt stabile. Dacă luăm în considerare parametrii de dilatanță și cei reologici, atunci elementele de rezistență se găsesc într-o stare limită. Acest lucru explică faptul că în pilieri și planșee apar fisuri, care pot conduce la fenomene de instabilitate.

Din modelul matematic propus de Hoek-Brown pentru comportamentul rocilor saline s-au obținut rezultate comparabile cu cele obținute experimental pentru factorul disturbator $D = 0,1$. Din analiza rezultatelor obținute prin modelul matematic al stării de tensiune s-a observat că modelul Hoek-Brown este cel mai bine adaptabil pentru rocile saline care au un comportament reologic de tip Burgers și sunt caracterizate de un comportament elasto-vâsco-plastic.

Valorile criteriilor de stabilitate sunt:

- „n” = 0,2- 0,3, sare instabila, fata de stabilitate medie,
- „i” = 0,25 - 0,3, sare cu stabilitate medie, fata de stabila
- „m” = 0,5 – 1,0, sare cu stabilitate medie, fata de stabila
- „U” = 200 – 500 mm, sare instabila, fata de stabilitate mediel
- „S” = 1 – 5 , sare cu stabilitate medie, fata de stabila,
- „RQD” = 50 – 75, sare cu stabilitate medie, fata de stabila

Se constata ca dupa fiecare critetriu stabilitatea scade cu o clasa de stabilitate.

V. Analiza fenomenului produs in perimetrul minier in data de 22.12.2010

În data de 22 decembrie 2010 în apropierea sondei S123 din perimetrul minier Ocna Mureș, judetul Alba, s-a produs un incident periculos prin formarea unui con în profunzime în care s-a surpat magazinul PLUS si astfel s-a creat un lac plin cu saramură astfel inchit diametrul conului de surpare a crescut de la 10 metri la 70 – 90 de metri la orele inserarii. Nivelul apei a crescut de la 2 la 2,5 metri față de nivelul solului din lacul nou format, până la deversarea prin punctul cu cota cea mai mică a terenului din jurul conului spre lacul Ștefania.

Evoluția fenomenului a fost accelerată în primele ore, astfel că, inițial diametrul conului de surpare a fost de aproximativ 10 m, cu nivelul apei la 2-2,5 m față de nivelul solului, ar în jurul orelor 20 conul avea diametrul de 70 – 90 m.

Efectul creșterii nivelului lacurilor din Câmpul de sonde Ocna Mureș a dus la ridicarea nivelului hidrostatic în zona adiacentă masivului de sare si inundarea beciurilor imobilelor aflate în vecinătatea masivului. Daune cauzate comunității din vecinătatea zăcământului de sare prin apariția apei în subsolul locuințelor și migrarea spre suprafață a efectelor de sărăturare a elementelor de construcție, corodarea accentuată a elementelor metalice și nu numai din construcțiile aflate în zona masivului si nu in ultimul rand la uscarea copacilor și a pomilor fructiferi în momentul creșterii nivelului apei în lacuri datorită concentrației de cloruri în apă.

Din forajele executate pentru cercetarea fenomenului rezulta ca marna din perimetrul investigat este intens impregnata cu solutii saline, care ar putea avea drept sursa sondele de exploatare prin dizolvare. Aceasta infestare este sustinuta si de continutul NaCl determinat pe carotele de marna.

Din datele de cavernometrie reiese ca dizolvarea sarii a produs caverne subterane cu inaltime de la 67 (S118E) pana la 300m (S124). La sonda S123 cavernometria executata in 19.07.2006 indica o zona de dizolvare si in intervalul de la 535m la 570m.

Acest lucru indica o dizolvare necontrolata.

Deasemenea din observatiile privind procesul de exploatare,rezulta ca „In data de 10.01.2010 s-a observat o exfiltrare cu saramura cu particule de fluid izolant si bule de aer in zona garajelor la circa 50 - 60 m de S 118 E. S-a descarcat S 123 si s-a oprit exfiltrarea scazand presiunea si la S 124. Se presupune ca bazinele de dizolvare a S 124 si S 123 comunica la un

anumit nivel cu locul unde se producea exfiltrarea la garaje si se degaja periodic cand se observa injectie de apa in zona respectiva”

Avand in vedere golurile create a determinat o zona **potentiale** de subsidenta miniera generata de aceste goluri, considerand un unghi de influenta de 80 grade. In acest fel zonele de influenta, figura urmatoare, la suprafata se dezvoltă in jurul sondelor si au raze de 130m la S118E, 140m la S123 si 165m la S124.

VI. Influența exploatării sării asupra stabilității suprafeței

Exploatarea pe cale uscată a sării în partea superioară a zăcământului situată la o adâncime cuprinsă între 29-56 m a condus la formarea unor goluri subterane cu un volum de 1.064.695 m³. Aceste goluri au fost rambleate cu saramură saturată cu o concentrație de 320 gr/l, care practic ar fi trebuit să facă imposibilă dizolvarea sării din planșeul de siguranță și din pilierii marginali ai minei Ștefania. Evacuările prin pompare a surplusului de saramură au făcut posibil aportul de apă dulce din Mureș și din precipitații în aceste lacuri, fapt ce a condus la un fenomen natural de dizolvare lentă a spinării zăcământului de sare, care s-a dezvoltat către extremitatea zăcământului, respectiv spre amplasamentul magazinului Plus.

Acest lucru a condus la dizolvarea sării și la formarea unui gol subteran sub rocile sterile cu o grosime de maxim 8 m, de sub magazinul Plus. Rocile sterile de deasupra zăcământului au format practic o grindă în consolă care se rezema pe saramura cantonată în golul rezultat în urma dizolvării lente produse de aportul de apă dulce din Mureș și din precipitații. Probabil că în timp rocile sterile de deasupra golului rezultat în urma dizolvării zăcământului s-ar fi prăbușit datorită depășirii rezistenței la încovoiere a rocilor.

De asemenea se trage concluzia că prin construirea magazinului Plus asupra grinzii în consolă alcătuită din rocile sterile și o parte din planșeul de sare care nu a fost dizolvat, s-a realizat o încărcare suplimentară dată de greutatea proprie a construcției, a produselor din magazin și a afluxului de cumpărători și personal, care a condus la prăbușirea rocilor sterile, formarea conului de surpare și a lacului nou format.

Din punct de vedere al exploatarei sării în soluție la Salina Ocna Mures are doua caracteristici proiectate și anume exploatarea cu sonde individuale în perimetrul Războieni, echipate cu două coloane mobile, sonde individuale forate în subteran, în intervalul 150÷700 m (Mina 1Mai) și sonde individuale forate de la suprafață în pilierii minelor vechi, echipate cu coloană cimentată. Cauze care au condus la modificări tehnologice au fost pierderea etanșeității sondelor, fenomen accentuat de convergență a găurii de foraj, care a condus la înțepenirea coloanelor și unirea între golurile de dizolvare aferente sondelor de exploatare.

Pentru a analiza influența golurilor subterane din câmpul de sonde asupra prăbușirii suprafeței în localitatea Ocna Mures, s-au interpretat golurilor subterane din măsurătorile cavernometrice.

Din analiza formei golurilor de dizolvare, măsurătorile topografice și cavernometrice, se poate trage concluzia că exploatarea sării în soluție nu a avut influență asupra stabilității suprafeței, și deci nu a afectat construcțiile de la suprafață aparținând magazinului PLUS.

VII. Stabilitatea suprafeței în perimetrul minier Ocna Mures

Stabilitatea de ansamblu a excavațiilor create prin exploatarea sării pe cale uscată prin metoda cu camere și pilieri abandonati nu depinde doar de comportarea pilierilor, ci și de cea a planșeelor, care în perimetrul Ocna Mureș sunt planșee de tavan realizate în sare.

Grosimea minimă necesară de planșeu care se află în stare limită poate fi calculată pe baza parametrilor geomecanici ai sării geme din perimetrul în care a fost realizat, de sarcinile ce acționează asupra planșeului și de coeficientul de siguranță necesar. Aceste sarcini se exprimă prin relația :

$$q_f = 2,42 \cdot h_n + 7,83 \quad [\text{MPa}] \quad (7.1)$$

Pentru planșeul minei Ștefania- 23 August, sarcina ce acționează asupra acestuia este de 104,63 MPa

Considerându-se planșeul ca fiind o grindă dublu încastrată și încărcată cu o sarcină uniform distribuită „p”, momentul încovoietor este maxim în punctele de încastrare și este dat de relația:

$$M = \frac{p \cdot l^2}{12} \quad (7.2)$$

Punând condițiile la limită se obține portanța la rupere :

$$p = 2\sigma_{\text{lim}} \frac{h^2}{l^2} \quad (7.3)$$

Încărcarea efectivă admisă a planșeului este :

$$\sigma_{\text{ef}} = \frac{2\sigma_{\text{lim}} \cdot h^2}{n \cdot l^2} \quad (7.4)$$

Pentru planșeul de la mina Ștefania tensiunea efectivă în planșeu este de 14 MPa. Portanța planșeului de la mina Ștefania va fi 44,8 MPa.

Relația generală de calcul a grosimii planșeelor are forma :

$$h_{1,2} = \frac{n \cdot l^2 \cdot \gamma}{5,2\sigma_t} \left[1 + \sqrt{\frac{10,4\sigma_t \cdot h_1\gamma_1}{n \cdot l^2 \cdot \gamma}} \right] \quad (7.5)$$

iar în cazul în care coperta de roci sterile are o grosime neglijabilă, relația are forma mult mai simplificată :

$$h = \frac{nl^2\gamma}{2,6\sigma_t} \quad (7.6)$$

Pentru cazul de la Ocna Mureș, grosimea minimă a planșeului reieșită din calcule este de 40 m. De remarcat că planșeul de sare de deasupra minei Ștefania - 23 August și a pilierului marginal al acestei mine au fost dizolvați parțial. Planșeele de sare au avut grosimi cuprinse între 39-66 m și au fost dizolvate în proporție de 60%, fapt ce a condus la planșee cu grosimi de cuprinse între 15-25 m din care 8 m roci sterile.

Pentru condițiile geomecanice din Perimetrul minier Ocna Mureș și această încărcare suplimentară, grosimea minimă a planșeului trebuie să fie de cel puțin 55 m.

Asfel din analiza formei golurilor de dizolvare, măsurătorile topografice și cavernometrice, se poate trage concluzia că exploatarea sării în soluție nu a avut influență asupra stabilității suprafeței, și deci nu a afectat construcțiile de la suprafață aparținând magazinului PLUS.

Stabilitatea generală a suprafeței de deasupra masivului de sare și a zonelor înconjurătoare este evidențiată prin cele trei zone de influență stabilite. Pe baza rezultatelor scufundărilor înregistrate pe reperii urmăriți în perioada 2009-2010 rămân în continuare valabile zonele de influență delimitate anterior.

Scufundările înregistrate pe reperii topografici amplasați în Perimetrul minier Ocna Mureș au fost influențate de existența unui strat freatic alimentat continuu și constituit din formațiuni aluvionare grosiere foarte permeabile care au condus la fenomenul natural de dizolvare lentă, continuă și necontrolată a spinării sării. Scufundările terenului precum și apariția unor gropi au fost determinate de circulația apelor freactice aflate în legătură directă cu nivelul hidrostatic al râului Mureș, precum și a apelor pluviale de pe dealul Bața.

Stabilitatea suprafeței nu a fost afectată de activitățile miniere de exploatare a sării în subteran. Dinamica fenomenului de scufundare este în corelație directă cu volumul precipitațiilor care crează o fluctuație a nivelului lacurilor.

Incidentul periculos din data de 22.12.2010 s-a produs ca urmare a amplasării Magazinului PLUS cu cel puțin 10 m în interiorul perimetrului impropriu construcțiilor. Surparea Magazinului PLUS s-a produs datorită fenomenului natural de dizolvare lentă cauzat de afluxul de apă dulce din râul Mureș și din precipitații.

Dizolvarea spinării zăcământului de sare a făcut ca rocile sterile cu o grosime de maxim 10 m să se constituie ca o grindă în consolă. Rocile sterile din această grindă având rezistențe mecanice mici probabil s-ar fi surpat în timp o dată cu dezvoltarea grinzii, datorită greutateii proprii. Prin construirea magazinului PLUS, asupra acestei grinzi s-a realizat o încărcare suplimentară care a favorizat producerea incidentului periculos.

Pentru oprirea fenomenului se impune rambleerea lacului nou format și se impune realizarea unor canale de dren care să nu permită creșterea cotelor apelor în lacurile de suprafață prin aport de apă dulce cât și reconstrucția și decolmatarea canalelor de colectare a apelor pluviale.

VIII. Inchiderea și ecologizarea perimetrului minier Ocna Mureș

În urma închiderii obiectivului minier o serie de efecte negative se vor reduce sau înlătura definitiv. Acestea se vor regăsi în special la ecologizarea suprafeței campului de sonde, amenajarea și rambleerea parțială a lacurilor rezultate din surpari și la reducerea afluxului de ape spre masivul de sare. Prin lucrările propuse pentru ecologizarea campului de sonde Ocna Mureș se vor face lucrări de: nivelare și amenajare, dezafectarea turelor pentru sondele inactive, acoperire cu sol vegetal și revegetare prin plantări și însămânțări.

Pentru protejarea lacurilor rezultate din surparea rocilor inconjurătoare golurilor tehnologice se propune o rambleere a taluzurilor malurilor, pentru a limita surparile și prăbușirile generate de circulația apelor dulci, care modifică continuu configurația și extinderea lacurilor.

Limitarea afluxului de ape subterane din lunca și terasele raului Mureș spre masivul de sare, se poate realiza prin construirea unui dren în zona nordică a zacământului, prin care se va menține un nivel constant al nivelului lacurilor la cota + 254 m.

Soluția constructivă pentru dren, se justifică prin capacitatea de drenare mai mare comparativ cu cea a unui dren convențional (clasic), alcătuit din geosintetic, material granular și conductă colectoare perforată.

IX. Concluzii și contribuții

1. Utilizarea criteriului Hoek-Brown și a lui Mohr-Coulomb au adus o importantă contribuție la proiectarea și verificarea stabilității suprafeței la Ocna Mureș.
2. În funcție de parametrii reologici, sarea gemă de la Ocna Mureș se încadrează de asemenea în clasa a V-a de fluaj, grupa reologică a II-a, cu un grad de fluaj puternic, cu un comportament elasto-vâsco-plastic simulat foarte bine de un model Bürgers.
3. În funcție de criteriile de stabilitate luate în studiu, sarea de la Ocna Mureș se încadrează în clasa rocilor stabile. Astfel valorile criteriilor de stabilitate variază:
4. Coeficientul RQD determinat pe carotele rezultate din foraj la nivelul mării și respectiv al sării are valori mai mici de 25%.
5. Din modelul matematic propus de Hoek-Brown pentru comportamentul rocilor saline s-au obținut rezultate comparabile cu cele obținute experimental - factorul disturbator $D=0,1$.
6. În urma prelucrării datelor măsurătorilor electrometrice și a corelării acestora cu datele din forajele de cercetare geologică și de exploatare, s-a determinat în cadrul perimetrului investigat o zonă cu risc major de instabilitate.
7. Pentru a analiza influența golurilor subterane din câmpul de sonde asupra prăbușirii suprafeței în localitatea Ocna Mureș, s-au interpretat golurile subterane din măsurătorile cavernometrice la sonda S 118 cu rezultatele: diametru maxim al cavernei de 28,8 m aflat la o adâncime de 680 m
8. Din analiza formei golurilor de dizolvare, măsurătorile topografice și cavernometrice, se poate trage concluzia că exploatarea sării în soluție nu a avut influență asupra stabilității suprafeței, și deci nu a afectat construcțiile de la suprafață aparținând magazinului PLUS.
9. Pentru zona de risc a magazinului PLUS, scufundările maxime nu depășesc 1,5771 m cu o viteză de scufundare de -0,767 m/an.
10. Scufundarea maximă anuală de -0,767 m/an, recomandă scoaterea Zonei I din Perimetrul de exploatare, din PUZ-ul și din PUG-ul orașului Ocna Mureș.
11. Din punctul de vedere al caracteristicilor geomecanice ale terenului de fundare, datorită scufundărilor, ca urmare a influenței golurilor subterane, solul se consideră compresibil cu tasări mai mari de -0,767 m/an și se interzice amplasarea construcțiilor în Perimetrul minier Ocna Mureș.

12. Stabilitatea suprafeței nu a fost afectată de activitățile miniere de exploatare a sării în subteran. Dinamica fenomenului de scufundare este în corelație directă cu volumul precipitațiilor care crează o fluctuație a nivelului lacurilor.
13. Incidentul periculos din data de 22.12.2010 s-a produs ca urmare a amplasării Magazinului PLUS cu cel puțin 10 m în interiorul perimetrului impropriu construcțiilor. Surparea Magazinului PLUS s-a produs datorită fenomenului natural de dizolvare lentă cauzat de aflusul de apă dulce din râul Mureș și din precipitații.
14. Dizolvarea spinării zăcământului de sare a făcut ca rocile sterile cu o grosime de maxim 10 m să se constituie ca o grindă în consolă. Rocile sterile din această grindă având rezistențe mecanice mici probabil s-ar fi surpat în timp o dată cu dezvoltarea grinzii, datorită greutateii proprii. Prin construirea magazinului PLUS, asupra acestei grinzi s-a realizat o încărcare suplimentară care a favorizat producerea incidentului periculos.
15. Pentru oprirea fenomenului se impune rambleerea lacului nou format și se impune realizarea unor canale de dren care să nu permită creșterea cotelor apelor în lacurile de suprafață prin aport de apă dulce cât și reconstrucția și decolmatarea canalelor de colectare a apelor pluviale.
16. În urma închiderii obiectivului minier o serie de efecte negative se vor reduce sau înlătura definitiv.
17. Reducerile efectelor negative se vor regăsi în special la ecologizarea suprafeței câmpului de sonde, amenajarea și rambleerea parțială a lacurilor rezultate din surpari și la reducerea aflusului de ape spre masivul de sare.
18. Lucrările propuse pentru ecologizarea câmpului de sonde Ocna Mureș vor fi lucrări de: nivelare și amenajare, dezafectarea turlelor pentru sondele inactive, acoperire cu sol vegetal și revegetare prin plantări și însămânțări.
19. Protejarea lacurilor rezultate din surparea rocilor inconjurătoare golurilor tehnologice se va face prin rambleerea taluzurilor malurilor, pentru a limita surparile și prăbușirile generate de circulația apelor dulci, care modifică continuu configurația și extinderea lacurilor.
20. Limitarea aflusului de ape subterane din lunca și terasele râului Mureș spre masivul de sare, se poate realiza prin construirea unui dren în zona nordică a zăcământului, prin care se va menține un nivel constant al nivelului lacurilor la cota + 254 m.
21. Pentru reducerea influenței asupra suprafeței propun închiderea cât mai rapidă a lucrărilor miniere de legatură cu suprafața, respectiv a putului de extracție și a putului de aeraj, prin rambleere și construirea unei plăci de închidere la suprafața din beton armat.
22. Cauzele care au condus la modificări tehnologice sunt identificate prin pierderea etanșeității sondelor, fenomen accentuat de convergența a găurii de foraj, care a condus la înțepenirea coloanelor și unirea între golurile de dizolvare aferente sondelor de exploatare. Pentru a analiza influența golurilor subterane din câmpul de sonde asupra prăbușirii suprafeței în localitatea Ocna Mureș, s-au interpretat golurile subterane din măsurătorile cavernometrice.
23. Pentru eliminarea efectelor exploatării sării în câmpul minier Ocna Mureș și pentru reducerea la minim a posibilităților producerii de noi evenimente nedorite de afectare a suprafețelor, construcțiilor și a comunității în general, pentru viitor este necesară realizarea unor studii climatice, topografice, hidrologice, hidro-geologice și hidraulice, precum și realizarea unor măsurători batimetrice combinate cu măsurători cavernometrice pentru determinarea configurației actuale a golurilor și nu în ultimul rând monitorizarea calității apelor subterane și adoptarea unei strategii de protecție a resurselor de apă, în condițiile existenței unui impact agresiv datorită condițiilor hidro-geologice complexe și a tehnologiilor poluante existente în zona zăcământului de sare.

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT
Prof. univ. dr. ing. ARAD VICTOR

DOCTORAND,
Ing. LASC GHEORGHE