

# **CONSECINȚELE TEHNICE ALE EXPLOATĂRII MINIERE DIN SAARLAND, GERMANIA**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea Politehnica Timișoara  
în domeniul INGINERIE CIVILĂ ȘI INSTALAȚII  
de către

**Ing. Lothar Becker-Daugherty**

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Marin Marin  
Referenți științifici: prof.univ.dr.chim. Valentina Ignat  
prof.univ.dr.ing. Augustin Popa  
prof.univ.dr.ing. Sevastian Ianca

Ziua susținerii tezei: 10.03.2017

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Automatică                               | 10. Știința Calculatoarelor                |
| 2. Chimie                                   | 11. Știința și Ingineria Materialelor      |
| 3. Energetică                               | 12. Ingineria sistemelor                   |
| 4. Ingineria Chimică                        | 13. Inginerie energetică                   |
| 5. Inginerie Civilă                         | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 6. Inginerie Electrică                      | 15. Ingineria materialelor                 |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 16. Inginerie și Management                |
| 8. Inginerie Industrială                    | 17. Arhitectură                            |
| 9. Inginerie Mecanică                       | 18. Inginerie civilă și instalații         |

Universitatea Politehnică din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnică – Timișoara, 2017

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnice din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat tratează o temă majoră și actuală din Germania și din Landul Saar, problema moștenirii trecutului în industria minieră, respectiv efectele tasărilor și trepidațiilor produse de activitățile miniere asupra construcțiilor învecinate. Se prezintă distrugerile produse și soluții tehnico-economice de consolidare și eliminare a lor.

Lucrarea prezentă se bazează pe rezultatele din anii de experiență, în calitate de consultant pentru daune miniere la clădiri, în cadrul concernului Deutsche Steinkohle AG (Huila Germana AG) din Germania și a mai multor companii mari de asigurări. Pornind de la evenimentele de șocuri care au avut loc în principal în zona minieră Saar în anii 2008-2010, au fost efectuate investigații sistematice în special în următoarele localități puternic afectate: Körprich, Nalbach, Saarwellingen, Lebach, Ensdorf.

Cea mai puternică vibrație sub formă de șoc a avut loc la 23 februarie 2008, cu o viteză maximă de vibrație de 93.54mm/s. Aceasta corespunde unei valori de 4,0 pe scara Richter.

Personal am prelucrat pentru RAG –Ruhrkohle AG- Cărbune Ruhr AG aproximativ 300 de cazuri de surpări de teren și avarieri având drept cauză minieritul.

Mulțumirile mele speciale le adresez domnului Prof. univ. Dr. Ing. Marin Marin de la Universitatea Politehnica Timișoara pentru sprijinul științific permanent și de orientare a tezei mele, și Prof. Dr. Ing. Dr.h.c Peter Lorenz, HTWdS Saarbrücken.

Timișoara, februarie 2017

Lothar Becker-Daugherty

Becker-Daugherty, Lothar

**Consecințele tehnice ale exploatării miniere din Saarland, Germania**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 18, Nr. 3, Editura Politehnica, 2017, 126 pagini, 148 figuri, 10 tabele.

ISSN: 2393-4816

ISSN-L: 2393-4816

ISBN: 978-606-35-0139-5

Cuvinte cheie: lucrări miniere, avarii, condolidări, Metoda Elementului Finit, responsabilitate financiară, șocuri, cutremure.

Rezumat,

Teza de doctorat are ca obiectiv studiul influenței lucrărilor miniere asupra construcțiilor aflate în vecinătatea ei. Se răspunde la întrebarea fundamentală, și anume, dacă lucrările miniere sunt responsabile de producerea distrugerilor la clădiri, iar în caz afirmativ, cât de ridicată este responsabilitate financiară, în acest caz a concernului Ruhrkohle AG -RAG AG.

Concluziile și recomandările de consolidare prevăzute în cele peste 300 de expertize tehnice efectuate de autor în zona minieră Saar, Germania, au fost acceptate fără discuții de ambele părți în dispută, pe de-o parte concernul minier RAG responsabil de avarieri, cât și de partea păgubită, proprietarii imobilelor, ceea ce denotă obiectivitatea metodei folosite, având în vedere intensitatea și miza disputelor pe aceasta temă.

Autorul simulează cu ajutorul Metodei Elementului Finit o clădire reală care a suferit o tasare pronunțată sub unul din stâlpii de rezistență de la un colț, iar rezultatele virtuale au fost comparate cu măsurători in SITU. Concordanța bună a rezultatelor teoretice cu cele măsurate arată justetea ipotezelor considerate.



# CUPRINS

<b>1. Introducere.....</b>	<b>7</b>
1.1. Mineritul în Landul Saar, Germania .....	7
1.2. Amplasamentul minelor germane.....	7
1.3. Legile federale ale mineritului.....	9
1.3.1. Legea federală a mineritului (BbergG).....	10
1.4. Metode / Procedee de extragere a cărbunelui .....	11
1.5. Obiectivul și structura tezei de doctorat .....	15
<b>2. Capacitatea portantă a terenului de fundare.....</b>	<b>17</b>
2.1. Generalități .....	17
2.2. Tipuri de fundații .....	18
2.2.1. Fundații de suprafață .....	18
2.2.2. Fundații de adâncime .....	19
2.2.3. Fundamente prefabricate .....	20
<b>3. Efectele exploatărilor subterane asupra construcțiilor.....</b>	<b>22</b>
3.1. Generalități .....	22
3.2. Zona influențată de acțiuni .....	23
3.3. Seismologia exploziilor controlate în industria minieră.....	28
<b>4. Avarii cauzate de activitățile miniere – Gradul de avariere .....</b>	<b>35</b>
4.1. Distrugerii de sol.....	35
4.1.1. Pământuri necoezive .....	36
4.1.2. Cauzele producerii de tasări .....	38
4.2. Lichefierea pământului în timpul vibrațiilor .....	38
4.3. Deteriorări ale solului. Tasări.....	41
4.3.1. Modificări în construcții și fundații.....	43
4.4. Considerații generale de calcul .....	46
4.5. Măsuri de stabilizare .....	48
<b>5. Vibrații – influența asupra oamenilor și clădirilor .....</b>	<b>53</b>
5.1. Includerea normativului DIN4150 în procesul de îmbunătățire continuă .....	53
5.2. Pierderea capacității portante a structurilor .....	57
5.2.1. Metode de consolidare a construcțiilor, respectiv măsuri de siguranță.....	59
5.3. Măsuri preventive .....	61
5.3.1. Măsuri ulterioare .....	62
5.4. Securitate minieră din punct de vedere tehnic .....	62
<b>6. Urmărirea proceselor de deformare la construcții.....</b>	<b>65</b>
6.1. Vase comunicante și metode perfecționate .....	65
6.2. Tehnici moderne GPS și Galileo.....	71
<b>7. Documentare și reglementare daune .....</b>	<b>75</b>
7.1. Metodologia .....	75
7.2. Constatări la clădire .....	76
7.3. Metoda Pohl de apreciere a daunelor .....	77
7.4. Clasificarea clădirilor .....	78
<b>8. Considerații tehnice privind distrugerile de clădiri.....</b>	<b>85</b>

8.1. Monitorizarea construcțiilor .....	85
8.2. Biserica catolică din Fürstenhausen .....	87
<b>9. Simulări numerice cu Metoda Elementului Finit – MEF (FEM) .....</b>	<b>94</b>
9.1. Considerații teoretice .....	94
9.2. Calculul unei clădiri cu tasări de fundații .....	96
9.3. Clădire supusă tasării inegale .....	103
<b>10. Aspecte economice .....</b>	<b>111</b>
10.1. Măsuri de consolidare .....	111
10.2. Măsuri financiare preventive pentru pagubele miniere .....	113
<b>11. Expertize efectuate în Saarland .....</b>	<b>115</b>
11.1. Clădire de locuit .....	115
11.2. Hala pompierilor cu anexe .....	117
<b>12. Concluzii și contribuții personale .....</b>	<b>122</b>
12.1. Concluzii finale .....	122
12.2. Contribuții personale .....	122
<b>Bibliografie .....</b>	<b>124</b>

# 1. INTRODUCERE

## 1.1. Mineritul în Landul Saar, Germania

Primele atestări documentare ale exploatării miniere din Saarland datează din anul 1429 în apropiere de Neukirchen. Industria extractivă din zona Ruhr și Saarland, cele două regiuni miniere importante din Germania sunt coordonate de concernul RAG-Deutsche Steinkohle (Huila germană) AG cu sediul în localitatea Herne din zona Ruhr.

Din cele 26 de mine în Saarland, de ex. minele Viktoria, Franziska, Heinitz, Kohlwald, a rămas deschisă până pe 30.06.2012 doar mina Duhamel în Ensdorf. Toate minele din Saarland au fost unite între ele, ceea ce reprezintă un avantaj major pentru siguranța exploatării. Minele din Saarland ajung la adâncimi de 2200m și au fost cele mai adânci din Europa.

Concurența puternică din alte țări cu costuri de producție mai mici, în 2010 Germania aprox. 200Euro/t, Polonia 120Euro/t și Ucraina cca. 70Euro/t, precum și numeroasele zguduituri și cutremure produse în special de exploziile subterane au culminat în februarie 2008. Atunci a fost înregistrat un cutremur de 4 grade pe scara Richter, o valoare ridicată pentru Germania. S-a hotărât ca, începând din 30 iunie 2012 să fie închisă și ultima mină activă din Saarland, cu consecințe asupra pieței muncii.

Secole de-a rândul industria grea, adică mineritul și siderurgia au fost pilonii industriei și dezvoltării economice din Saarland. Mai mult decât atât, în Völklingen, pe râul Saar se afla „Voelklinger Hütte- Combinatul Siderurgic Voelklinger", care din 1994 este Patrimoniu Mondial UNESCO. [38], [40]

După acest eveniment de șoc extrem în Saarland, mineritul a fost întrerupt în această zonă minieră. Motivul principal a fost prețul mai convenabil al huilei din import, dar au avut un impact negativ și numeroasele daune și proteste ale populației din cauza deteriorărilor suferite de diverse clădiri, inclusiv de locuit.

## 1.2. Amplasamentul minelor germane

Din cele 26 de mine care au existat în Saarland, cum ar fi: mina Viktoria, mina Franziska, mina Heinitz, mina Kolwald etc., până la 30 iunie 2012, a rămas în exploatare doar mina Duhamel din Ensdorf. Ca urmare a celor mai puternice trepidații ale solului care au avut loc pe 23 februarie 2012, întreprinderea minieră (RAG) a decis să oprească exploatarea, începând cu acea dată. Până la acea dată mina Duhamel reprezenta singura ieșire la suprafață pentru mineri, iar la locul de muncă ajungeau pe o cale cu șine, iar apoi mergeau la locurile lor de muncă mai depărtate.

Următoarele două hărți (Fig. 1.1, 1.2) arată cele două amplasamente de extragere a huilei din Germania.

În Germania mai există doar două zone de extracție a huilei, în funcțiune. Pe de o parte este zona Ruhr, cu o mărime de aproximativ 4.435km<sup>2</sup>, care se află în landul Renania de Nord-Westfalia și zone mari din landul Saar (Fig. 1.1).



**Fig. 1.1. Localități miniere din Germania [13]**

Extracția hulei din landul Saar și zona Ruhr este coordonată de către concernul RAG – Deutsche Steinkohle, care are sediul în localitatea Herne (Renania de Nord-Westfalia).



**Fig. 1.2. Localități miniere în Saarland [13]**

În landul Saar (Fig. 1.3) este localizată industria minieră și metalurgică. Începutul mineritului în landul Saar este foarte vechi. În anul 1429 au început să se exploateze primele puțuri, în apropiere de Neunkirchen, fiind consemnat în documente.



**Fig. 1.3. Localități miniere în Saarland [13]**

Ca urmare a cutremurului cu magnitudinea 4 pe scara Richter din anul 2008 s-au înregistrat numeroase distrugerii de clădiri (Fig. 1.4.).



**Fig. 1.4. Distrugerii înregistrate la o biserică pe data de 23.02.2008 [69]**

Deteriorările de la biserică din localitatea Saarwellingen (Fig. 1.4.) au constat în bucăți de pietre mari ce au căzut de la cca. 20m înălțime, după aproximativ o jumătate de oră de la vizita unei clase de elevi.

### 1.3. Legile federale ale mineritului

În comitetul landurilor pentru minerit, din cadrul Ministerului Federal pentru Economie și Tehnologie, diverse autorități ale celor 16 landuri din Germania colaborează cu ministerul federal. Fiecare land are la rândul său o structură administrativă de 2-3 niveluri în acest domeniu.

În landul Saar există o structură administrativă pe 3 niveluri pentru minerit, alcătuit după cum urmează:

- **Autoritatea minieră superioară**  
Ministerul pentru economie, muncă, energie și transport.  
Franz-Josef-Röder Straße 17  
66119 Saarbrücken

- **Autoritatea minieră medie**  
Birou superior al landului Saar  
Am Bergwerk Reden 10  
66578 Schiffweiler
- **Autoritatea minieră inferioară**  
Birou pentru minerit Saarbrücken  
Am Bergwerk Reden 10  
66578 Schiffweiler

Domeniul de activitate al autorităților miniere, având la bază legea federală a mineritului și multe alte prescripții, este în primul rând, controlul statului asupra activității miniere. Aceasta cuprinde, printre altele, aprobările necesare din punct de vedere juridic pentru minerit, cu respectarea cerințelor de protecție a muncii, sănătate și protecție a mediului.

Un aspect deosebit constă în faptul că în landul Saar mai multe termocentrale mari se află sub controlul autorității miniere. Pe lângă aceasta, autoritățile miniere din landul Saar sunt responsabile conform legii poliției locale și pentru măsuri de prevenire a pericolelor cauzate de minele abandonate, care nu se mai verifică de către autoritățile miniere, precum și a pericolelor datorate zăcămintelor deschise (scăpări de gaze).

În problema asigurării cu materii prime, biroul superior pentru minerit este reprezentantul intereselor publice în conducerea lucrărilor. Biroul superior reprezintă filiala Saarbrücken în litigii în fața instanței administrative.

De ziua Barbarei, pe 4 decembrie a fiecărui an, minerii o pomenesc pe Sfânta Barbara, pe care ei o consideră ocrotitoarea lor.

### **1.3.1. Legea federală a mineritului (BbergG)**

Legile ce reglementează activitatea legată de mine și consecințele pagubelor este Legea Federală a Mineritului- BbergG, cu origini prusace din 1865 și germane din 1934.

Galeriile de exploatare nefolosite nu au fost umplute cu steril așa că în viitor pot fi folosite complet în alte scopuri, de exemplu experimente științifice.

În Germania exista așa numita Lege federală a mineritului (BbergG), care a intrat în vigoare la 13 august 1980 (BGBl.I 1310) și a fost modificată ultima oară pe 21 august 2002 (BGBl. I 3322). Până la această dată, în cele 16 landuri ale Germaniei era în vigoare o legislație proprie, parțial diferită, pentru minerit și extragerea minereurilor.

Legea federală actuală pentru minerit (BbergG) are ca precursor „Legea generală a mineritului în Statele prusace”, care datează din 1865, care inițial era destinată statelor Prusiei. La fel și legea din 1934 referitoare la prospectări pentru țigăi și alte resurse minerale și dispozițiile referitoare la depistarea și extragerea minereurilor.

Legea federală actuală pentru minerit (BbergG) este formată din 12 părți, care privesc diferite aspecte și le reglementează. Acestea sunt:

1. Scopul legii. Asigurarea aprovizionării cu materii prime prin resursele minerale autohtone.
2. Legile mineritului. Permisivitatea și aprobarea pentru extragerea și transportul resurselor minerale, precum și proprietatea asupra minelor.
3. Explorarea, extragerea și îmbogățirea minereului. Acesta cuprinde și interdicții și restricționări generale, precum și obligativitatea referitoare la indicații, planuri de exploatare și indicarea persoanelor responsabile.



4. Autorizarea de a emite reglementări în domeniul mineritului. Sunt cuprinse și indicații, acorduri, verificări.
5. Supraveghere minieră. Cuprinde autoritatea din domeniu și sarcinile care-i revin, respectiv supravegherea, ordonarea și informarea.
6. Cartea autorizației și harta. Descrie alcătuirea și modul de completare a documentelor menționate.
7. Mineritul și proprietatea asupra terenului, căi de circulație publice. În aceste documentații se reglementează transmiterea terenului, descrierea construcțiilor, daune din minerit și despăgubirea lor.
8. Alte activități și instalații. Foraje, depozite de minereu vechi, standuri de încercare.
9. Prescripții speciale pentru soclul continental. Toate aspectele legate de cabluri sub apă și conducte de tranzit.
10. Instituție de verificare federală, comitet de experți, execuție.
11. Cale juridică, penalități, prevederi pentru pedepse.
12. Prescripții tranzitorii și finale. Legi vechi și contracte.

#### **1.4. Metode / Procedee de extragere a cărbunelui**

Există diverse metode de exploatare minieră, în prezent toate fiind automatizate. Se folosesc utilaje miniere de frezat (Walzenschrämmlader) și Kohlenhobel combinat cu un transportor simplu cu lanțuri metalice (Kettenförderer)

Huila s-a format într-o perioadă de milioane de ani, din resturi de plante, în urma unui proces de transformare. Cu cât procesul este mai lung, așa numitul proces de carbonizare, cu atât mai mare este conținutul de carbon. La un conținut de 100% carbon, materialul s-a transformat în grafit.

Huila se află în zăcăminte de grosimi diferite, la adâncimi până la sute de metri, cu tendința de a se afla în straturi suprapuse alternativ cu straturi de pământ.

Minerii ajung la locul de extragere cu ajutorul unor nacele de transport, prinse de cabluri din oțel lungi de câteva sute de metri, coboară în puțul minei la adâncimea la care se află stratul de huilă, care urmează să fie extras. Tot prin nacele de transport se aduce și materialul extras la suprafață.

Minerii sunt transportați cu niște cabine suspendate de o șină de la puțul de intrare în mină până la abataj, care se poate afla la distanțe de câteva sute de metri de locul de intrare. Cu aceste cabine suspendate de o șină, care funcționează pe o șină, după cum arată și denumirea, se transportă, pe lângă persoane, și material. Ca agregat de acționare se folosește o baterie electrică sau o unitate Diesel.

De-a lungul deceniilor s-au extras zăcămintele de mai mare randament, aflate în apropierea minelor (puțurilor de mină). Din motive economice multe mine au fost închise și legate subteran între ele.

Pentru evacuarea huilei extrase se folosesc benzi transportoare lungi de sute de metri, care duc minereul la locuri în care se adună materialul. După aceea minereul este adus la suprafață prin puțul minei. La extragerea cărbunelui se scoate și o parte de piatră, care nu conține minerale utile, se depozitează timp de zile pe anumite suprafețe, acestea fiind numite halde.

Deoarece Saarland prezintă, din punct de vedere geografic, o suprafață relativ plană, nu există situații geologice, care să fie umplute cu rostogol. În continuare, în acest land, zăcămintele miniere, la care extragerea huilei a fost oprită, nu se umplu cu material. Odată, meseria de miner era foarte grea și periculoasă. Mulți oameni mureau din cauza prăbușirilor sau datorită bolii de

plămâni. În prezent, aceste lucrări se fac de către mașini imense, printre altele și datorită presiunii costurilor (economie mondială) și cerințelor productivității ridicate. Aceste mașini deosebit de mari se descompun în piese, durează zile în șir, apoi sunt transportate prin puțul minei în subteran și acolo sunt asamblate din nou.

Prin mijloacele tehnice și procedee moderne, dezvoltate pe baza inovațiilor continue, s-a ajuns să se reducă pericolul potențial respectiv riscurile, pe care meseria de miner le implică. Pericolul unei explozii de gaz respectiv de praf există în continuare, fiind una din cauzele celor mai devastatoare accidente. Cu ajutorul celei mai moderne tehnici de siguranță se încearcă să se prevină posibilitatea producerii de explozii și să se minimalizeze avariile.

În prezent, pentru extragerea huilei se folosesc, printre altele și următoarele utilaje:

- **Mașină de havat și încărcat rotativă cu valțuri.** Acest utilaj dispune de 2 valțuri rotitoare. Cu acestea se taie cărbunele pe direcția brațului de tăiat. În următoarea etapă bucățile de cărbune dislocate se transportă de la locul respectiv, cu ajutorul unei benzi transportoare Kratzer cu lanțuri. Lățimea de acțiune a acestui utilaj este de 0,7 până la 1,2m.



Fig. 1.5. Mașină de havat și încărcat rotativă cu valțuri [14]

- **Rindea de cărbune.** Rindeaua pentru cărbune este un utilaj care se glisează de-a lungul stratului de cărbune și care taie cărbunele din zăcământ cu ajutorul unui cuțit, la fel cum se procedează, de exemplu, la o grindă de lemn care se geluiește. Rindeaua este translatată cu ajutorul unui lanț, iar banda transportoare Kratzer cu lanțuri se folosește ca reazem.





Fig. 1.6. Rindea pentru cărbune [15]

- **Structură de extracție/turn de extracție.** Structura de extracție se realiza mai demult sub forma unei structuri metalice zăbrelite, în prezent se realizează din beton armat. Se montează direct peste puțul minei și accesul în mină se face cu ajutorul unei nacele de transport, fixată pe unul sau mai multe cabluri din oțel, lungi de sute de metri, până la adâncimea de lucru. Cu ajutorul acestui turn de transport minerii ajung în subteran, iar cărbunele extras este scos la suprafață, unde este prelucrat (Fig. 1.7, 1.8).



Fig. 1.7. Puțul de Nord; Mina Ensdorf [31]

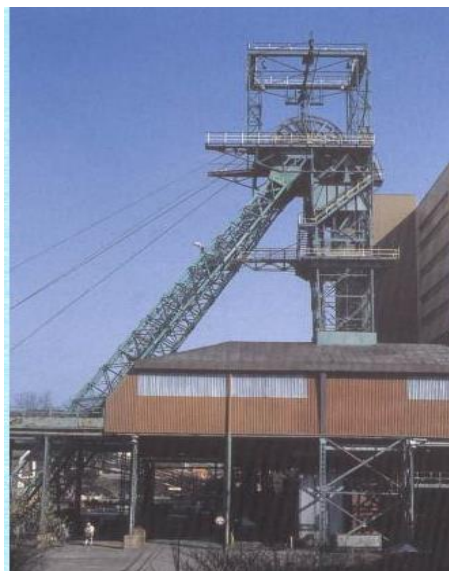


Fig. 1.8. Puțul Duhamel, Mina Ensdorf [31]

- **Transportor monoșină cu cabine (Fig. 1.9).**



**Fig. 1.9. Transportor monoșină cu cabine [15]**

Pe 7 februarie 1962 s-a produs în Saarland cel mai mare accident minier de până acum din Republica Federală Germania. În mina Luisental (Fig. 1.10), Saarland, s-a produs o explozie de grizu, în urma căreia au decedat 299 mineri. Prin noțiunea de grizu se înțelege gazul din mină (gaz metan) care se acumulează în galerii și care, în amestec cu oxigenul din aer, devine un amestec exploziv.

Pentru a reduce între altele și acest pericol, se prevăd puțuri de aerisire la anumite distanțe prin intermediul cărora rețeaua de galerii este alimentată cu aer proaspăt și se evacuează aerul acumulat în mină. De regulă o explozie de grizu precedă o explozie de praf de cărbune, care are o putere de distrugere și mai mare.



**Fig. 1.10. Mina Luisental, 1955 [31]**

În perioada de început a mineritului se produceau mereu accidente, care își aveau cauza în măsurile de siguranță insuficiente din galerii (prăbușiri), precum și explozii produse în urma procesului de extracție. Alte prejudicii constau în probleme de sănătate pentru mineri datorită gazelor de mină, prafului fin și a posturii (afectarea scheletului).

În prezent, datorită progresului tehnic, extragerea huilei, la fel ca și alte ramuri ale mineritului, a devenit mai sigură. Acest fapt este evidențiat prin

sistemele de alarmă timpurie sau prin planurile de urgență (tehnică și alcătuire) pentru protejarea minerilor.

Galeriile de exploatare nefolosite nu au fost umplute cu steril așa că în viitor pot fi folosite complet în alte scopuri, de exemplu experimente științifice.

## 1.5. Obiectivul și structura tezei de doctorat

Teza de doctorat are ca obiectiv studiul influenței lucrărilor miniere asupra construcțiilor aflate în vecinătatea ei. Se răspunde la întrebarea fundamentală, și anume, dacă lucrările miniere sunt responsabile de producerea distrugerilor la clădiri, iar în caz afirmativ, cât de ridicată este responsabilitate financiară, în acest caz a concernului Ruhrkohle AG -RAG AG.

Se analizează la început particularitățile clădirii ce se constituie ca obiectivul studiat: dimensiunile sale geometrice, numărul de nivele, forma în proiecție orizontală a construcției, natura fundației, amplasamentul față de exploatarea minieră, sistemul structural al construcției, prezența unor rigidizări (consolidări) sau întărituri, istoria clădirii incluzând anul execuției și avarieri anterioare mișcării seismice produse din cauza exploatărilor miniere. Pentru fiecare răspuns se acorda punctaje parțiale care se însumează și, în funcție de valoarea sumei se determină o viteză de vibrație maxim-admisibilă a construcției. Se admite ipoteza că fundațiile au vibrații cu frecvențe cuprinse între 1 și 10Hz.

Pe baza măsurătorilor realizate în diverse zone din vecinătatea exploatării miniere, se apreciază viteza de vibrație în zona clădirii analizate. Dacă viteza de vibrație efectivă a clădirii este mai mare decât cea admisă atunci avarierea se datorează exploatării miniere, în caz contrar nu.

Concluziile și recomandările de consolidare prevăzute în cele peste 300 de expertize tehnice efectuate de autor în zona minieră Saar, Germania, au fost acceptate fără discuții de ambele părți în dispută, pe de-o parte concernul minier RAG responsabil de avarieri, cât și de partea păgubită, proprietarii imobilelor, ceea ce denotă obiectivitatea metodei folosite, având în vedere intensitatea și miza disputelor pe aceasta temă.

În vederea stabilirii avarierilor efective la clădiri, s-a dezvoltat o metodologie practică bazată pe măsurători ale eventualelor înclinări sau deplasări ale clădirii mai mari decât toleranțele admise, cât și pe mărimea fisurilor din structura de rezistență. Se propun soluții practice de consolidare a structurilor de rezistență, condiția fiind stabilitatea și rezistența de durată cât și un cost cât mai redus.

Întrucât pagubele produse de exploatări miniere în zona Saar au fost foarte numeroase și intense, autorul analizează și recomandă metodologii de exploatare, respectiv de efectuare a exploziilor subterane, astfel ca efectele cumulate să fie minimalizate.

Autorul simulează cu ajutorul Metodei Elementului Finit o clădire reală care a suferit o tasare pronunțată sub unul din stâlpii de rezistență de la un colț, iar rezultatele virtuale au fost comparate cu măsurători in SITU. Concordanța bună a rezultatelor teoretice cu cele măsurate arată justetea ipotezelor considerate.

Prezenta teză de doctorat este structurată în doisprezece capitole, după cum urmează:

Capitolul 1 prezintă zona minieră Saar situată în triunghiul Franța-Luxemburg-Germania, cu o experiență de aproape 600 de ani, problemele legate de eficiența economică a exploatării miniere germane, concurența mare din exterior,

precum și mișcările seismice puternice care au dus la decizia politică de a închide întreaga producție minieră.

Capitolul 2 se ocupă cu capacitatea portantă a terenului de fundare și principalele soluții constructive ale fundațiilor, în special prefabricate și cu rol antiseismic.

Capitolul 3 studiază efectele exploatărilor subterane asupra construcțiilor. Se tratează adâncimea de siguranță, caz în care nu se produc distrugereri la suprafață, zona influențată de acțiuni, soluții de măsurare, avertizare și înregistrare a vibrațiilor, măsurătorii efectuate efectiv. Se discută și seismologia exploziilor controlate din industria minieră, se prezintă diverse diagrame între parametri în discuție și indicații foarte importante după autori recunoscuți la întrebarea: „Cum se poate recunoaște eminența prăbușirii unei camere de mină și efectul ei asupra clădirilor aferente?”.

Capitolul 4 tratează problema avariilor din activitățile miniere și gradul de avariere. Se arată cauzele și etapele tasărilor, tema lichefierii solului, considerații generale de calcul, măsuri de stabilizare a construcțiilor și fundațiilor,

Capitolul 5 este rezervat studiului vibrațiilor și influenței acestora asupra oamenilor și clădirilor. Sunt detaliate valori măsurate la clădiri, controlul apelor subterane etc.

Capitolul 6 se referă la urmărirea proceselor de deformare la construcții, tehnici moderne de măsurare.

Capitolul 7 descrie documentarea și reglementarea daunelor începând cu constatările pe teren, apoi se aplică metoda Pohl de determinare a vitezei de vibrații admise și stabilirea cauzelor distrugerilor.

Capitolul 8 prezintă considerații tehnice privind distrugerile de clădiri, exemple de clădiri puternic avariate, soluții de consolidare și îndreptare.

Capitolul 9 tratează tema simulării virtuale având la bază Metoda Elementului Finit și aplicații cu programul FEM-ANSYS. Se simulează o clădire reală supusă la tasări inegale datorate exploatării miniere și se compară cu valorile măsurate in SITU.

Capitolul 10 se referă la aspecte economice, inclusiv costurile adiacente și de durată, cu exemple din practica inginerescă.

Capitolul 11 prezintă numeroase studii de caz (expertize) efectuate de autor legate de tema tratată anterior.

Capitolul 12 prezintă, în încheiere, contribuțiile personale și concluziile lucrării.

Numeroase rezultate ale tezei de doctorat au fost prezentate la manifestații internaționale de prestigiu și publicate în reviste de mare rezonanță internațională.

## 2. CAPACITATEA PORTANTĂ A TERENULUI DE FUNDARE

### 2.1. Generalități

Capacitatea portantă optimă a terenului de fundare este o premisă esențială pentru alcătuirea unei construcții. Indiferent dacă este vorba despre o clădire de locuit, de o construcție industrială sau un alt tip de construcție cum ar fi un pod, un tunel etc., nu se găsește niciodată terenul de fundare perfect și optim. Cauza este că straturile de pământ situate sus nu sunt continuu omogene, ci sunt amestecate cu straturi din materiale diverse. Acestea au un efect hotărâtor asupra structurii și implicit asupra capacității portante a terenului. Pentru o înțelegere mai bună și pentru a recunoaște, terenurile se împart în mai multe clase, în ceea ce privește capacitatea portantă.

La construcții mai mari este obligatoriu să se facă un studiu geotehnic [19]. Acest studiu asupra terenului trebuie să fie prezentat inteligibil și să fie cuprinzător. Cunoașterea situației geologice este o condiție esențială pentru proiectarea economică a construcțiilor.

În principal se face distincția între teren portant și teren neportant.

#### **Teren de fundare neportant**

- Teren organic:
  - Componente principale vegetale, animale;
  - Terenuri minerale cu amestec organic.
- Terenuri coezive: depind de granulație și de conținutul de apă.

#### **Teren de fundare portant**

- Stâncă
- Terenuri necoezive: piatră, pietriș, nisip;
- Terenuri coezive – prin intermediul îmbunătățirii terenului:
  - compactare;
  - epuizante pe verticală;
  - injectare de lianți;
  - introducerea unor coloane de pietriș prin vibrație și presare;
  - înlocuirea terenului.

#### ***Teren necoeziv***

Terenurile necoezive prezintă o fracțiune cu granulație mare, cum ar fi: blocuri, pietre, pietriș și nisip. Ca teren de fundare este în general bun, în măsura în care se află într-o stare de îndesare medie până la mare. Sub încărcare de durată se produc tasări mici. Procesul de tasare se încheie imediat după ce a fost aplicată încărcarea.

#### ***Teren coeziv***

Terenurile coezive prezintă granulație fină (particule de sediment) cum ar fi: nisip fin, praf sau argilă. Este potrivit ca teren de fundare în funcție de compoziția granulometrică, precum și de conținutul de apă. Un conținut mare de apă poate duce la tasări mari și de lungă durată.

#### ***Teren organic***

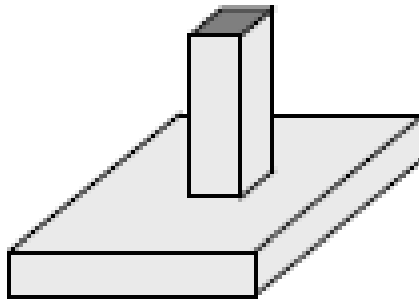
Terenurile organice sunt terenuri formate din resturi vegetale sau animale, în urma descompunerii respectiv a putrefacției, cum ar fi: turbă (resturi vegetale), nămol (resturi vegetale și animale) și humus (resturi vegetale și animale vii și secrețiile lor). Pentru utilizarea ca teren de fundare nu este adecvat, din acest motiv

se poate recurge doar la înlocuirea terenului sau să se folosească o fundare de adâncime pentru a depăși acest strat.

## 2.2. Tipuri de fundații

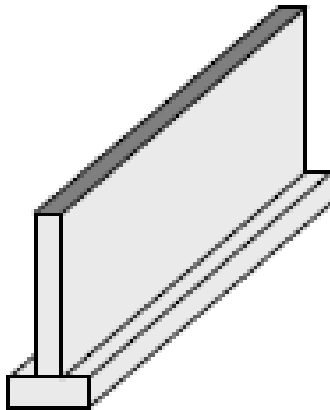
### 2.2.1. Fundații de suprafață

- a) Fundații izolate: se utilizează la transmiterea încărcărilor în puncte cum ar fi stâlpi, cadre ș.a.



**Fig. 2.1. Fundație izolată**

- b) Fundație continuă: se utilizează în cazul încărcărilor liniare cum ar fi pereți sau încărcări punctiforme la distanțe mici precum și la încadrarea construcțiilor pentru protecția la îngheț. Adâncimea minimă de încastrare în teren este de 50cm de la muchia superioară a plăcii de bază.



**Fig. 2.2. Fundație liniară**

- c) Fundație tip placă: se folosește în cazul terenurilor cu capacitate portantă redusă, a unor elemente portante dispuse la distanțe mici și cu încărcări mici, precum și la fundații sub nivelul apei freactice. Pe baza comportării sale statice ca un planșeu, prezintă o rezistență la încovoiere foarte mică și prin aceasta sunt foarte sensibile la deformații.

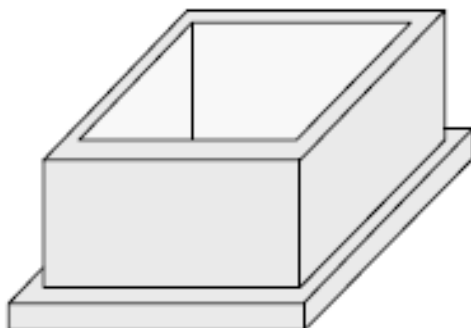


Fig. 2.3. Fundație tip placă

### 2.2.2. Fundații de adâncime

- a) Fundații cu piloți portanți pe vârf: se utilizează la traversarea straturilor care au grosimi mici. Transmiterea încărcărilor se face prin presiune pe vârf în stratul portant.

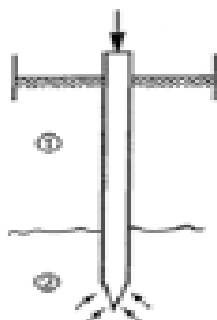


Fig. 2.4. Fundație pe piloți portanți pe vârf

- b) Fundații cu piloți portanți pe manta: se utilizează când terenul portant apare la adâncimi mai mari și care nu poate fi atins în mod normal. Transmiterea încărcărilor se face în principal prin frecare pe manta între pilot, respectiv element de fundare și terenul, care are capacitate portantă mică.

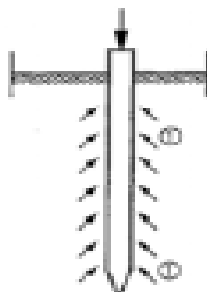


Fig. 2.5. Fundație pe piloți portanți pe manta



### 2.2.3. Fundamente prefabricate [43]

Soluțiile moderne de fundații asigură o comportare foarte bună la acțiunea vibrațiilor.

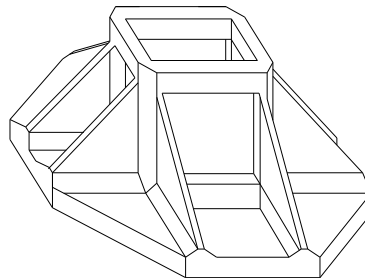


Fig. 2.6. Fundament prefabricat

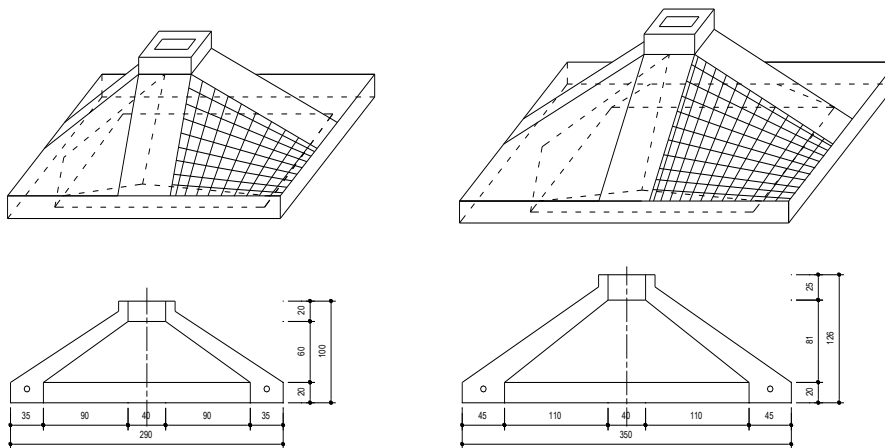
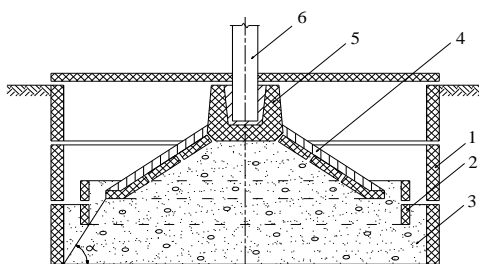
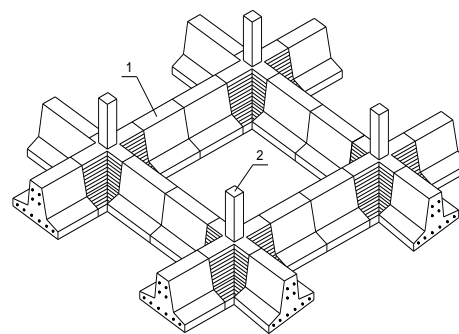


Fig. 2.7. Fundamente cu inelul pretensionat în forma de paraboloid hiperbolic [41]



Secțiune verticală a fundației antiseismice :  
 1 - inele exterioare; 2 - inele interioare;  
 3 - balast; 4 - placa conică; 5 - pahar prefabricat; 6 - stalp

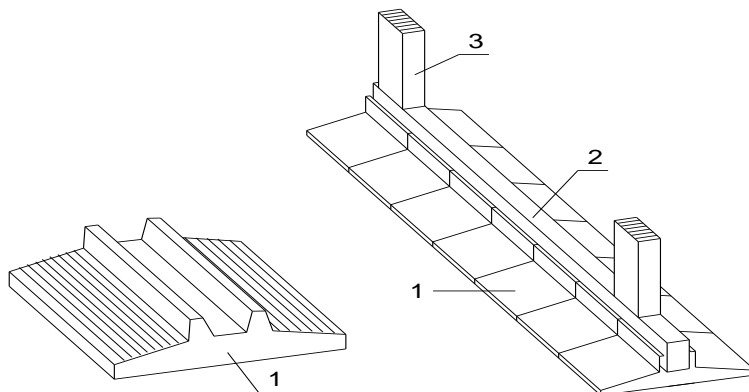
Fig. 2.8. Fundație antiseismică [43]



Fundații pretensionate prefabricate pentru rețele de grinzi :  
 1 - talpa din elemente pretensionate; 2 - stalp

Fig. 2.9. Fundații pretensionate prefabricate





*Fundatie prefabricata pentru siruri de stalpi :*  
*1 - talpa; 2 - grinda de fundare; 3 - stalp*

**Fig. 2.10. Fundamente prefabricate pentru stâlpi**

Pentru clădiri obișnuite cu 10...12 etaje, cu structura de rezistență în cadre, așezate pe terenuri normale ( $p = 2...3 \text{ daN/cm}^2$ ), se poate utiliza varianta din figura 2.9 [43]. În acest caz talpa fundației este realizată din elemente prefabricate prevăzute cu pahar liniar ce permite montarea grinzii prefabricate sau turnarea acesteia din beton monolit, în cazul în care fundația este mixtă (talpă prefabricată și grindă monolită).

## 3. EFECTELE EXPLOATĂRILOR SUBTERANE ASUPRA CONSTRUCȚIILOR

### 3.1. Generalități

În urma exploatărilor miniere se modifică starea de tensiuni și deformații din masivul afectat de exploatările subterane. Ca urmare, au loc deplasări, care pot produce distrugerii ale clădirilor aferente, gradul de distrugere fiind funcție de următorii factori:

- dimensiunea golului ca rezultat al exploatării miniere;
- adâncimea golului;
- tehnica folosită și vechimea exploatării;
- viteza de exploatare în abataj.

Prognozele privind deplasările și deformarea suprafeței terenului se pot trata cu ajutorul teoriei mecanicii mediului continuu. Exploatarea minieră de adâncime nu are nici o influență asupra terenului de la suprafață dacă se respectă adâncimea de siguranță  $H_s$  măsurată de la suprafața terenului: [49]

$$H_s = K_s * m \quad (3.1)$$

unde:  $K_s$  – coeficient de siguranță;  
 $m$  – grosimea de exploatare a stratului.

Pentru zăcăminte de cărbune, coeficientul de siguranță are valori, în teoria construcțiilor, foarte ridicate, între 101 și 501.

Dacă  $H$  este adâncimea de exploatare a minei, atunci în practică avem:

$$H_s > H \text{ terenul de la suprafață se surpă} \quad (3.2.a)$$

$$H_s = H \text{ efectul este nesemnificativ} \quad (3.2.b)$$

$$H_s < H \text{ terenul nu suferă deformări sau sunt mai mici de 20mm} \quad (3.2.c)$$



Fig. 3.1. Surpări de teren cu autoturisme , Essen [24]

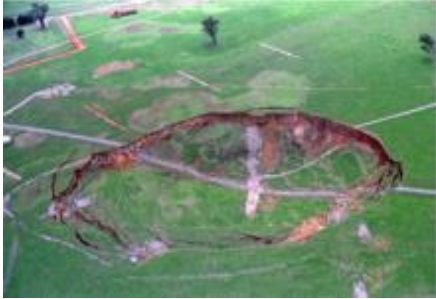


Fig. 3.2. Surparea minei Elura (Australia) [59]



Fig. 3.3. Surparea unei vechi galerii miniere, Herbolzheim [15]



Fig. 3.4. Surpări de sol, Witten [60]



Fig. 3.5. Surpări de teren, Witten [61]

### 3.2. Zona influențată de acțiuni

În zona învecinată minelor se pot resimți efectele negative ale exploatării subterane și se poate defini ca o zonă de influență de acțiuni ZIA (Einwirkungsbereich). Plecând de la axa verticală a minei, în zona ZIA pot să se producă tasări, surpări sau răsturnări de construcții.

În urma studiilor diverselor pagube produse în trecut, s-a dezvoltat metoda de calcul a mărimii zonei influențate de acțiuni-ZIA. Dimensiunea EB a acestei zone este influențată de adâncimea minei de la suprafață, și anume grosimea terenului de deasupra galeriei de mină  $M_F$ , mărimea galeriei  $A$ , diametrul puțului  $D_s$ , un spațiu de siguranță  $S = 1,5m$ , adâncimea profilului de rocă  $T_F$ .

Calcularea dimensiunilor zonei afectate de la suprafață (**EB**) trebuie să ia în calcul grosimea terenului de deasupra galeriei de mină ( $M_F$ ), lățimea, respectiv lungimea galeriei ( $M_F$ ), mărimea galeriei ( $A$ ) și adâncimea profilului de rocă ( $T_F$ ): [70]

$$EB = D_s + M_F + 2 * (A + S + M_F) \quad (3.3)$$

Stabilitatea și siguranța terenului de deasupra minei este asigurată dacă lățimea galeriei este egală sau mai mică decât înălțimea ei și dacă terenul de deasupra galeriei este de cel puțin patru ori mai mare decât înălțimea galeriei [45].

Pe data de 02.01.2000 s-a prăbușit o zonă de teren rezultând un crater de 500m.p. și o adâncime de 15m. [67]

În România s-au cercetat intensiv efectele exploatării miniere asupra terenului de la suprafață. [27]

În Oltenia, zăcămintul de lignit se află la adâncimi mici de cca. 50 până la 150m. Studii aprofundate au arătat că mărirea suprafeței afectate este de 6-8 ori mai mare decât suprafața exploatată. [2]

Deformațiile maxime ale terenului de la suprafață sunt direct influențate de grosimea stratului exploatat. S-au produs deformații maxime de 3m ale suprafeței terenului de deasupra minei pentru un strat exploatat cu grosimea de 4m sau tasări de cca. 2,4m pentru un strat de 3m.

După cca. 3,5 ani, deformațiile terenului ajung la valoarea finală. În cazul straturilor de cărbune groase de 40-50m din Valea Jiului, deplasările maxime au atins 16,4m. [50]

Din studiile efectuate la minele de sare Ocnele Mari, ca urmare a prezenței golurilor de dizolvare, s-a stabilit pentru valoarea suprafeței scufundate  $S(x)$ , următoarea formulă: [3]

$$S(x) = f(A, l_g, h_g, h_s) \quad (3.4)$$

unde  $A$  = aria de influență;

$l_g$  = lățimea cavernei  $l_g$ ;

$h_g$  = înălțimea cavernei;

$h_s$  = adâncimea în raport cu suprafața.

Tasările inegale la structuri de rezistență ale construcțiilor pot produce distrugerii importante, în special dacă sunt mai mari de 12mm/m adică o deformație specifică de 1,2%.

În tabelul 3.1 sunt prezentate, pentru diverse țări cu tradiție minieră, deformațiile maxime admise: [52]

**Tabelul 3.1. Deformații admise ale structurii de rezistență**

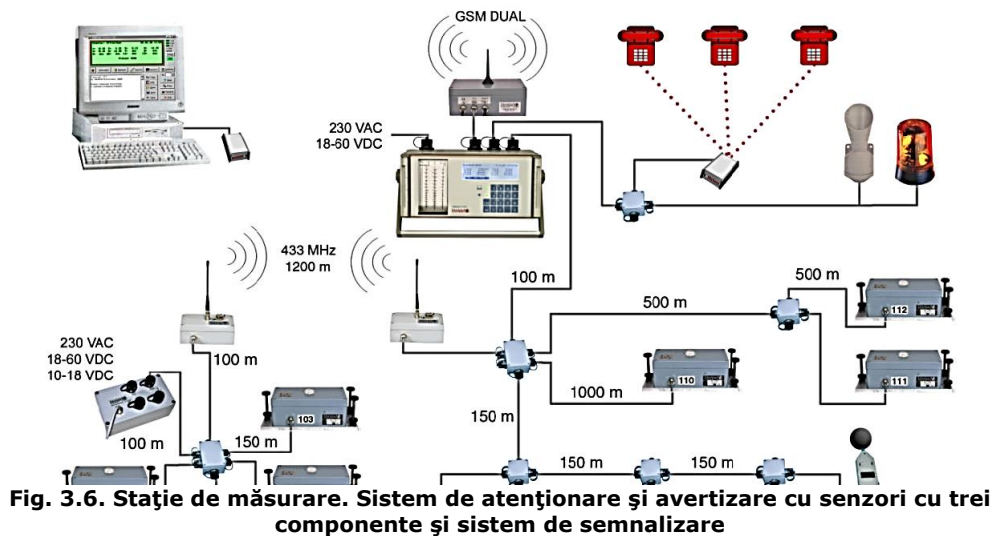
Jara (Zona)	Deformația la compresiune, <b>mm/m</b>	Deformația la tracțiune <b>mm/m</b>	Înclinarea <b>mm/m</b>	Raza de curbură <b>km</b>	Observații
<b>China</b>		2	3	5	
<b>Franța</b>	1-2	0.5			Conducte de petrol
<b>Germania</b>	0.6	0.6	1-2		Fundații de beton armat
	0.5	0.5			
<b>Japonia</b>	1	1			Cadre Rezervoare de stocare a deșeurilor
	5	5			
<b>Polonia</b>	1.5	1.5	2.5	20	
<b>Doneț (CSI)</b>	2	2	4	20	
<b>Karaganda (CSI)</b>	4	4	6	3	
<b>Anglia</b>	1				

Norma germană DIN 4150 [55] cu cele trei părți oferă o baza metodologică de a înregistra și aprecia zguduirile tehnologice, respectiv cutremurele datorate exploatării miniere, inclusiv explozii subterane. Atunci când se analizează pagubele provocate de consecințele mineritului, se studiază, în primul rând, cerințele tehnice existente, în special DIN 4150, șocuri în construcții partea 1 – T1, stabilirea

parametrilor de vibrație, partea a 2 – T2 acțiuni asupra oamenilor și clădirilor, partea a 3 – T3, viteze de vibrații.

Norma DIN 4149 completează, pe baze probabilistice, activitățile seismice. O completare specială la DIN 4149 pentru exploatarea miniere o reprezintă Regulamentul din Turingia (Thüringen). În estul Germaniei se afla odinioară cea mai mare exploatare de uraniu din Europa, WISMUT AG cu 40.000 de angajați, iar înarmările nucleare ale fostei URSS foloseau uraniul din fosta RDG, de la WISMUT AG.

Pentru a putea fi interpretate numeric, datele trebuie transferate pe computer. [55]



**Fig. 3.6. Stație de măsurare. Sistem de atenționare și avertizare cu senzori cu trei componente și sistem de semnalizare**

Cu ajutorul sistemului de senzori, conform DIN 45669-1, se măsoară cele trei componente spațiale ale vitezei vibrațiilor. Suplimentar se folosesc senzori optici și acustici dacă valorile limită sunt depășite.

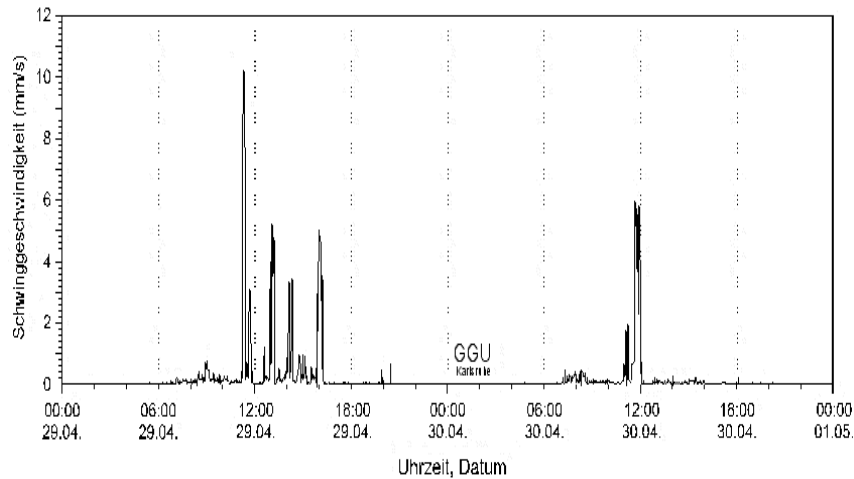
Valoarea admisibilă a vibrațiilor se diferențiază în funcție de influența asupra oamenilor, după cum urmează:

- Interval de frecvență între 1Hz până 80Hz și în parte până la 315Hz;
- Frecvențe minore ă la 5,6Hz;
- O apreciere medie pentru fiecare interval de 0,125s.
- Determinarea valorii maxime într-un interval de 30s.
- Aprecierea după data șocului – zi, noapte, perioada de odihnă.

În figura 3.7 se prezintă înregistrări pentru vibrații de scurtă durată. Hotărâtoare sunt însă valorile maxime ale vitezelor la nivelul fundațiilor și planșeului superior. Valorile măsurate se compară cu cele admisibile din DIN 4150 partea a 3.

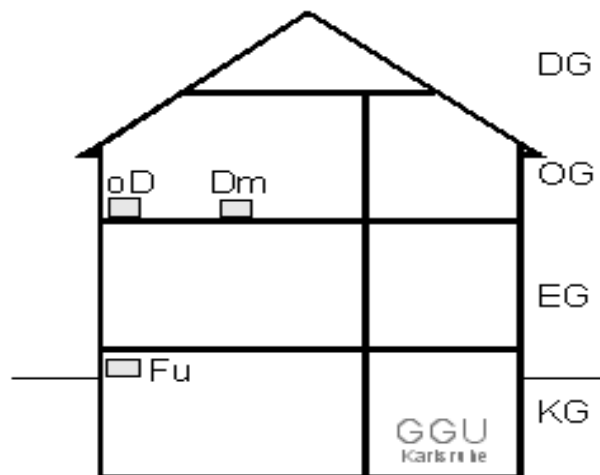
Pentru clădiri de locuit sunt, de ex., valori admisibile ale vitezei de vibrație de 5mm/s la frecvențe între 1 și 10Hz și de 15mm/s la o frecvență de 50Hz.

Pentru analiza vibrațiilor unui planșeu se dau valorile limită măsurate în centrul planșeului de 20mm/s. La vibrații de durată se indică valori limită pentru planșeul superior de 5mm/s pentru deplasarea maximă orizontală și de 10mm/s pentru componenta verticală.



**Fig. 3.7. Înregistrare continuă, măsurători pe durata a două zile cu valori maxime a intervalului de 30s [55]**

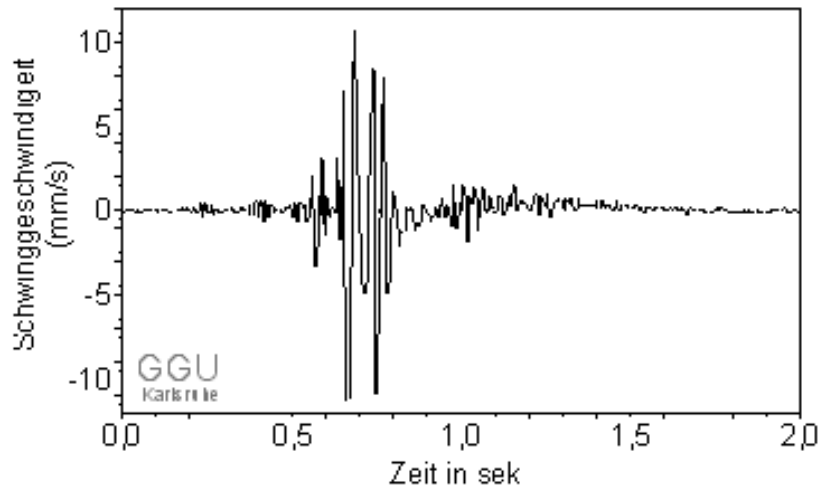
Impactul asupra oamenilor se va măsura acolo unde s-a produs cea mai puternică vibrație în spațiul de măsurat. În cazul componentei verticale, acest loc va fi de regulă mijlocul tavanului. Timpul de măsurare va depinde de vibrație (oră, durată, frecvență, regularitate). Dacă este necesar, trebuie amenajată o locație pentru o măsurare prelungită (Fig. 3.6).



**Fig. 3.8. Senzori dispuși la fundație Fu și la nivelul planșeului superior [55]**

Semnalul de șocuri se interpretează după un sistem diferențiat conform DIN 4150 partea 2. Se compară componenta maximă a vitezei cu o valoare admisibilă dată în norme.

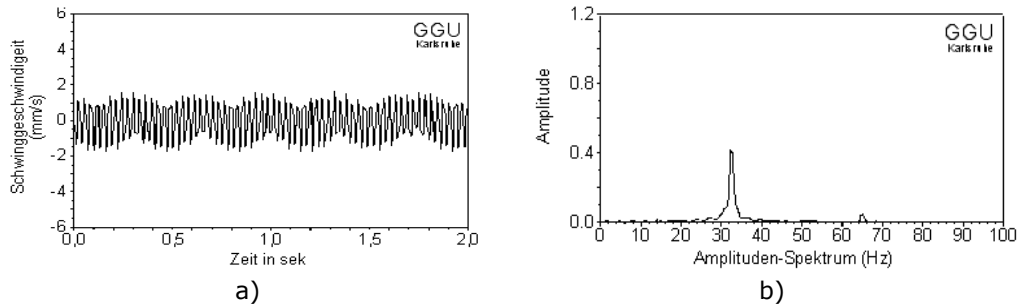
Norma DIN 4150 partea 3 deosebește între acțiuni scurte și de durată unde pot apărea și efecte de rezonanță, deosebit de periculoasă pentru structura de rezistență.



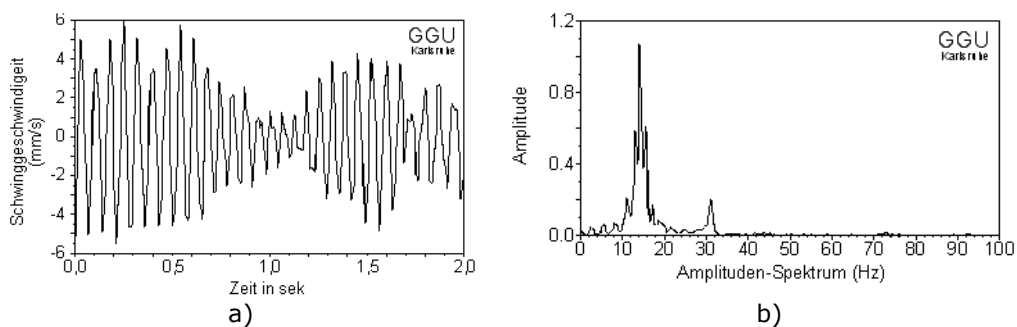
**Fig. 3.9. Vibrații ca urmare a șocului produs de prăbușirea unui perete de clădire; Viteza de vibrație în intervalul de timp  $t$  [55]**

Ca valoare de referință pentru vibrații verticale de durată ale planșeului se poate stabili o viteză 10mm/s iar la vibrații scurte ca jumătate din această valoare. [55]

Sursa de vibrații: Vibrarea unei palpanse (Spundbohle). Valori măsurate la mijlocul planșeului de la etajul 1. Distanța până la sursa de vibrații este cca. 20m.



**Fig. 3.10. Valori măsurate în cazul vibrațiilor de durată**



**Fig. 3.11. Exemplu de vibrații ale unui planșeu de beton sub acțiuni îndelungate. Rezonanța la 14Hz [55]**

### 3.3. Seismologia exploziilor controlate în industria minieră

Exploziile subterane din mine, în special exploziile de rocă și loviturile de mină se aseamănă cel mai bine cu fenomenul natural al cutremurelor.

În urma exploziei încărcăturii dintr-o cavitare sferică, gazele rezultate acționează cu o presiune  $p$  care produce zone de ruperi, fisurări și forfecări și generează astfel unde seismice longitudinale și transversale.

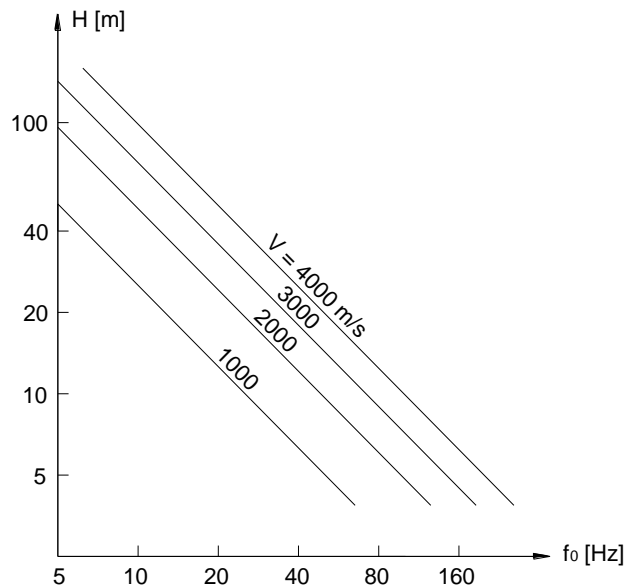
Presiunea  $p$  scade în intensitate odată cu creșterea distanței față de sursa explozivă, iar eforturile mecanice se micșorează și devin mai mici decât rezistența de rupere a terenului.

Viteza undei de detonație, în cazul lucrărilor miniere, atinge viteze cuprinse între 4-6km/s. Amplitudinea  $A$  a oscilațiilor este proporțională cu cantitatea de exploziv  $Q$ . [27]

În vederea atenuării undei de șoc aeriene și a celei sonore se folosește tehnica burajului, adică cavități cilindrice verticale, în scopul dirijării unei mari părți a energiei de după explozie spre fundul găurii.

Procesul oscilațiilor provocate de explozie are, din cauza undelor reflectate și refractate, o durată mult mai mare decât durata directă de acțiune a sursei. Se va arată interdependența între mărimea vibrațiilor, cantitatea de exploziv  $s$ , distanța față de locul exploziei și proprietățile diferite ale terenului de fundație.

Clădirile afectate pot avea fie deteriorări estetice sau arhitecturale nepericuloase, fie deteriorări periculoase ale structurii de rezistență. Fenomenul de rezonanță, chiar la frecvențe reduse, are un efect negativ și accentuează distrugerile.



Relatia dintre inaltimea  $H$   
a zidului si frecventa  $f_0$

Fig. 3.12. Interdependența între înălțimea unui perete și frecvența de vibrație  $f_0$  [27]



De exemplu, pentru un zid vertical din cărămidă rezemat elastic pe terenul de fundație și având o frecvență proprie  $f_0$ , deteriorarea ca urmare a unei vibrații produse cu frecvența  $f$ , se poate face prin solicitările ce apar (fig. 3.12). Ele sunt puternic influențate de neregularități locale precum concentratori de eforturi generate de goluri sau deschideri și de starea de tensiune inițială din zid datorată variațiilor de temperatură, tasări etc.

Relația dintre înălțimea  $H$  a zidului și frecvența  $f_0$  a vibrației la diverse viteze  $v$  ale undei de șoc. Fisurările apar îndeosebi la deschiderile necesare coșului de fum, deschideri de uși sau ferestre sau unde se întâlnesc materiale cu caracteristici fizice și mecanice diferite.

Aceste deteriorări sunt proporționale cu amplitudinea și frecvența, respectiv invers proporționale cu viteza de propagare a vibrației.

**Tabelul 3.2. Niveluri admisibile ale amplitudinii vibrațiilor în funcție de frecvența lor /3.11/**

Frecvența vibrației [Hz]	5	10	20	30	40	50
Nivelul admisibil al deplasării pentru evitarea fisurilor [mm]	2,67	1,35	0,66	0,46	0,33	0,28

În figura 3.13 se prezintă, după diferiți autori, delimitarea zonei nepericuloase în partea inferioară a diagramei și zona periculoasă, subîmpărțită în zone cu deteriorări minore, respectiv majore. Reprezentarea logaritmică delimitează diverse zone de deteriorări în funcție de frecvența  $f$  și deplasarea  $w$ .

Exploziile de mină produc asupra clădirilor frecvențe de vibrație cuprinse între 6 – 60Hz.

În cazul clădirilor joase, de gen case sau vile rezidențiale, se definesc nivelurile accelerației vibrațiilor în funcție de accelerația gravitațională  $g$ , ce produc diferite grade de deteriorare a construcțiilor:

$g / 500$  = valoare limită a accelerației admise;

$g / 100$  = limita accelerației pentru păstrarea rigidității construcției; la valori inferioare nu apar deteriorări importante [27]

$g / 20$  = limita accelerației; valori mai mari produc deteriorări grave;

$23g / 100$  = limita accelerației de rupere; valori mai mari conduc la distrugerii ale construcției.

După Zeller pentru frecvențe cuprinse între 10 și 100 Hz se calculează factorul Zeller,  $Z$ :

$$Z = a^2 / f \quad (3.5)$$

unde  $a$  = accelerația vibrației maxime;

$f$  = frecvența vibrațiilor.

La valori  $Z = 50$  apar vibrații măsurabile și fisuri mici, la  $Z = 5000$  vibrații foarte intense cu fisuri periculoase, iar la  $Z = 20.000$  vibrația este distructivă, respectiv la  $Z = 10.000.000$  vibrațiile sunt catastrofale.

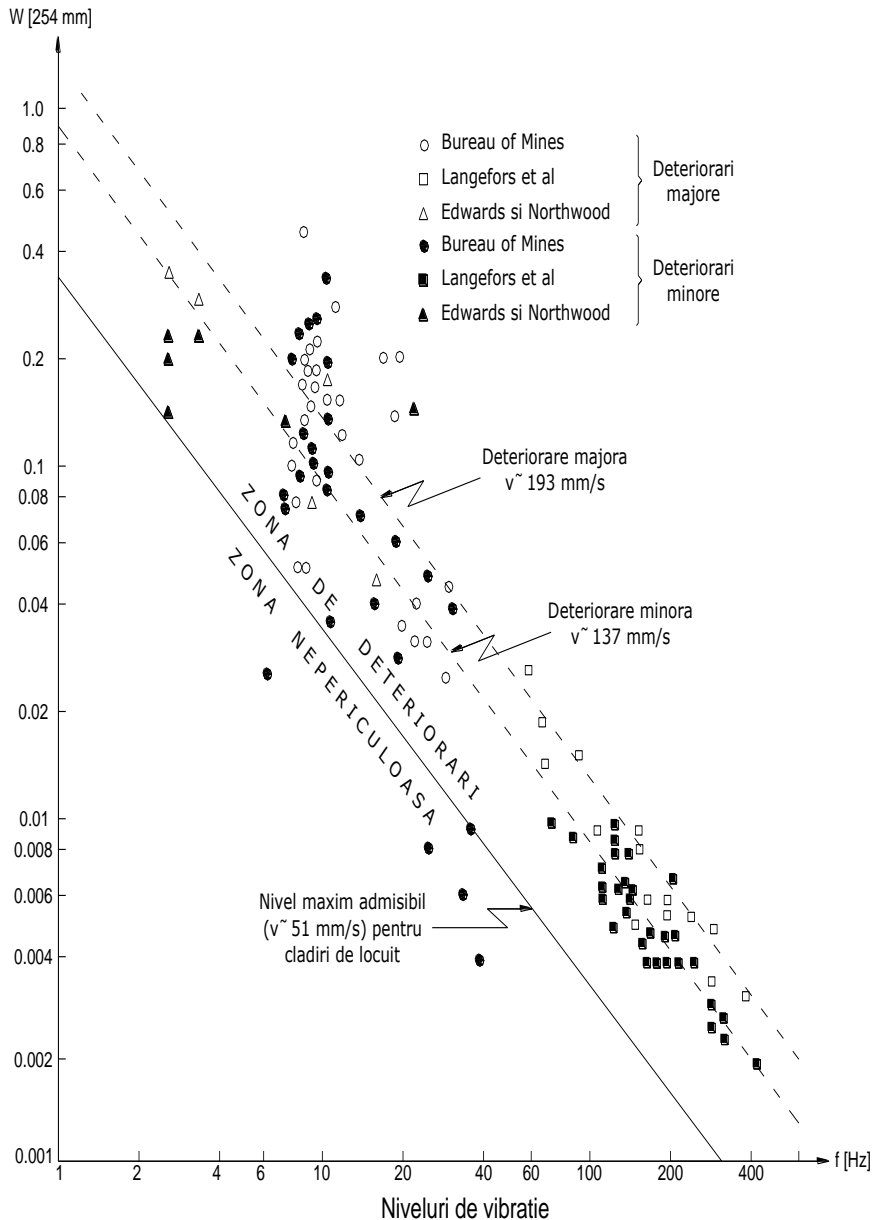
Pentru calculul deplasării radiale  $w$  produsă de vibrații ca urmare a exploziilor miniere se poate folosi relația:

$$w = k_a * \sqrt{\frac{Q}{r}} \quad (3.6)$$

în care  $w$  – deplasarea radială în mm;

$Q$  – încărcătura explozivului în kg;

$r$  – distanța față de locul exploziei;  
 $k_a$  – coeficient ce depinde de natura rocilor la locul exploziei și la locul în care se află clădirea. Coeficientul  $k_a$  variază între 0,57-1,15 la combinația roci stâncoase / roci stâncoase și 2,30-3,40 la combinația argile / argile. [29] Autorul rus Medvedev [44] consideră viteza oscilației  $v$  mm/s drept hotărâtoare pentru descrierea efectelor vibrațiilor asupra construcțiilor.



**Fig. 3.13. Delimitarea zonelor periculoase și nepericuloase în funcție de dependența de frecvența de vibrație [50]**

**Tabelul 3.3. Viteze admisibile ale mișcării terenului (după Kuznețov) [34]**

Categorია construcțiilor după starea lor	Clădiri și construcții. Starea lor înainte de explozii	Viteza admisibilă a particulei pe clase [mm/s]		
		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>A</b>	Cu destinație industrială sau civilă având carcase metalice sau din beton armat; cu umpluturi din zidărie de cărămidă-piatră și cu consolidare antiseismică	50	70	100
<b>B</b>	Cu carcase din beton armat sau metal și umplutură de cărămidă; fără consolidare antiseismică; clădiri noi din cărămidă cu pereți portanți și consolidare antiseismică	20	50	70
<b>C</b>	Idem, având fisuri în umplutură; din cărămidă, piatră, blocuri mari; fără consolidare antiseismică	15	30	50
<b>D</b>	Cu carcase cu fisuri în umplutură și carcasă; din cărămidă, blocuri mari; cu fisuri în pereții de bază și cei despărțitori	10	20	30
<b>E</b>	Cu carcase, cu fisuri în carcasă și deteriorări ale legăturilor diferitelor elemente; din cărămidă sau blocuri mari, cu deteriorări mari ale pereților (fisuri înclinate, fisuri în colțuri) etc.	5	10	20
<b>F</b>	Cu carcase din beton armat, cu corodări ale armăturilor carcasei și cu alte deteriorări; fisuri mari în umplutură etc. Clădiri cu fisuri numeroase în pereți, deteriorări ale legăturilor dintre pereții exteriori și interiori etc.; din panouri mari, fără întărituri antiseismice	3	5	10

Clasa I – construcții cu destinație industrială și de importanță mare: conducte magistrale, ateliere mari, tuburi de extracție, castele de apă etc. a căror durată depășește 20-30ani; clădiri administrative cu efective mari de oameni, clădiri de locuit cu 3-5 etaje, cinematografe, case de cultură etc.

Clasa II – Idem, dar cu dimensiuni nu prea mari în suprafață și având până la trei etaje: ateliere mecanice, stații de compresoare, combinate de bunuri de larg consum și altele, cu o durată de până la 20-30ani; clădiri administrative cu aglomerații nu prea mari de oameni; case de locuit, magazine, birouri ș.a.

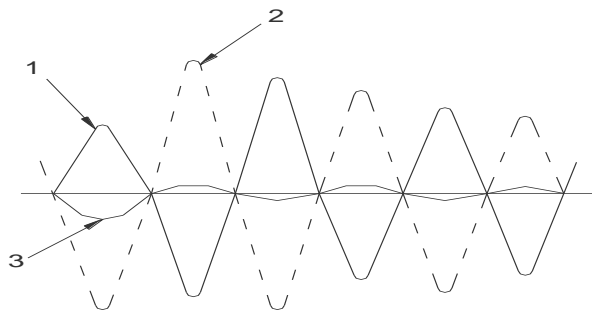
Clasa III – clădiri și construcții cu destinație industrială și administrative a căror deteriorare nu amenință locuitorii și nici instalațiile importante; exemple: magazine, puncte echipate pentru transport etc.

Nivelurile admisibile ale deplasării particulelor terenului în funcție de tipul clădirii supuse acțiunii vibrațiilor seismice sunt date în tabelul 3.4.[29]

**Tabelul 3.4. Amplitudinea admisibilă a deplasărilor**

Tipul clădirii	Amplitudinea limită admisibilă a deplasării [mm]
Construcții vechi de mare valoare și fragilitate; case în stare șubredă; monumente de artă vechi etc.	0.05
Case, bunuri etc. dispuse în ansambluri	0.2
Clădiri izolate	0.4
Construcții (civile sau industriale) proiectate după normative	0.76

Dacă  $v < 15\text{mm/s}$  nepericulos, la  $v = 60\text{--}120\text{mm/s}$  au loc fisuri în tencuială, între  $120\text{mm/s}\text{--}240\text{mm/s}$  apar deteriorări considerabile la construcții, iar la  $v > 480\text{mm/s}$  sunt înregistrate distrugerii mari și construcțiile se prăbușesc. În vederea reducerii deteriorărilor se optimizează procesul de explozie în mina, de exemplu prin explozii succesive cu microîntârziere astfel ca însumarea oscilațiilor să aibă loc în anti fază (fig. 3.14).



Insumare în antifază a două oscilații  
1,2 - oscilații; 3 - suma oscilațiilor 1 și 2

**Fig. 3.14. Vibrații în contratimp [27]**

În urma studiilor de similitudine între exploziile miniere și cutremurele naturale se pot concluziona următoarele:

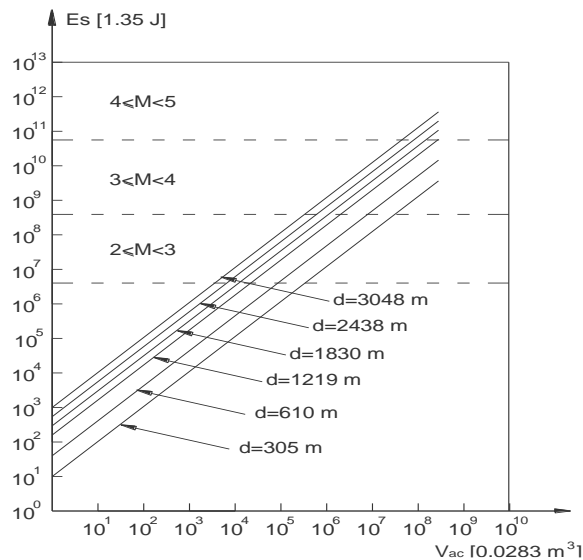
La o explozie având energia  $W = 4,3 \cdot 10^6 \text{Joule/kg}$  se produce un cutremur de magnitudinea  $M = 0$ , în timp ce pentru un cutremur cu magnitudinea  $M = 7,4$  este necesar de  $10^8 \text{ t}$  exploziv. [27]

În urma lucrărilor miniere au loc modificări a stării de eforturi din stratul de cărbune și, ca urmare, se pot produce mari concentrări de eforturi care depășesc limita de rupere producând fie așa numitele explozii de roca (rock bursts) sau lovituri de mină (bumps). Cât de periculoase sunt aceste fenomene arată accidentele din minele de aur din Kolar-India unde în interval de 3 ani peste 50% din totalul accidentelor mortale s-au datorat exploziilor de rocă.

Rocile eruptive sunt mai predispușe la explozii de rocă decât rocile sedimentare.

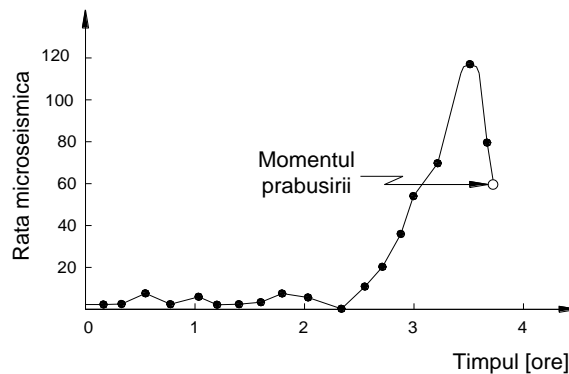
Lovitura de mină reprezintă un șoc puternic datorat dislocării unei cantități mari de minereu dintr-o deschidere subterană, fenomen asemănător cu cutremurele de pământ tectonice și se produc, în special, din cauza dislocării sau mișcării în interiorul masei de cărbune, de obicei de-a lungul unei falii.

În figura 3.15, în coordonate bilogaritmice se arată volumul de rocă ruptă  $V_{ac}$  în funcție de energie vibrație  $E_s$  pentru diverse adâncimi de mină  $d$ . Se poate observa faptul că exploziile subterane în mină pot provoca cutremure cu magnitudinea  $M = 3-4$ , adică se aseamănă cu cutremurul înregistrat în Saarland la data de 23 februarie 2012 cu  $M = 4$ .



**Fig. 3.15. Energia seismică  $E_s$  în relație cu adâncimea  $d$  și volum carieră  $V_{ac}$  [26]**

Experiențe în SITU au arătat că, în cazul minelor de cărbuni, microseismele cresc pe măsură ce dimensiunile camerei de exploatare din subteran cresc. În cazul prăbușirii tavanului s-a constatat că șocul de vibrații principal s-a produs deja cu 10-15 minute înainte de prăbușirea efectivă după studiile lui Brandy B.T., publicate în revista „Nature” 252, pag. 5484, 1974.



Variația ratei microseismice (cu timpul)  
cauzată de largirea treptată a unei camere  
de exploatare într-o mină de carbune

**Fig. 3.16. Variația ratei microseismice în funcție de timp cauzată de prăbușirea unei galerii de mină**

Aceasta experiență arată că impulsurile microseismice sunt generate de cărbune sub eforturi și că intensitatea microseismică crește încât ruperea devine iminentă. Mărimea ratei microseismice reprezintă un criteriu calitativ de rupere. Rata microseismică în roca stabilă este foarte mică, dar în cazul ruperii devine de 10 până la 100 de ori mai mare.

Din studii făcute la o mină din Michigan [48] s-a stabilit un criteriu de rupere; dacă rata microseismică a crescut de două ori sau mai mult într-un interval de 24 de ore, explozia de rocă devine iminentă.

O altă metodă de pronosticare a cutremurelor generate de lucrări miniere se bazează pe creșterea vitezei de propagare a undelor seismice datorita creșterii concomitente a modului de elasticitate, dacă tensiunile mecanice din rocă se măresc. În prezent se folosește pentru determinarea vitezei de propagare a unei vibrații, metoda cu ultrasunete având frecvențe ridicate între 500 – 2000Hz.

În zonele miniere, magnitudinea seismelor induse este proporțională cu volumul de spații goale și de tehnica minieră folosită.

Studiile efectuate în Polonia arată că primele mișcări seismice apar doar la volume de spații subterane la mine noi și mai mari de 5ha, mișcări seismice medii la goluri de cca. 20ha și mișcări seismice puternice de la 60 – 100Ha. [39]

În România s-au desfășurat numeroase studii atât la cariere de piatră cât și privind amplasarea unor obiective industriale importante. La cariera Măgulicea-Crăciunesti de lângă Deva s-au efectuat explozii instantanee cu o cantitate de explozibil de până la 38t în vederea studierii efectelor asupra construcțiilor din comuna Baita. [27]

La cariera de șisturi bituminoase de la Anina s-a studiat efectul unor explozii cu masa de până la 50t explozibil echivalent TNT asupra clădirilor de locuit și asupra fundației viitoarei termocentrale pe șisturi bituminoase Anina. În urma acestor studii s-au propus procedee noi de exploatare în cariera. Un avantaj major îl constituie la Anina faptul că straturile de șisturi bituminoase din fața amplasamentului termocentralei atenuează considerabil undele seismice produse de carieră. [1]

Studiile efectuate pentru amplasamente de centrale electrice nucleare dau următoarele viteze maxime admise  $V_{max}$  [mm/s] în funcție de structura de rezistență. [51]

Excavație pregătită pentru turnarea betonului  $V_{max} = 250\text{mm/s}$

Beton întărit	= 100
Beton între 7 și 28 zile	= 50
Echipamente energetic	< 50

## 4. AVARII CAUZATE DE ACTIVITĂȚILE MINIERE – GRADUL DE AVARIERE

### 4.1. Distrugerii de sol

În zona unei foste exploatări miniere au loc tasări în forma unei pâlnii care pot produce pagube ireparabile. Tasarea se produce în trei faze: tasarea inițială la câteva luni de la lucrările miniere, apoi tasarea principală în jur de 2 ani la care se ajunge 70% din tasarea completă și tasări ulterioare care pot dura până la 3 ani și reprezintă restul de 30 % din tasarea generală.

Distrugerile, ca urmări ale tasării, au mai multe faze, între altele atingerea tasării maxime, urmate de pagube maxime, atingerea perioadei optime de reparații, respectiv determinarea pagubelor nereversibile.

Ca urmare a zguduirilor miniere se produc unde seismice ce pot duce la prăbușirea unor galerii sau spații goale cât și la eliberarea unor tensiuni mecanice din masivele adiacente.

Cu cât rezistența opusă înaintării unei seismice este mai mare, cu atât este și absorbția, respectiv reducerea energiei undelor, mai mare.

În vederea analizei avariilor cauzate de minerit trebuie să se facă, în primul rând, diferențierea de bază, dacă exploatarea minieră se face aproape de suprafață, adică 100m-150m sau la adâncime mult mai mare – exploatare de adâncime. Aceasta deoarece consecințele exploatărilor de suprafață sunt diferite, respectiv prezintă alte forme de distrugerii. Pe baza distanței diferite a stratului de minereu care urmează să fie extras față de suprafață, efectele se supun altor legi și prin urmare nu pot fi preluate în mod similar.

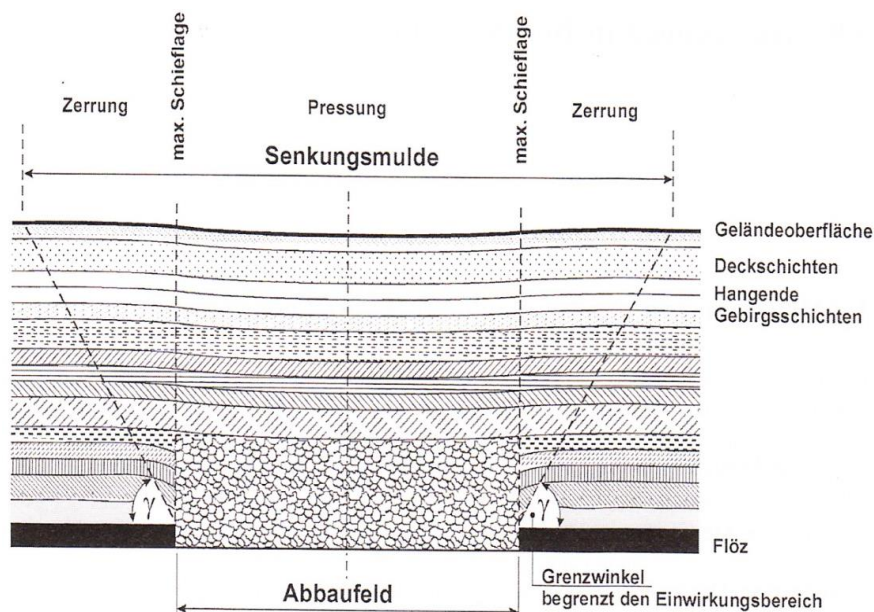


Fig. 4.1. Formă depresionară, reprezentare generală

În principiu, în zona de peste abataj apar tasări care iau o formă spațială depresionară. Atâta timp cât în straturile apropiate suprafeței nu există deranjamente geologice respectiv falii, se poate amplifica sau reduce formarea zonei depresionare sau chiar să se împiedice formarea acesteia. Forma depresionară este descrisă mai amănunțit prin unghiul limită  $\gamma$ , care limitează zona de influență (Fig. 4.6) și prin unghiul de rupere  $\beta$ , care dă informații despre valoarea maximă a strângerii.

Cu cât este mai mare diferența dintre cota terenului la mijlocul zonei depresionare și suprafața terenului natural, din afara zonei depresionare, cu atât mai vizibile devin avariile, respectiv gradul de avariere a construcțiilor/ clădirilor și fenomenul devine mai clar în straturile geologice de acoperire superioare ale solului. Drept urmare, se pot produce avarii cu consecințe reparabile sau ireparabile.

#### 4.1.1. Pământuri necoezive

După cum s-a arătat, conform legii lui Coulomb, rezistența la forfecare a pământurilor necoezive se poate exprima prin relațiile /4.1/:

$$\tau_f = \sigma * \operatorname{tg} \Phi \text{ sau } \tau_f = (\sigma - u) * \operatorname{tg} \Phi' \quad (4.1)$$

Factorul care condiționează cel mai mult mărimea rezistenței la forfecare a pământurilor necoezive este starea de îndesare. La nisipuri îndesate se poate considera în mod orientativ că unghiul de frecare interioară are valori de 35-45°, iar la cele afânate de 28-34°. Pentru nisipuri la care conținutul de nisip fin sau praf este sub 5%, s-a stabilit experimental următoarea relație de legătură între unghiul de frecare interioară  $\phi$  și gradul de îndesare ID:

$$\Phi = 30^\circ + 15 * I_D \quad (4.2)$$

Tasarea este un fenomen de durată și se produce în trei faze:

1. Pretasarea: începe cu primele luni în care s-a inaugurat exploatarea minieră. Această primă fază trece continuu în faza a doua.
2. Tasarea principală: în această fază care durează, în general până la 2 ani, în unele cazuri izolate și ceva mai mult, se produc 70% din totalul tasării.
3. Tasări ulterioare pot dura de la 0,5 până la 3 ani până se atinge tasarea finală. În această fază scade intensitatea tasării.

Importanța practică pentru constructor se poate defini astfel:

- Începutul exploatării miniere;
- Apariția distrugerilor;
- Terminarea exploatării miniere;
- Atingerea tasării maxime;
- Atingerea pagubelor maxime;
- Timpul optim de a repara pagubele produse;
- Determinarea pagubelor permanente.

Ca urmare a vibrațiilor cauzate de activități miniere pot apărea unde seismice, care se propagă în straturile superioare ale terenului. Cauzele acestor vibrații determinate de activitățile miniere pot fi de la galerii sau spații goale care se prăbușesc până la tasuni din straturile de rocă masivă, care se eliberează brusc.

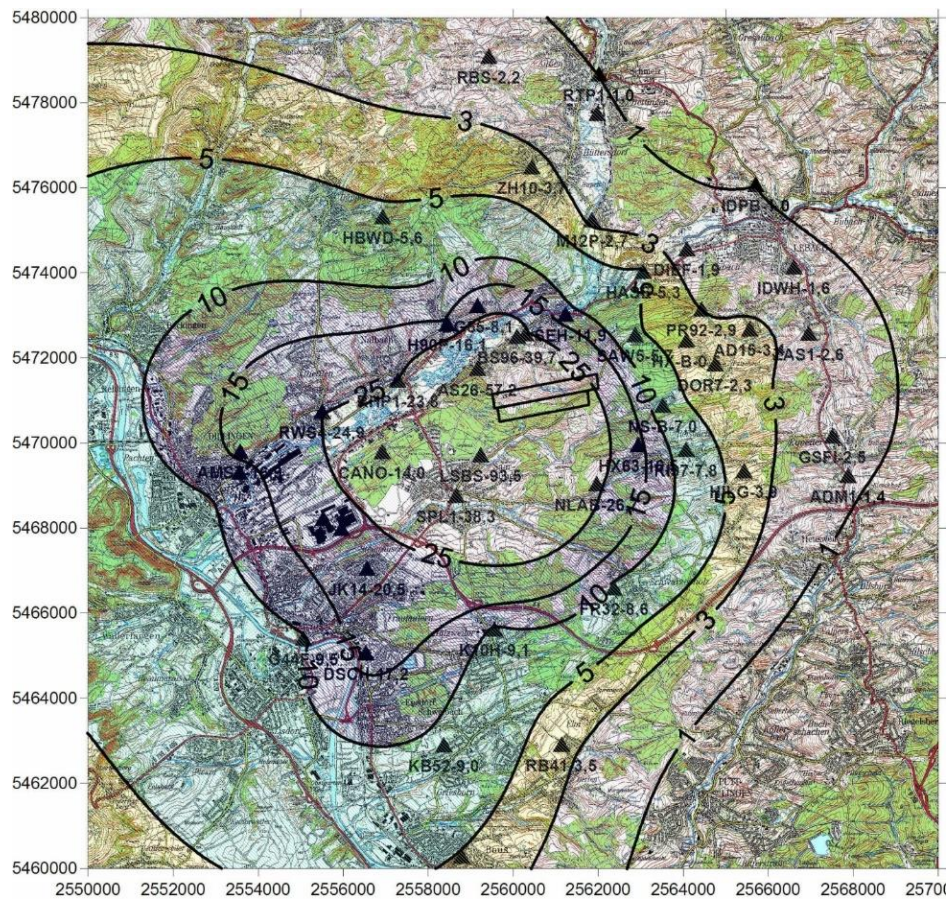
Aceste unde seismice nu se propagă după un contur unitar, fix, ci prezintă mai degrabă o structură neregulată. Motivul pentru aceasta este, între altele, forma trocului de tasare de peste zona de exploatare și mai departe compoziția



respectiv alcătuirea straturilor de pământ. Acesta înseamnă mărimea diferită a straturilor de teren, precum și diferențele în structura solului, la care trebuie adăugate și discontinuitățile geologice, care au efecte asupra modului de propagare a undelor seismice. Astfel propagarea undelor seismice se face mai repede sau mai încet, iar ca urmare a masei lor se produce un fenomen de ricoșeu. Cu cât mai mare este rezistența care se opune undelor seismice, cu atât mai mare este energia degajată.

În mod contrar, când se aruncă un obiect într-un vas cu apă, se formează în jurul punctului de impact, unde concentrice. Acestea se propagă atât timp până când energia de impact se disipează. Datorită omogenității apei, se formează o figură geometrică.

Pe hartă isoseismică (fig 4.2) se poate urmări propagarea undelor seismice și disiparea energiei acumulate în ele, pentru cel mai grav eveniment de trepidații produs până în prezent în Saarland, Germania, ca urmare a activității miniere, care s-a produs la 23.02.2008 și a corespuns unei intensități seismice de grad 4,0 pe scara Richter.



**Fig. 4.2. Harta isoseismică cu stațiile seismografice de măsurare, 23.2.2008 , RAG [8], [38]**

#### 4.1.2. Cauzele producerii de tasări

Datorită situației care există în straturile de teren apropiate de suprafață, precum și din cauza straturilor care se află la mare adâncime, pot să apară tasări și fenomene cauzate de acestea.

În principal se disting două grupe de cauze. În primul rând ar fi: tasări cauzate de fenomene naturale și care se explică prin acestea.

De cealaltă parte stau consecințele și fenomenele care le însoțesc, ale activității oamenilor asupra mediului înconjurător, respectiv asupra vecinătății imediate.

- a) Cauze naturale (frecvență rară): din cauza acestor acțiuni se pot produce distrugerii de teren ca urmare a unor tasări puternice.
  - Falii ale terenului / Discontinuități în volumul solului / Afânarea structurii solului



Fig. 4.3. Falie în teren

#### 4.2. Lichefierea pământului în timpul vibrațiilor

Șocurile și oscilațiile produse ca urmare a efectelor exploatărilor miniere cât și a unor evenimente ulterioare produc efecte foarte asemănătoare cu cele din timpul unor evenimente seismice. Efecte de lichefiere a pământurilor, în special în depozite de nisip saturat pot produce distrugerii importante la multe clădiri de locuit.

În România, în timpul cutremurului cu intensitatea de 7,7 pe scara Richter din martie 1977 s-au produs numeroase distrugerii din cauza lichefierii solului, între altele și în cartierul Giurgiu din București.

Nisipurile saturate se comprimă ca urmare a solicitărilor dinamice, iar eforturile interioare sunt preluate de apa din pori, ceea ce conduce la o scădere importantă a rezistenței și rigidității pământului. Consecința este o deformare importantă a masivului de pământ.



**Fig. 4.4. Prăbușire clădiri, Niigata / Japan [71]**

Unul din exemplele cele mai spectaculoase legate de lichefierea pământului este răsturnarea unui bloc de locuit în timpul cutremurului cu intensitatea Richter de 7,5 din 1964 în localitatea Niigata, Japonia. [71]

În practica inginerescă este **important** să se răspundă la următoarele întrebări: [35], [36]

- Evenimentul minier poate produce lichefierea solului?
- Sunt afectate construcțiile aferente?
- Care sunt soluțiile constructive optime pentru preîntâmpinarea distrugerilor?

Pământurile necoezive de gen nisip, pietriș etc. se comportă diferit de pământurile coezive de gen argilă sau prafuri plastice din care cauză se folosește noțiunea de lichefiere la primele tipuri și de înmuiere ciclică la cea de-a doua categorie. [35] Încercările in SITU, având în vedere un preț constant, pentru prima categorie sunt livrate valori mai puțin exacte decât la cele din a doua categorie. [4], [36]

Noțiunea de stare critică în mecanica solului este legată de existența efortului de forfecare care produce deformații continue și cu viteză constantă dar fără ca volumul să se modifice. Rezistența de forfecare a nisipurilor din sol în direcție orizontală este cca. 50% din cea la o încărcare verticală în condiții similare. Lichefierea pământurilor nisipoase este foarte complex și dificil de simulat în laborator, în special din cauza infiltrării apei din pori în direcție verticală, în sus, cât și a complicațiilor datorate conlucrării cu straturile învecinate având alte proprietăți fizice.

O sensibilitate mare de lichefiere o au pământurile necoezive în combinație cu o pânza freatică ridicată.

Asupra unui masiv de pământ acționează greutatea  $G$  și forța seismică  $F_E$  care conduce la apariția unor forțe de forfecare  $R_F$  în masiv.



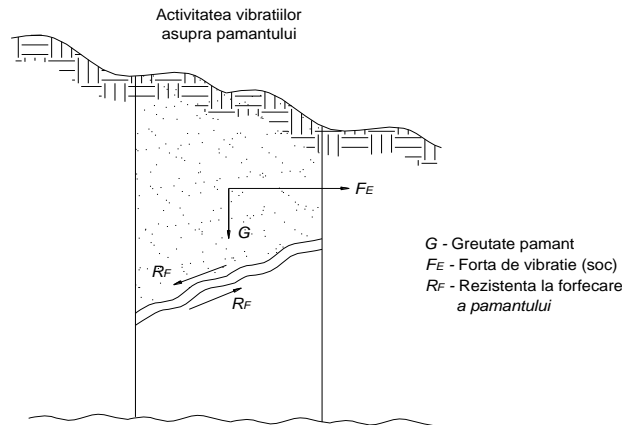


Fig. 4.5. Activitatea vibrațiilor asupra pământului

În vederea aprecierii pericolului de lichefiere a solului se compară eforturile produse de vibrațiile având cauze miniere cu rezistența ciclică a pământului.

În urma lichefierii se pune problema de stabilitate a taluzurilor, deplasările laterale ale terenurilor în pantă, respectiv tasarea în urma reconsolidării pământului lichefiat.

Pe lângă algoritmi de calcul analitic foarte complicați, bazați pe mulți parametri, și calcule neliniare cu ajutorul Metodei Elementelor Finite există o serie de metode empirice care și-au arătat parțial utilitatea în practica inginerască. Drept parametri majori se consideră magnitudinea vibrației cât și distanța sursă – clădire precum și condițiile geotehnice și topografice. [35]

Cercetătorul american Youd [35] compară valorile deplasărilor măsurate și cele prognozate prin calcul (Fig. 4.6), diferențele sunt foarte mari, variind între - 50% (linia 1:2) și + 200% (linia 2:1).

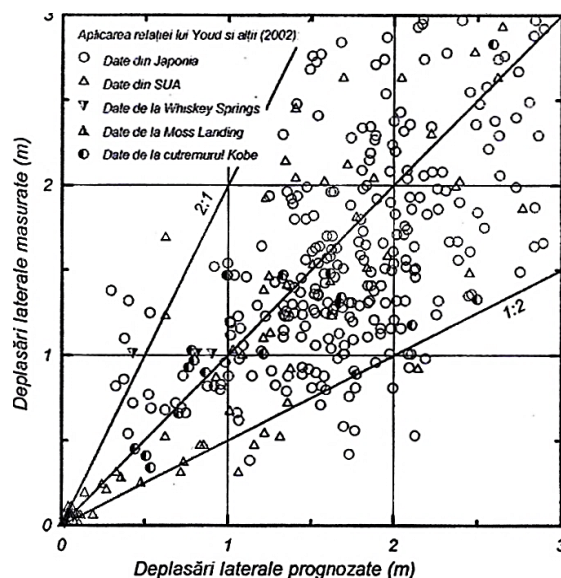


Fig. 4.6. Comparatie între valori prognozate și cele măsurate efectiv [35]

Ce măsuri tehnologice pot reduce pericolul de lichefiere?

- îmbunătățirea terenului;
- măsuri constructive corespunzătoare pentru structura de rezistență și fundații.

Terenul poate fi îmbunătățit prin următoarele metode:

- Vibrare prin penetrarea de adâncime și vibroînlocuire cu pământ tratat, piatră spartă, pietriș sau beton.
- Compactare dinamică de adâncime prin căderea unor greutatea de la înălțime. Efectul este optimal doar până la cca. 10m adâncime de la suprafața solului.
- Pământul amestecat în adâncime cu ciment.
- Sisteme de drenare verticale și individuale în formă de rețea deasă. În cazul pământurilor coezive de genul argilei, degradările sunt mult mai puține. Exemple de crăpături în direcție verticală ca urmare a tasării neuniforme induse de lichefierea solului se pot observa în figura 4.7.



Fig. 4.7. Clădire rezidențială, Despărțire verticală [33]

### 4.3. Deteriorări ale solului. Tasări

Acest subcapitol își dorește să realizeze o prezentare generală asupra deteriorărilor pe care solurile le pot suferi. Se menționează următoarele:

- Formarea de cavități / Contrakția la terenuri coezive;



Fig. 4.8. Formarea de cavități în masivul de pământ

- Coborârea nivelului apelor subterane (secetă de lungă durată);

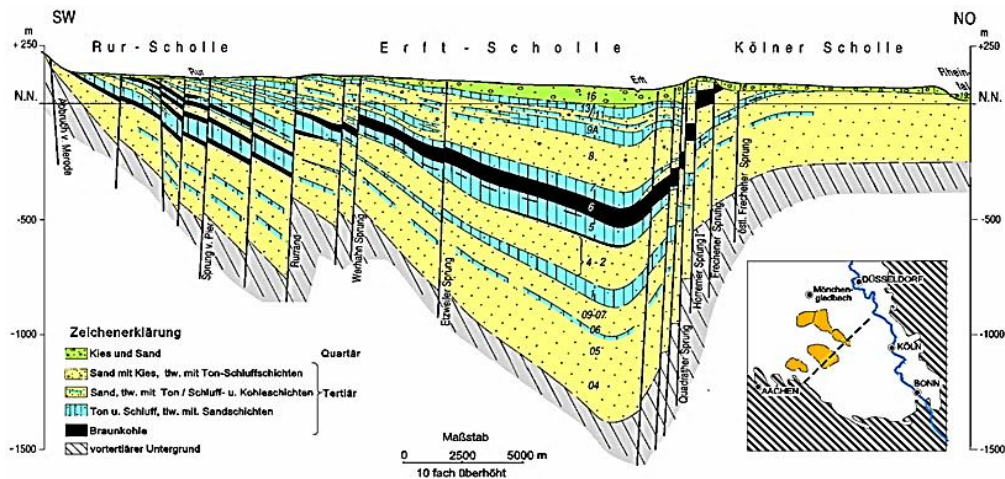


Fig. 4.9. Coborârea nivelului apelor subterane

- Activități antropice: Minerit / Extracție / Construirea de tuneluri;

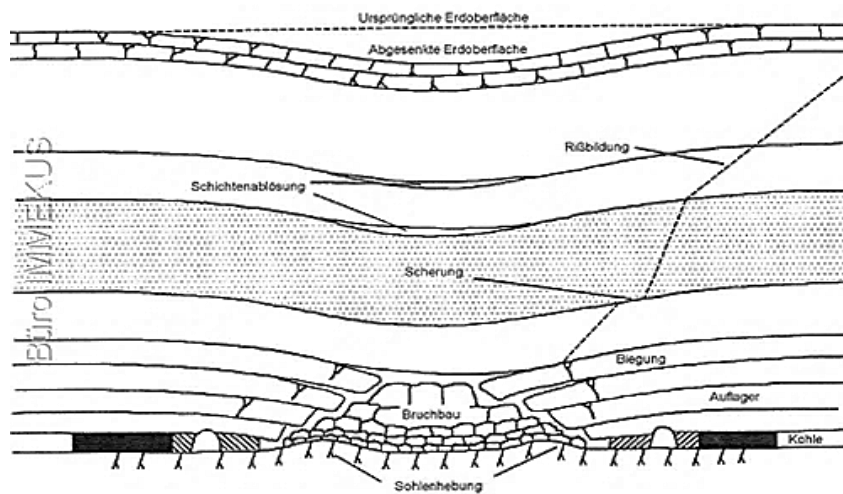


Fig. 4.10. Formă depresionară, modificări ale solului cauzate de minerit

Ca urmare a lucrărilor miniere se pot produce tasări, modificarea poziției orizontale a construcției, respectiv a solului, curbări, presiuni locale ridicate.

- Tasarea:** Prin noțiunea de tasări se înțelege faptul că sub acțiunea unor factori externi cum ar fi încărcări (greutate) sau vibrații, se ajunge la o nouă aliniere a structurilor în teren. Cu acest prilej spațiile goale existente, mai mici sau mai mari, vor fi umplute cu material fin, ceea ce duce la o micșorare a volumului.

În urma acestui proces terenul se tasează (se adâncește) în această zonă. Se face diferențierea între tasări uniforme și neuniforme.

- b) **Înclinarea:** o înclinare nu înseamnă obligatoriu că un corp face o mișcare de răsturnare în jurul unui plan/ax virtual, ci procesul de mișcare pe un plan curbat, care poate fi concav sau convex. În acest caz tendința și amploarea înclinării depinde de poziția construcției și de distanța până la centru, punctul cel mai de jos al formei depresionare. În zona centrului depresiunii înclinarea tinde spre zero.
- c) **Curbarea:** prin noțiunea de curbare se înțelege, în principal, devierea unei suprafețe de teren curbe față de o dreaptă virtuală. În matematică aceasta ar fi prima derivată a funcției, care descrie suprafața de teren curbă. Se face deosebirea între curbura negativă, care duce la formarea unui anticlinal (formă de șa), sau curbura pozitivă, care duce la formarea unei depresiuni (gropi).
- d) **Presiune/Strângere:** de o strângere se vorbește când, în terenul de fundare, de sub o construcție se ajunge la o modificare sub formă de șa. Aceasta duce apoi, în elementele de construcție, la o lungire, care determină apariția de fisuri. În caz contrar, al presiunii, se produce o scurtare în zona terenului de fundare de sub construcție. Aceasta are drept urmare apariția unor forțe de compresiune, care printre altele pot să producă fisuri.
- Afânarea – ruperea structurii terenului:  
Prin noțiunea de structură a solului se înțelege alcătuirea corelată din materiale de diferite mărimi, respectiv în anumite circumstanțe și diverse materiale, care sunt legate între ele pe suprafața de contact și formează o unitate. De exemplu un panou de perete care este format din multe blocuri de zidărie, legate între ele cu mortar (straturi de mortar) sau roca metamorfă marmură.  
Procesul de tasare se poate despărți în trei faze (ca timp de producere):
1. *Tasare preliminară.* Faza tasării preliminare cuprinde perioada primelor luni, în care în zona abatajului încep lucrările de extragere a cărbunelui. Această fază are o trecere cursivă către faza tasărilor principale.
  2. *Tasarea principală.* În faza tasărilor principale, care se poate extinde pe o perioadă de 2 ani sau în cazuri izolate chiar mai mult, se produc aproximativ 70% din tasări, având ca referință tasarea totală.
  3. *Tasarea ulterioară.* În faza tasării ulterioare, care se întinde pe o perioadă de ½ an până la 3 ani, se produce restul de aproximativ 30% din tasarea maximă care se anticipează. Aceste tasări nu mai au intensitatea care s-a manifestat în faza tasărilor principale.
- Evoluția în timp, referitor la avariile produse de activități miniere, se poate defalca în 7 etape, de la apariția avariilor până la remedierea/despăgubirea acestora:
1. Începutul extragerii minereului;
  2. Începutul producerii avariilor;
  3. Încheierea lucrărilor de extragere;
  4. Atingerea tasării maxime;
  5. Atingerea gradului de avariere maxim;
  6. Perioada de timp potrivită pentru înlăturarea pagubelor remediabile;
  7. Stabilirea eventualelor pagube de durată.

#### 4.3.1. Modificări în construcții și fundații

- Sol cu caracteristici diferite

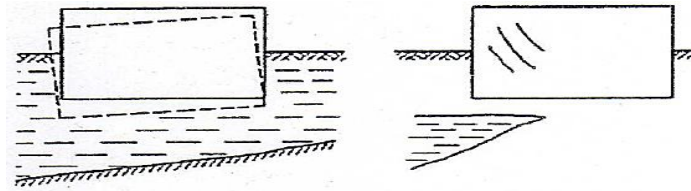


Fig. 4.11. Sol neomogen

#### Tasări ale clădirilor învecinate

Construcțiile executate cu radier general produc zone active extinse care produc tasări semnificative. Dacă se execută alte clădiri în vecinătate, prin suprapunerea zonelor active a fundațiilor vechi și noi se produc tasări suplimentare atât pentru clădirea existentă cât și pentru cea nou construită. Pentru a reduce acest risc se pot decala pe verticală zonele active, de exemplu prin utilizarea construcțiilor pe piloți pentru construcțiile ulterioare.

În funcție de terenul de fundare se întâlnesc doua situații:

- La pământuri necoezive permeabile tasarea se încheie odată cu definitivarea construcției;
- La pământurile coezive tasarea continuă o perioadă mai lungă din cauza disipării apei din porii pământului. Aici au loc deformații elastice și deformații elasto-plastice primare și secundare. [32]

Mărimea tasării elastice produse imediat după încărcare a fost dată de K. Terzaghi [62] și reprezintă cca. 50 – 60% din deformația totală:

$$W_e = \frac{p * B * (1 - \mu^2) * N_p}{E} \quad (4.4)$$

- Construcții învecinate

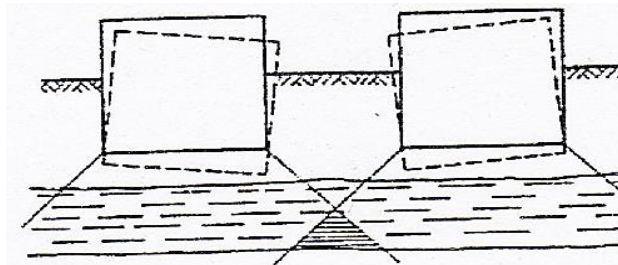
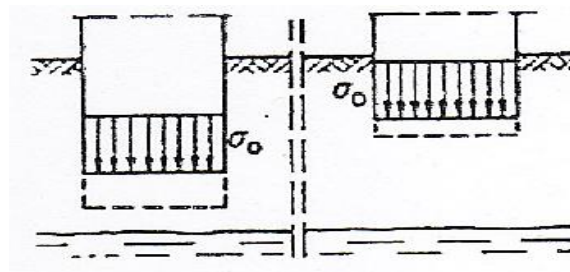


Fig. 4.12. Intersectarea presiunilor pe fundații

- Fundații de adâncimi diferite, fundații învecinate de dimensiuni diferite





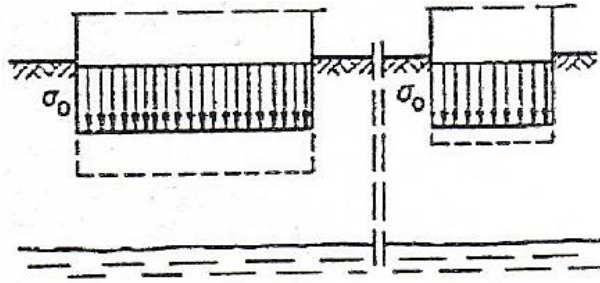


Fig. 4.13. Adâncimi și dimensiuni

- Tipuri diferite de fundații

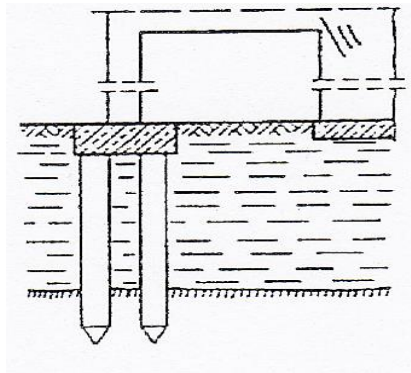


Fig. 4.14. Exempu de fundații

- Încărcări excentrice de fundații

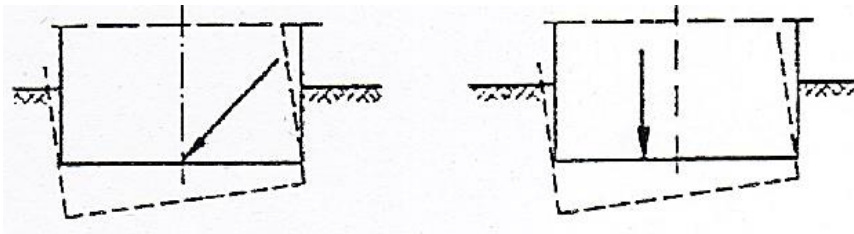


Fig. 4.15. Încărcări asimetrice de fundații

- Deformarea în reprezentare simplificată a terenului sub o grindă deformată

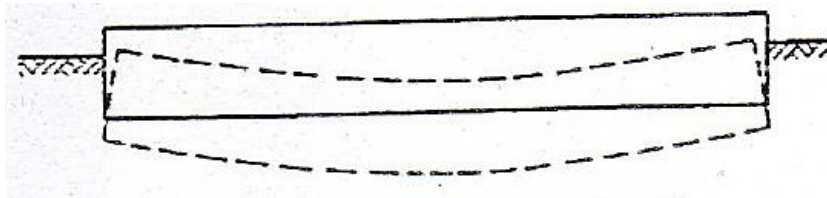


Fig. 4.16. Deformarea unei grinzi și a terenului aferent

#### 4.4. Considerații generale de calcul

În cazul construcțiilor cu tasări de reazeme în structurile static nedeterminate apar eforturi suplimentare.

În cazul rezolvării prin metoda forțelor, valorile necunoscutele suplimentare datorate tasării se determină din condiția de compatibilitate a deformatelor.

Pentru a vedea cum se comportă o structură, se ia exemplul unei grinzi continue cu două deschideri încărcată la mijlocul deschiderii cu câte o forță  $F$  și  $F$  și rigiditatea la încovoiere  $EI$  constantă. Efectuând un calcul elastic rezultă diagrama de momente cu valoarea maximă în reazemul de mijloc cu valoarea  $3Fl/16$ .

Existența unor eforturi inițiale produse de cedări de reazeme sau defecte de execuție nu au nici o influență asupra mecanismului de rupere ci influențează doar ordinea de apariției a articulațiilor. [53]

Rotiri sau tasări de reazemuri exprimate prin metoda deplasărilor determină direct mărimea momentelor încovoietoare care apar în barele afectate:



Fig. 4.17. Bară dublu încastrată cu rotire de reazem

$$M_{ji} = -\frac{2EI}{l} \theta_i \quad M_{ij} = -\frac{4EI}{l} \theta_i \quad (4.5)$$

Semnul minus s-a introdus deoarece momentele  $M_{ij}$  și  $M_{ji}$  sunt momente pe nod.

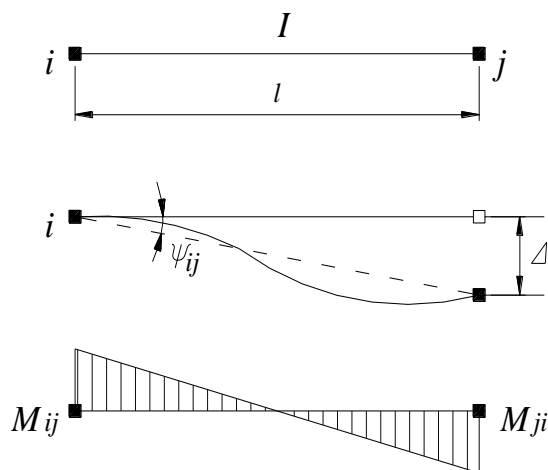


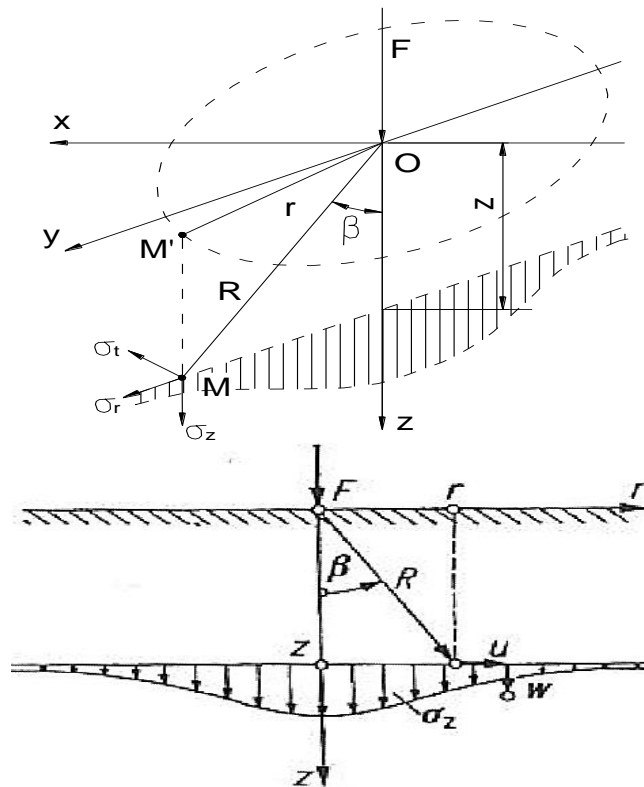
Fig. 4.18. Bara dublu încastrată cu deplasare de nod

*Modelul de calcul Winkler, Boussinesq și Flamand*

Grinzile pe mediu elastic se calculează simplificat după teoria lui Winkler [62] care consideră că pământul se deformează elastic doar în zona de contact grinda-pământ. Deformațiile terenului urmăresc deformația grinzii iar reacțiunea acestuia  $p$  este proporțională cu deplasarea / tasarea  $w$ :

$$P = k_s * w \quad (4.6)$$

Deși teoria este inexactă, ea este foarte răspândită și dă rezultate bune în practica inginerescă. Hotărâtoare, însă, este determinarea coeficientului de pat  $k_s$ , care poate avea valori între 14.000 până la 100.000 KN/m<sup>3</sup> în cazul pământului afânat, respectiv la pământul plastic vârtos. Teoria mai exactă a lui Boussinesq / Flamand [30] consideră că deformarea terenului de fundare are loc și în afara suprafeței de contact grindă-teren. Se prezintă, în continuare, câteva considerații teoretice.



**Fig. 4.19. Forță concentrată în semispațiu [9]**

Deplasările orizontale  $u$  și verticale  $w$  precum și eforturile unitare normale după direcția  $z$  ( $\sigma_z$ ) și radiale ( $\sigma_r$ ) a unui punct  $P$  situat la adâncimea  $z$  și distanța orizontală  $r$  se determină astfel:

$$u = \frac{F}{2\pi G} * \left[ \frac{rz}{R^3} - (1 - 2\nu) * \frac{r}{R(z + R)} \right]; \quad (4.7)$$

$$w = \frac{F}{2\pi G} * \left[ 2 * (1 - 2\nu) * \frac{1}{R} + \frac{z^2}{R^3} \right]; \quad (4.8)$$

$$\sigma_z = -\frac{3Fz^3}{2\pi R^5}; \sigma_r = \frac{F}{2\pi} * \left[ (1 - 2\nu) * \frac{1}{R(z+R)} - 3\frac{zr^2}{R^5} \right]; \quad (4.9)$$

$$\sigma_t = -\frac{F}{2\pi} * (1 - 2\nu) * \left[ \frac{z}{R^3} - \frac{1}{R(z+R)} \right]; r = -\frac{3F}{2\pi} * \frac{rz^2}{R^4} \quad (4.10)$$

Pentru  $\sigma_r$  rezultă conform  $\sigma_r = 0$  valori nule din ecuația  $\sin^2\beta \cos\beta (1 + \cos\beta) = (1 - 2\nu) / 3$ . În cazul  $\nu = 0,3$  rezultă  $\beta_1 = 15,4^\circ$  unde  $\beta_2 = 83^\circ$ .

Între  $2\beta_1 = 30,8^\circ$  unde  $2\beta_2 = 166^\circ$  cu conul circular definit  $\sigma_t$  devine negativ, tensiuni de compresiune, în afara intervalului tensiunea este de întindere.

Din  $\sigma_t = 0$  rezultă  $\cos^2\beta + \cos\beta = 1$ , adică  $\beta = 52^\circ$  și  $\sigma_t$  devine pozitiv-întindere pentru  $\beta > 52^\circ$  devine negativ-compresiune.

Coeficientul lui Poisson poate lua valori între 0,1 în cazul argilei nesaturate, 0,35 la nisip și 0,5 la argile saturate.

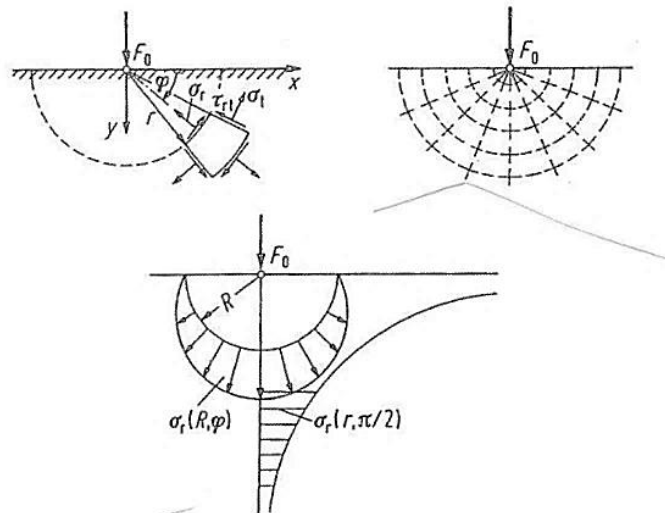


Fig. 4.20. Diagramă, Tensiuni semiplan sub acțiunea forței concentrate [9]

#### 4.5. Măsuri de stabilizare

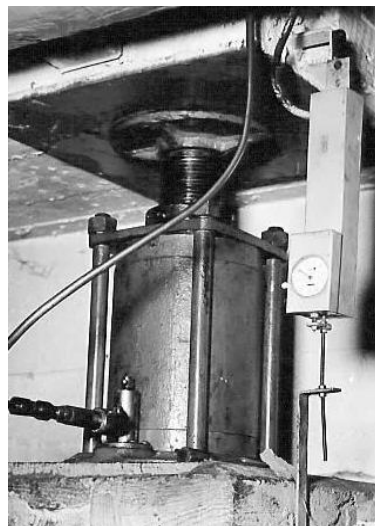
Stabilizarea construcției și a unor eventuale distrugerii are drept scop conservarea capacității portante a clădirii.

Se deosebesc măsuri provizorii, cum ar fi susțineri de sprijin sau soluții de durată, de exemplu cu sprijiniri hidraulice de echilibrare.



**Fig. 4.21. Rezemare provizorie [8]**

În același timp se poate îmbunătăți terenul de fundație prin injectarea de ciment, calc etc., îndesarea terenului sau umplerea spațiilor subterane goale.



**Fig. 4.22. Presa hidraulică RAG [8]**

Cedarea structurii de rezistență poate să dureze mai mult sau puțin în funcție de materialul de construcție utilizat și intensitatea acțiunilor exterioare.

Măsurile de conservare și consolidare sunt funcție de deplasările structurii, deplasări verticale sau orizontale, iar măsurile de consolidare se efectuează pe structura existentă sau în exteriorul ei.

În cazul unor tasări puternice ale solului se folosesc în interior prese hidraulice, perne de compresiune, corpuri elastice sau sisteme de fixare a încărcărilor, iar, în cazul unor curbări de sol, rigidizări în structura de rezistență.

În exterior consolidarea se face prin ridicarea construcției și injectări sub presiune ale terenului.

Măsurile preventive se referă la aprobările necesare în zonele de exploatare minieră în care Inspectoratul de Stat în Construcții impune măsuri suplimentare de

consolidare la concepția unei clădiri noi, de exemplu plăci de beton la bază sau centuri superioare de beton la nivelul zidărilor, costurile suplimentare fiind subvenționate de întreprinderea minieră.

O problemă importantă este nepoluarea apelor freatice ca urmare a exploatării miniere. În acest scop se micșorează nivelul apelor freatice cu ajutorul unor pompe încât apa de mină să nu ajungă în contact cu apa freatică.

Galeriile nefolosite se completează cu material de construcții la care, prin puțuri verticale, se introduce controlat apa pentru a forma un material rezistent.

Verificarea unor eventuale deplasări sau tasări la construcții importante de gen centrale electrice, poduri, biserici, baraje se face cu un sistem de monitorizare și avertizare timpurie pe baza de senzori.

Un sistem foarte simplu și verificat în practică se referă la sisteme de măsurare pe baza de vase comunicante combinat cu senzori de presiune și control pe calculator. [8] Vizualizarea se face cu ajutorul programului Vibrosoft.

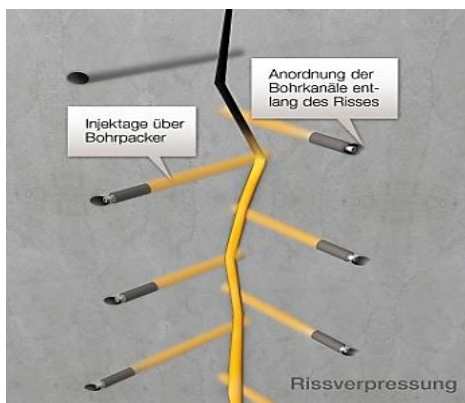


Fig. 4.23. Schema îndesării fisurilor în sol [8]

Calculul tasării fundației este reglementat în DIN 4019, consolidarea fundației în DIN 4019, iar calculul distribuției presiunilor pe sol în DIN 4018.

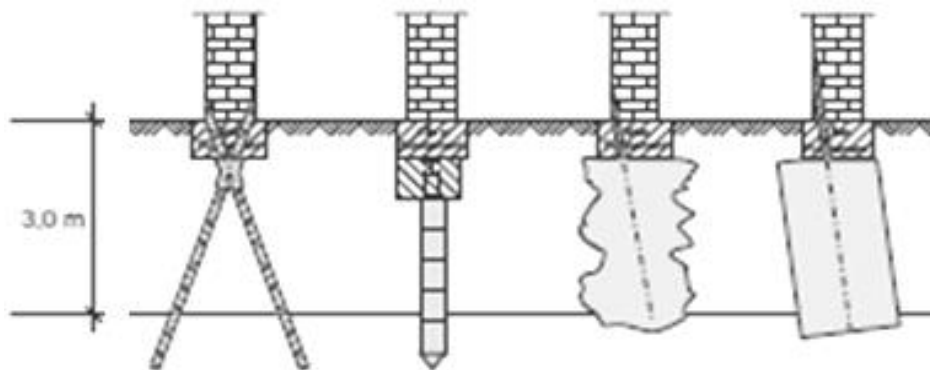


Fig. 4.24. Diverse moduri de consolidare a fundațiilor [43]

Metodele adecvate ingineresti sunt pe larg descrise în literatura de specialitate. [43]

Fiecare construcție trebuie tratată drept un unicat întrucât condițiile adiacente sunt foarte diferite. Dacă distrugerile structurii de rezistență sunt majore, atunci din motive economice, este mai bine să fie înlocuită cu o construcție nouă.

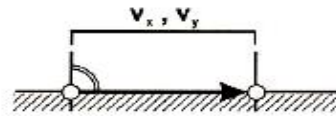
Tasări se deosebesc după modul de mișcare a solului, respectiv modificarea solului: tasări clasice, poziție oblică, curbări, presiuni locale ridicate etc.

O analiză mai exactă deosebește componentele detaliate în următoarele trei figuri:

### Horizontale Bewegungskomponenten

Verschiebung

$$v_x, v_y \text{ [mm]}$$



Längenänderung  
(Längung +; Kürzungen -)

$$\varepsilon = \pm \left( \frac{v_{x2} - v_{x1}}{l_x} \right) \left[ \frac{\text{mm}}{\text{m}} \right]$$

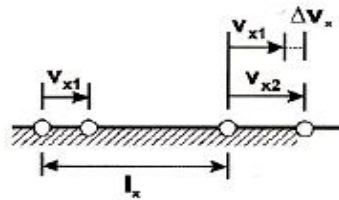
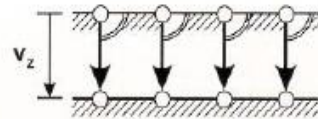


Fig. 4.25. Mișcări de sol, componente orizontale

### Vertikale Bewegungskomponenten

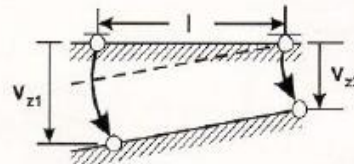
Senkung

$$v_z \text{ [mm]}$$



Schiefelage

$$v_z' = \frac{v_{z1} - v_{z2}}{l} \text{ [mm/m]}$$



Krümmung

$$v_z'' = \frac{1}{\rho_z}$$

$\rho_z = \text{Krümmungsradius [m]}$

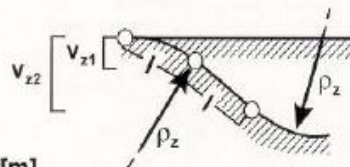


Fig. 4.26. Mișcări de sol, componente verticale

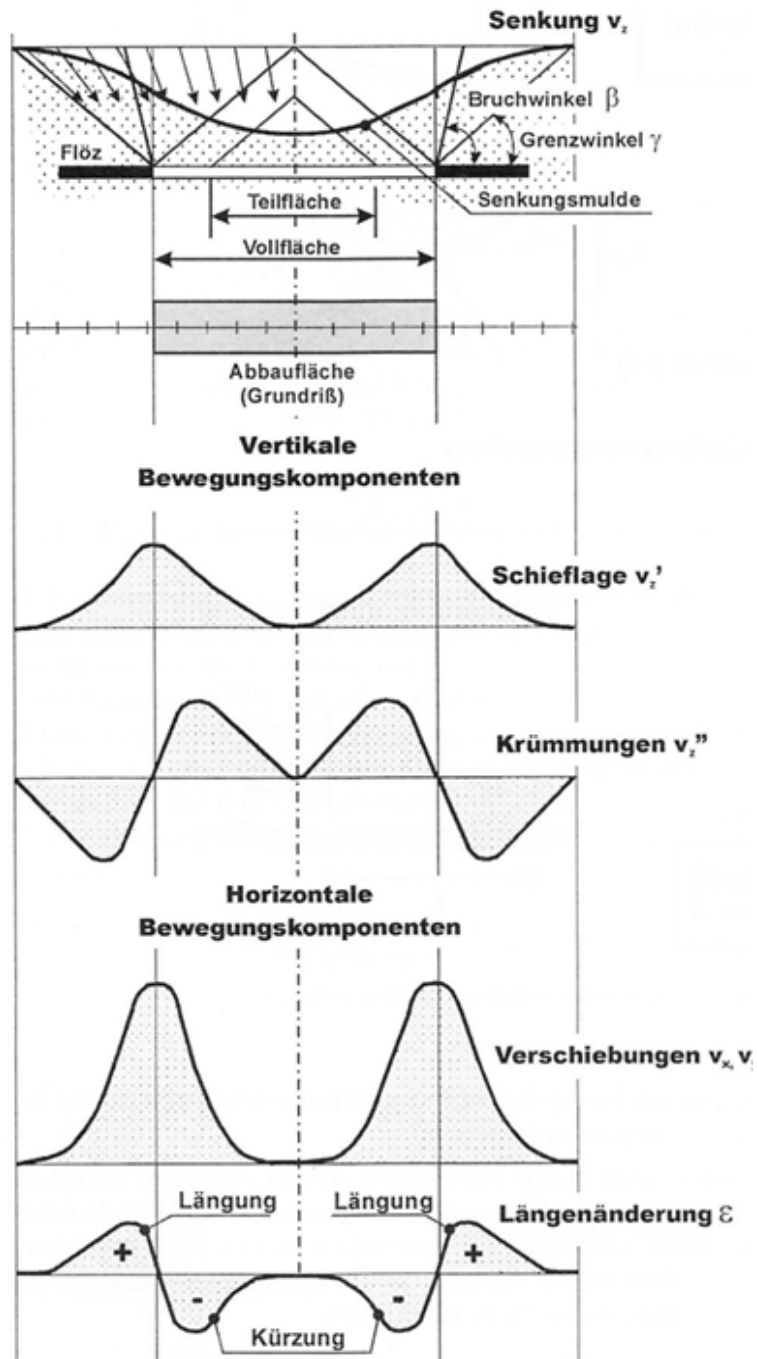


Fig. 4.27. Deformații reale ale terenului [8]

Se constată că deformația orizontală, în centrul tasării, are valori neînsemnate, în timp ce la marginea tasării atinge valori însemnate.



## 5. VIBRAȚII – INFLUENȚA ASUPRA OAMENILOR ȘI CLĂDIRILOR

### 5.1. Includerea normativului DIN4150 [55] în procesul de îmbunătățire continuă

Normativul DIN 4150 „Vibrații în construcții” este format din 3 părți. [20]

- Partea 1 „Determinarea preliminară a mărimilor caracteristice ale vibrațiilor”, iunie 2001;
- Partea 2 „Influența asupra oamenilor în clădiri”, iunie 1999;
- Partea 3 „Influența asupra structurilor”, februarie 1999.

#### **Normativ DIN 4150, Partea 1 – Determinarea preliminară a mărimilor caracteristice ale vibrațiilor**

Normativul cuprinde indicații pentru determinarea preliminară a caracteristicilor vibrațiilor, descrie proceduri și dă recomandări, pe baza cărora se pot aprecia, preliminar, valorile caracteristicilor de vibrație. Luând în considerare aceste valori se pot evalua acțiunile vibrațiilor conform Normativ DIN 4150 – Partea a 2-a și DIN 4150 – Partea a 3-a.

#### ***Determinarea preliminară după metoda numărului de vibrație***

Calculul care urmează este bazat pe o variantă (regresiune) a relației dintre distanța de siguranță – încărcătură. [25], [48]

Pentru roci sedimentare:  $969 \times L_{0,6} \times R^{-1,5}$

Pentru roci cristaline:  $206 \times L_{0,8} \times R^{-1,3}$

în care: L = încărcătura [kg]; R = distanța de siguranță [m].

Această metodă s-a impus deoarece este cea mai potrivită pentru estimarea cât mai veridică a vibrațiilor care apar la executarea unor lucrări la care se produc explozii.

#### **Normativ DIN 4150 – Partea a 2-a. Influența asupra oamenilor din clădiri**

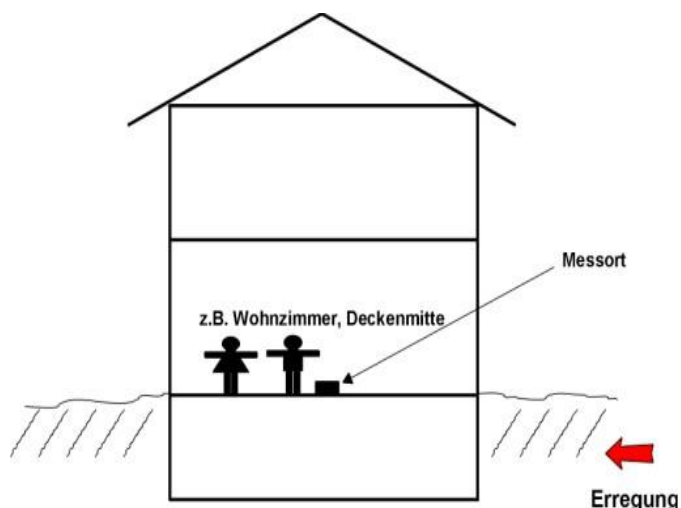


Fig. 5.1. DIN 4150, Poziționarea măsurătorilor

Domeniul acestui normativ este luarea în considerare, în mod corespunzător, a protecției la vibrații, în cadrul protecției la emisii. Se precizează cerințe și valori orientative, în cazul respectării cărora, se anticipează, că, de regulă, se poate evita disconfortul semnificativ, produs asupra oamenilor, de vibrații în clădiri sau alte spații utilizate similar. Cauza pentru percepția vibrațiilor de către oameni sunt diversele mișcări ale planșeului în domeniul de frecvențe  $f$ , începând de la sub 1Hz. Percepția vibrațiilor începe de la 0,1mm/s.

**Disconfort asupra persoanelor în clădiri (structuri)**

Pentru protecția față de un disconfort semnificativ produs persoanelor din clădiri, trebuie stabilite și evaluate vibrațiile produse de exploziile care se produc.

Măsurarea vibrațiilor se face, de exemplu, în camera de zi, la mijlocul planșeului.

**Tabelul 5.1.** Valori orientative ale vitezei de vibrație  $v$  pentru evaluarea vibrațiilor de scurtă durată

Nr. crt.	Tipul construcției	Valori orientative pentru viteza de vibrație $v$ în mm/s			
		Fundatie			Nivel planșeu plin superior
		Frecvențe			
		1-10Hz	10-50Hz	50-100Hz	Toate frecvențele
1	Construcții utilizate pentru producție, construcții industriale și alte structuri asemănătoare	20	20-40	40-50	40
2	Clădiri de locuit și cu utilizări asemănătoare	5	5-15	15-20	15
3	Clădiri deosebit de sensibile la vibrații, care nu se încadrează la nr.1,2 și este important să fie menținute (de ex. sub protecția monumentelor istorice)	3	3-8	8-10	8

La frecvențe peste 100Hz se pot utiliza valorile pentru 100Hz.

Valorile orientative  $A_0$  pentru evaluarea vibrațiilor în clădiri de locuit și spații utilizate similar sunt prezentate în următorul tabel.

**Tabelul 5.2.** Valori orientative pentru amplitudinea  $A_0$  în locuințe

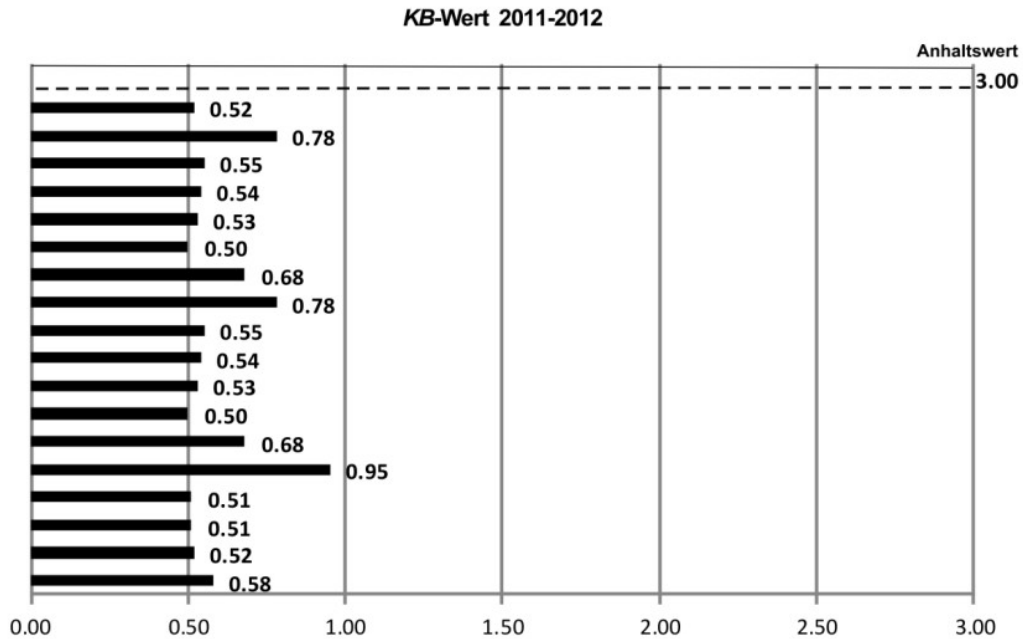
Nr. crt.	Locul de acțiune	ziua			noaptea		
		Au	Ao	Ar	Au	Ao	Ar
1	Amplasare, în vecinătate numai construcții pentru producție și, ca excepție, locuințe pentru personal de exploatare	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Amplasare, în vecinătate preponderent unități de producție	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Amplasare, în vecinătate nu sunt preponderente nici unități de producție nici locuințe	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Amplasare, în vecinătate preponderent	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05

	sau exclusiv locuințe						
5	Zone cu cerințe de protecție sporită de ex. în spitale, în clinici de tratament, din zone excluse pentru aceste destinații	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

Evaluările se fac cu ajutorul intensității de vibrație maximă **KB Fmax** stabilită pe baza relației:

$$KB_{F_{\max}} = \frac{1}{2} \sqrt{2} * \frac{v_{\max}}{\sqrt{1+(f_0/f)^2}} \quad (5.1)$$

în care:  $f$  = frecvența [Hz];  
 $f_0$  = 5,6 Hz (frecvența de referință);  
 $v_{\max}$  = viteza maximă de vibrație [mm/s];  
 KB = adimensional.



**Fig. 5.2. Valori KB determinate prin calcul**

**Normativ DIN 4150 – Partea a 3-a. Influențe asupra structurilor**

Normativul descrie metodele de stabilire și evaluare a acțiunilor cauzate de vibrații asupra structurilor. În caz de respectare a valorilor orientative nu apar avarii de tipul reducerii capacității de exploatare a structurilor.

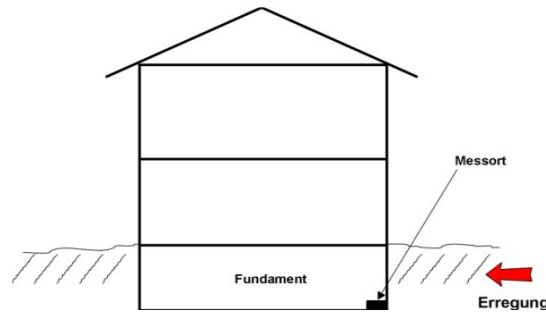


Fig. 5.3. Locul unde se măsoară: fundația clădirii

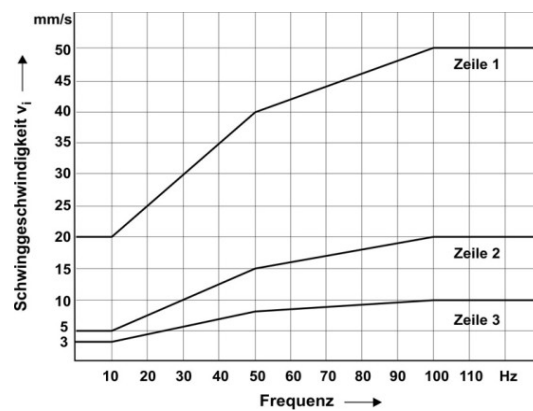


Fig. 5.4. DIN 4150, Partea 3: Rubrica 1, 2 și 3, la care rubricile 2 sau 3 se vor utiliza pentru clădiri

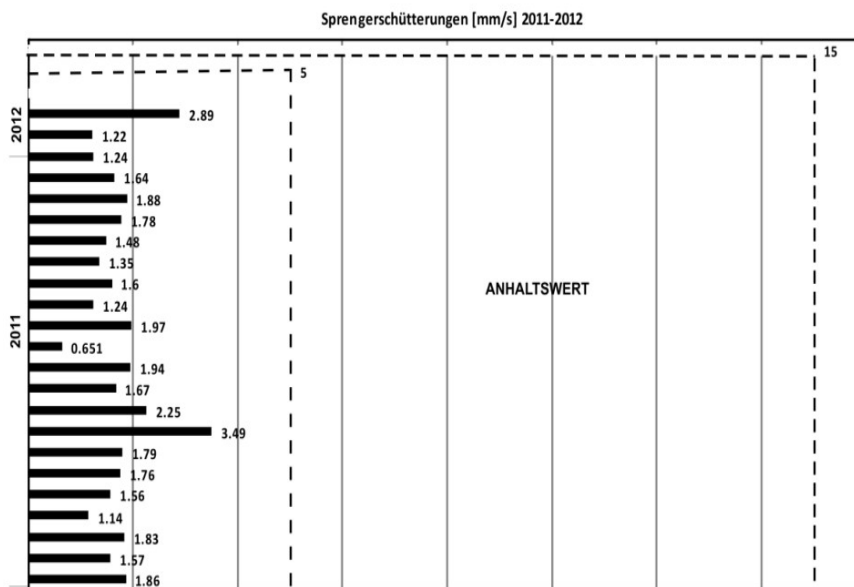
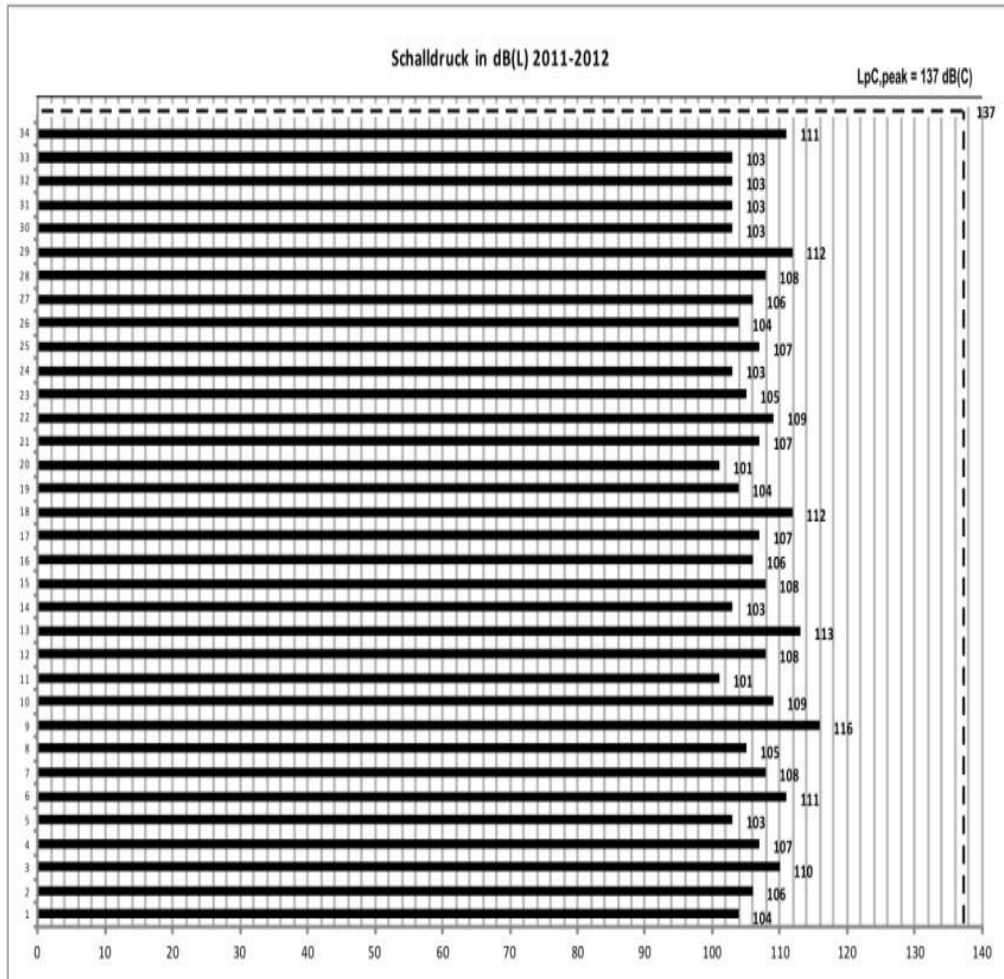


Fig. 5.5. Valori de vibrații măsurate



**Fig. 5.6. Valori ale presiunii sonore maxime măsurate**

## 5.2. Pierderea capacității portante a structurilor

Ca urmare a activității de extragere a cărbunelui, în straturile de teren apropiate suprafeței apar, între altele, tasări, înclinări, curburi (concave/convexe), în continuare comprimări și strângeri. Acestea duc la apariția unor suprasolicitări punctuale în anumite părți ale structurii portante, sau în întreaga structură.

În figura 5.7 elementul distrus s-a stabilizat provizoriu cu ajutorul unui stâlp în formă de țevă.

În cazul elementelor zvelte, ca în prezentul exemplu, trebuie realizată o verificare la flambaj conform DIN EN 18800. [17]



Fig. 5.7. Cedarea unei structuri de rezistență

$$\frac{N}{k * N_{pl}} \leq 1 \quad (5.2)$$

în care:  $N$  = Forța axială determinată [kN]

$$N_{pl} = A * \sigma_{R,d} = A * f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_m} \quad (5.3)$$

unde:  $A$  = Aria secțiunii transversale [mm<sup>2</sup>];

$\gamma_m$  = Coeficient de siguranță parțială [1,0, respectiv 1,1];

$f_{y,k}$  = Limita de curgere [N/mm<sup>2</sup>];

$k$  = Factor de reducere conform liniei de flambaj europene LFE.

$$\bar{\lambda}_{k,y,z} = \frac{\lambda_{k,y,z}}{\lambda_a} = \frac{\lambda_{k,y,z}}{\pi * \sqrt{\frac{E}{f_{y,k}}}} \quad (5.4)$$

$$LFE 'a, b, c, d' \rightarrow \kappa_{y,z} = \kappa$$

Se consideră:  $\bar{\lambda}_k$  = Coeficientul relativ de zveltețe;

$E$  = Modulul de elasticitate [N/mm<sup>2</sup>].

$$i_y > i_z \rightarrow \lambda_k = \frac{S_k}{i_z} \quad (5.5)$$

$$i_y > i_z \rightarrow \lambda_k = \frac{S_k}{i_y} \quad (5.6)$$

în care:  $i$  = raza de girație [mm];

$S_k$  = lungimea de flambaj [cm];

$\lambda$  = gradul de zveltețe.

Apariția cazului de cedare a unei structuri portante se derulează sub forma unei succesiuni de fenomene. În funcție de materialele alese, perioada poate fi mai lungă sau mai scurtă.

Ca urmare a activității de extragere a cărbunelui, în straturile de teren apropiate suprafeței apar, între altele, tasări, înclinări, curburi (concave/ convexe), în continuare, comprimări și strângeri. Acestea duc la apariția unor suprasolicitări punctuale în anumite părți ale structurii portante, sau în întreaga structură.

După cum s-a amintit la început, fenomenele se pot produce într-o perioadă de timp mai lungă sau mai scurtă, precum și cu o anumită intensificare a activității. În urma acestui proces se depășesc capacitățile portante admise sau maxim capabile pe termen scurt, dar se poate ajunge și la o depășire de durată. Depășirea are, ca urmare a acestui proces, o rupere în matricea materialelor folosite. Cu cât mai mult durează faza de depășire a încărcărilor, precum și mărirea încărcărilor, cu atât mai mult se ajunge la avarii ireparabile care, la punctul culminant, duc la cedarea structurii. În domenii relevante ale sistemului se ajunge, în cel mai rău caz, la cedarea unor elemente sau a întregii structuri portante. Astfel, se poate ca și o rupere în textura materialelor să fie cauza hotărâtoare pentru cazul de cedare a unei structuri portante.

### 5.2.1. Metode de consolidare a construcțiilor, respectiv măsuri de siguranță

Măsurile de siguranță pentru construcții datorate avariilor cauzate de activitățile miniere se împart în 3 etape. Aceste etape descriu gradul diferit al dimensiunilor avariei, după cum urmează:

#### ➤ Etapa 1 de siguranță

Cuprinde asigurarea construcțiilor în zonele cu solicitări din minerit, sub forma unor măsuri preventive.

#### ➤ Etapa 2 de siguranță

Describe asigurarea mărită pentru construcții prin alte măsuri constructive suplimentare și prevederea de rosturi orizontale sau verticale continue, alcătuirea unor rezemări ajustabile.

#### ➤ Etapa 3 de siguranță (Asigurare integrală)

Cuprinde protecția unei construcții față de oricare deformare dăunătoare, ca urmare a solicitărilor din activități miniere. Asigurarea totală se poate considera doar în cazul acelor construcții, care, pe baza modului lor de alcătuire, sunt adecvate asigurării totale. În cazul asigurării totale, în funcție de dimensiunile în plan și de forma construcției se alege între rezemarea pe o suprafață, pe două suprafețe sau în trei puncte precum și împărțirea construcției prin rosturi sau articulații în sectoare individuale, care au asigurare totală, prin modurile de rezemare indicate mai sus.

Aceste măsuri de siguranță se pot prevedea la construcția existentă sau în afara acesteia.

În continuare (tabelele 5.3 și 5.4) se prezintă măsuri de siguranță adecvate pentru fiecare componentă a mișcării.

**Tabelul 5.3.** Măsuri de siguranță la construcțiile existente în cazul deplasărilor orizontale și verticale

Mișcarea terenului	Măsuri de siguranță			
	La construcție		În afara construcției	
	Conservare	Aducere la poziția inițială	Conservare	Aducere la poziția inițială
Înclinare	Măsuri de echilibrare: -pardoseală (de ex. șapă, pardoseală artificială); -pereți (de ex. tencuire, căptușire); -tavan (de ex. agățare).	Extinderea fundației și ridicarea ca la tasări diferențiate sau la curbări	Stabilizarea terenului și a construcției	Stabilizarea terenului prin ridicare
Tasări diferențiate	Consolidarea fundațiilor: -piloți; -piloți presați; -injectări de mare presiune; -introducerea de mortar în teren; -subzidiri.	Extinderea fundației și ridicare prin: -prese hidraulice; -perne de presiune; -arcuri; -dispozitive de susținere a încărcărilor.	Stabilizarea terenului de fundare: -injectări; -injectări sub presiune de material solid și cimentarea terenului; Stabilizarea construcției: -piloți forajați; -piloți presați; -injectări sub presiune; -cimentarea terenului; -subzidire.	Stabilizarea terenului și ridicare prin: -injectări de presiune.
Curbări	Vezi înainte -prevederea de rosturi.	Vezi înainte -rigidizarea construcției.	Vezi înainte	Vezi înainte

**Tabelul 5.4.** Măsuri de siguranță la construcțiile existente în cazul deplasărilor orizontale și verticale

Mișcarea terenului	Măsuri de siguranță			
	La construcție		În afara construcției	
	Conservare	Aducere la poziția inițială	Conservare	Aducere la poziția inițială
Alungiri (strângeri)	Injectarea fisurilor; Extinderea	Ancorarea și tensionarea prin:	Reabilitarea construcției: -grinzi întinse și	Stabilizarea construcției și deplasare în



	fundațiilor: -placă comprimată; -grindă comprimată; -rețea de grinzi comprimate.	-buloane întinse; -tiranți.	rețea de grinzi întinse (de ex. mod de realizare a microtunelelor)	rostul fundației prin: -rezemare alunecătoare; -prese hidraulice.
Scurtări (presări)	Injectarea fisurilor: Extinderea fundațiilor: -placă comprimată; -grindă comprimată; -rețea de grinzi comprimate.  Consolidarea pereților prin rigidizări și realizarea unor rosturi de deplasare între elementele de construcție.	Reabilitarea și asigurarea elementelor de construcție în contact cu terenul prin: -injectarea fisurilor; -decalarea panourilor de perete; -înlocuirea pereților; -căptușire la exterior.	Ecranarea construcției: -perne forate; -perne îngropate. Stabilizarea construcției: -grinzi comprimate și rețele de grinzi comprimate (de ex. mod de realizare a microtunelelor).  Realizarea unor rosturi de deplasare între elementele de construcție.	Măsuri de detensionare prin: -foraje; -gropi; -rosturi între elementele de construcție.

### 5.3. Măsuri preventive

Prin măsuri preventive se înțeleg acele alcătuiți, care se iau deja din faza de construcție, cu scopul de a preveni apariția unor avarii sau de a reduce gravitatea urmărilor avariilor. Preventiv se iau măsuri împotriva fenomenelor de avariere, care pot să apară cu o probabilitate mare.

În zonele cu activități miniere, autoritățile din domeniul construcțiilor, în legătură cu autoritatea minieră și întreprinderea minieră din zonă, impun anumite condiții preliminare. De regulă, această activitate are loc la solicitarea autorizației de construire. La verificarea acestei solicitări, vor fi implicate autoritățile responsabile pentru respectiva investiție.

În zonele cu exploatare miniere, odată cu obținerea autorizației de construire, urmează, de obicei, prevederi obligatorii referitoare la proiectare și execuție, care sunt susținute financiar în ceea ce privește transpunerea.

Între aceste măsuri obligatorii se află, de regulă, o consolidare a fundațiilor sub forma unei plăci de fundare, care contribuie la mărirea rigidității întregii construcții față de efectele seismice în straturile superioare ale terenului. Totodată, se poate opta și pentru alcătuirea unui inel de rigidizare în zona șarpantei, care duce la mărirea rigidității structurii în zona superioară.

### 5.3.1. Măsuri ulterioare

Față de măsurile preventive, la cele ulterioare se consideră toate mijloacele și acțiunile, care se impun pentru ca după apariția unui caz de avarie datorat activității miniere, să se ajungă la o consolidare (structura static portantă) a structurii clădirii.

La aceste măsuri necesare se includ și acelea care sunt necesare pe timp scurt. Acestea cuprind, între altele: o prindere de avarie, o susținere sau chiar stabilizarea terenului prin înghețare.

O premisă importantă pentru ca măsurile de lungă durată să fie necesare, este o formă de avariere masivă și, respectiv, împiedicarea efectului de domino, cum ar fi, între altele:

- **Fundații**

Consolidarea fundațiilor prin mijloace convenționale (lățirea suprafeței de rezemare), fundații ulterioare (consolidare prin subzidire), fundații ulterioare de adâncime până la stratul de teren portant.

- **Structura zidărilor**

Închiderea fisurilor, încât să poată prelua încărcări.

- **Alcătuire**

Introducerea unor mijloace de rigidizare a structurii portante a clădirii, descărcarea structurii statice existente.

### 5.4. Securitate minieră din punct de vedere tehnic

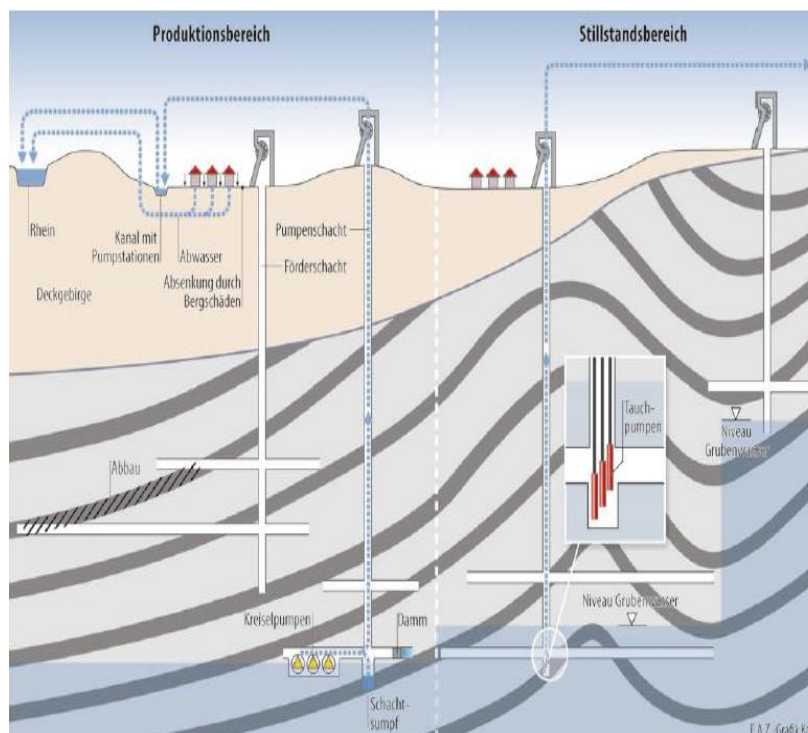
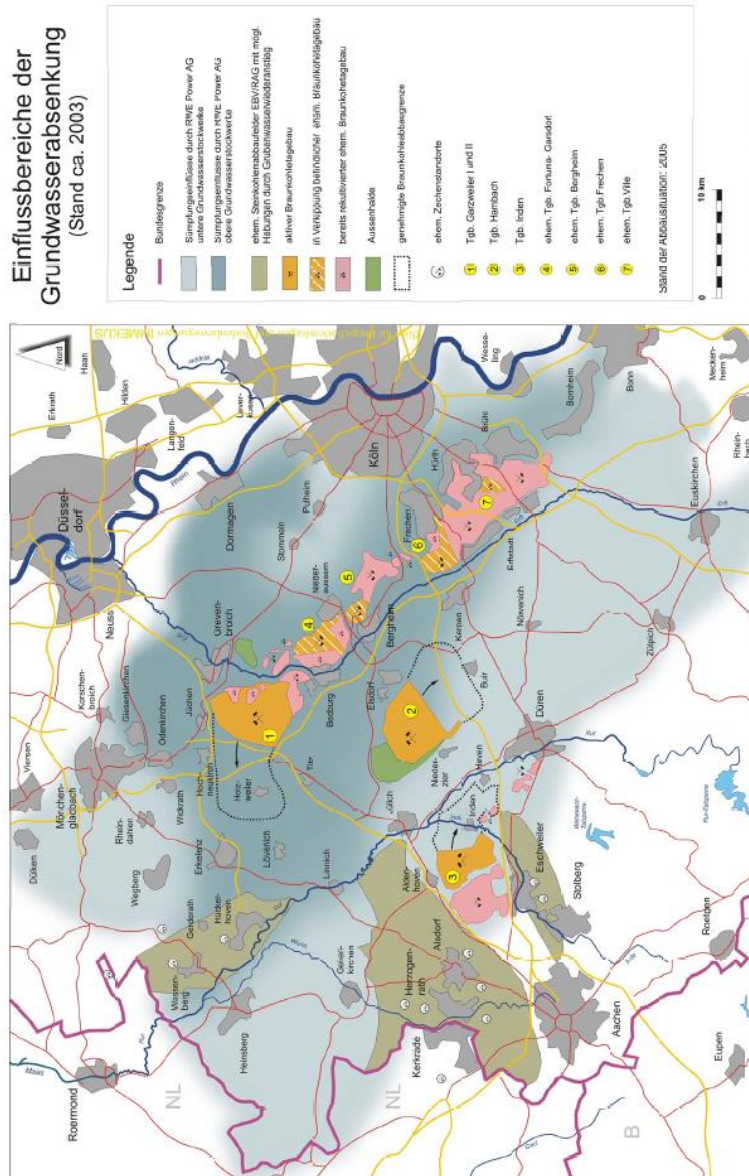


Fig. 5.8. Coborârea nivelului apelor subterane, menținerea nivelului în mine [8]

**Controlarea apei subterane**

Menținerea apei subterane în zonele cu exploatare minieră în funcțiune, precum și în minele închise, constituie una din cele mai importante sarcini în ceea ce privește siguranța minieră, din punct de vedere tehnic. Aceasta deoarece în subteran există, în funcție de situația locală, un nivel al apelor subterane diferit, respectiv există curenți în straturile de teren care înglobează apa, care sunt legați între ei și constituie depozitul de bază al rezervorului de apă potabilă german.



**Fig. 5.9. Zona de influență a nivelului de apă subterană scăzut [8]**

De aceea trebuie să se asigure, între altele, că straturile de minereu nu se inundă, respectiv că apa contaminată care apare în mină nu se amestecă cu apa freatică. Din acest motiv nivelul apei subterane este scăzut cu ajutorul unor instalații de pompare.

**Asigurarea galeriilor**

În cazul asigurării galeriilor se urmărește, în primul rând, să se elimine pericolul de la suprafață.

După efectuarea activităților miniere, spațiile goale deschise trebuie umplute. De regulă, umplerea se face cu steril, introdus fără presiune. [5] Se creează un amestec uscat format din ciment, cenușă de huiță, care se transportă cu vehicule prevăzute cu silozuri la locurile de umplere. Acest amestec uscat este transferat apoi cu apă și pompat în locurile excavate.

## 6. URMĂRIREA PROCESELOR DE DEFORMARE LA CONSTRUCȚII

### 6.1. Vase comunicante și metode perfecționate

Pe obiectul care se urmărește se montează senzori în punctele de măsurare stabilite. Sensorii se montează într-un plan orizontal, iar apoi se definește un plan orizontal de referință pentru măsurători.

Sistemul de măsurare transmite în mod continuu abaterile pe verticală ale punctelor de măsurare, față de planul de referință. Sistemul de măsurare se poate folosi în diverse feluri și se pretează la urmărirea instalațiilor tehnice și a clădirilor de orice fel.

Exemple pentru aceasta sunt urmărirea de turbine în termocentrale, poduri, biserici și altele.

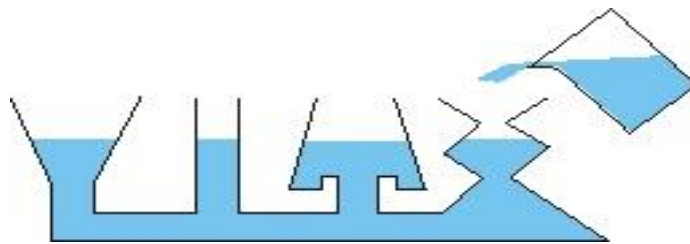
**Domenii de utilizare:** măsurători automate, continue pentru urmărirea proceselor de deformare la construcții, baraje, poduri, fundații etc.

Se mai menționează: urmărirea și verificarea proceselor de tasare la obiecte de construit, sistem de avertizare pentru depistarea precoce a avariilor și evitarea producerii de tasări, cauzate de solicitările dinamice din instalații industriale, cum ar fi fundații de macarale sau depozite, identificarea avariilor produse de minerit și mișcări ale masivelor de pământ în minerit.

**Avantajele utilizării furtunului de nivel de precizie:** cuprinderea complet automatizată a ridicărilor și tasărilor, analiza deformațiilor imediat după punerea în funcțiune prin citirea simultană a tuturor punctelor de control.

#### **Principiul vaselor comunicante**

Prin vase comunicante se înțelege un sistem care sus este deschis, iar în partea de jos este legat. Un lichid omogen atinge astfel, în condiții constante de presiune a aerului și a forței gravitaționale, același nivel, în fiecare loc.



**Fig. 6.1. Principiul vaselor comunicante**

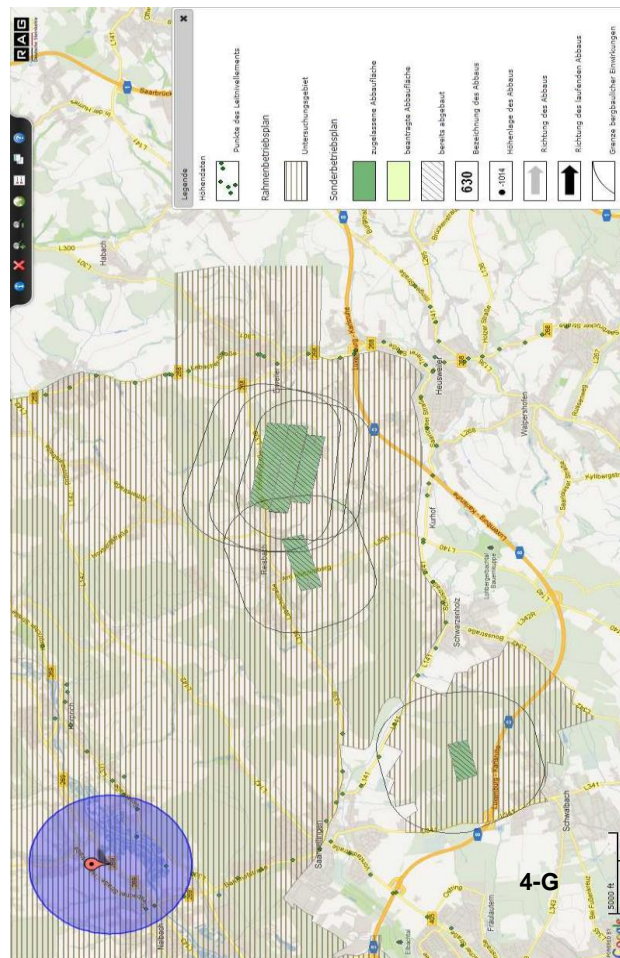
Aceste corelări fizice sunt utilizate în tehnica construcțiilor sub forma unui furtun de nivel, de mult timp. Cel mai simplu mod de realizare a unei asemenea nivele este din doi cilindri transparentți, care sunt legați printr-un furtun.

#### *Modul de funcționare:*

În sistemul de lucru cu furtun sunt prevăzuți senzori de presiune, care receptează modificarea presiunii hidrostatice față de nivelul lichidului dintr-un rezervor de egalizare. Modificările de înălțime de la punctele de măsurare sunt urmărite față de un punct de referință al măsurătorilor, liber ales din interiorul sistemului de furtun de nivel.

Senzorii de presiune transformă modificări ale presiunii gravitaționale în semnale electrice de înălțimi proporționale. Sistemul de măsurare este compus, în principal, din trei senzori de presiune, rezervorul de echilibrare, furtunurile de legătură pentru lichidul care se măsoară și aerul de referință, precum și de sistemul electronic de măsurare.

Pentru a răspunde cerințelor în diverse condiții de utilizare, poziția control materiale folosește materii prime deosebit de stabile și durabile precum oțel special și ceramică. Deoarece atât dezvoltarea cât și fabricația se face în sediul propriu, sistemele noastre de măsurare pot fi adaptate în mod optim, fiecărei sarcini în parte.



**Fig. 6.2. Planul special al concernului RAG [68]**

Din figura 6.2 se pot vedea planul cadru de funcționare și planul special de funcționare. Întreprinderea minieră este obligată de legislația BbergG, printre altele să întocmească asemenea planuri/hărți. În aceste planuri se regăsesc toate informațiile importante, relevante referitoare la activitatea minieră.

Sistemele perfecționate bazate pe senzori și electronică sunt mai scumpe și deseori foarte sensibile în condițiile de teren miniere. Dintre metodele impuse în



practică se prezintă câteva realizări ale Fa. Position-Control Messtechnik GmbH, Friedrichsthal, Germania:



Fig. 6.3. Senzor tip PC-HSA0

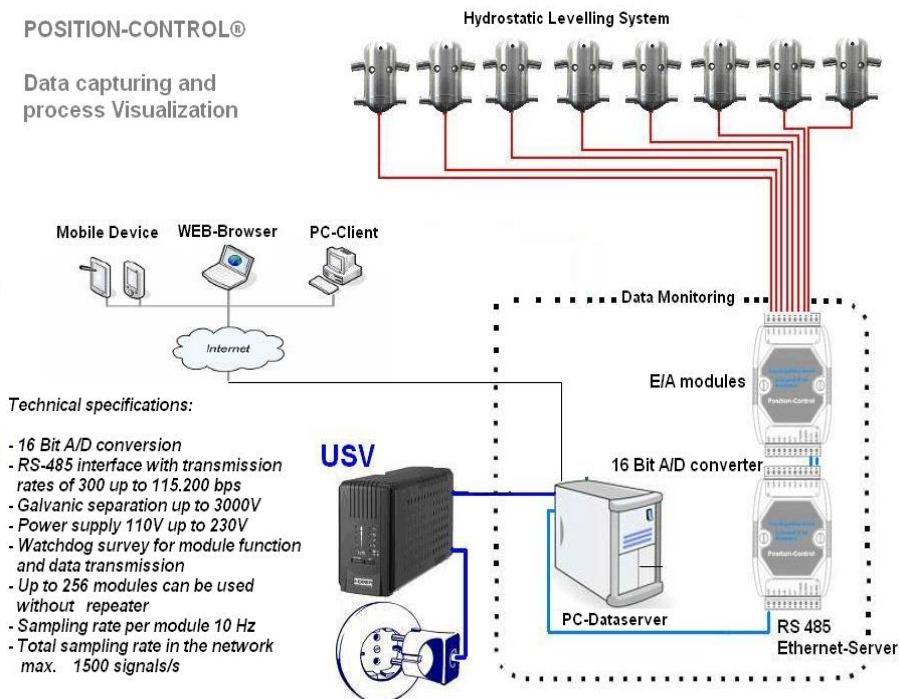


Fig. 6.4. Înregistrarea și transmiterea datelor măsurate

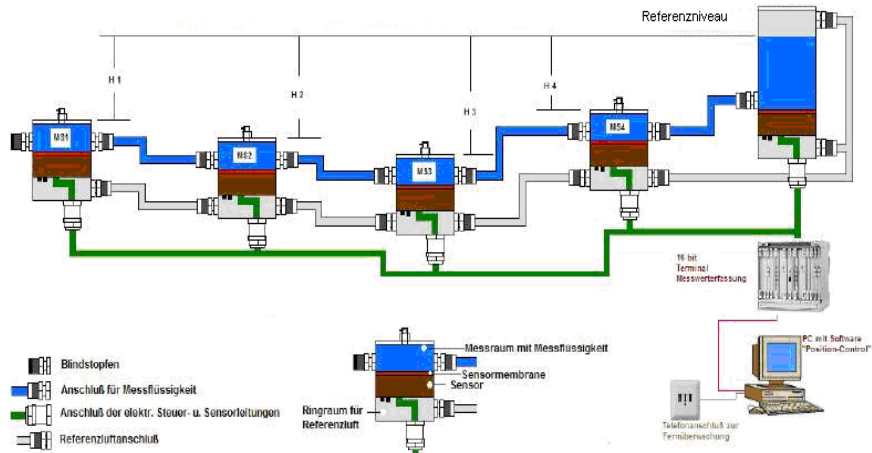


Fig. 6.5. Sistemul de măsurare hidraulic de înaltă precizie-Fa. Position Control

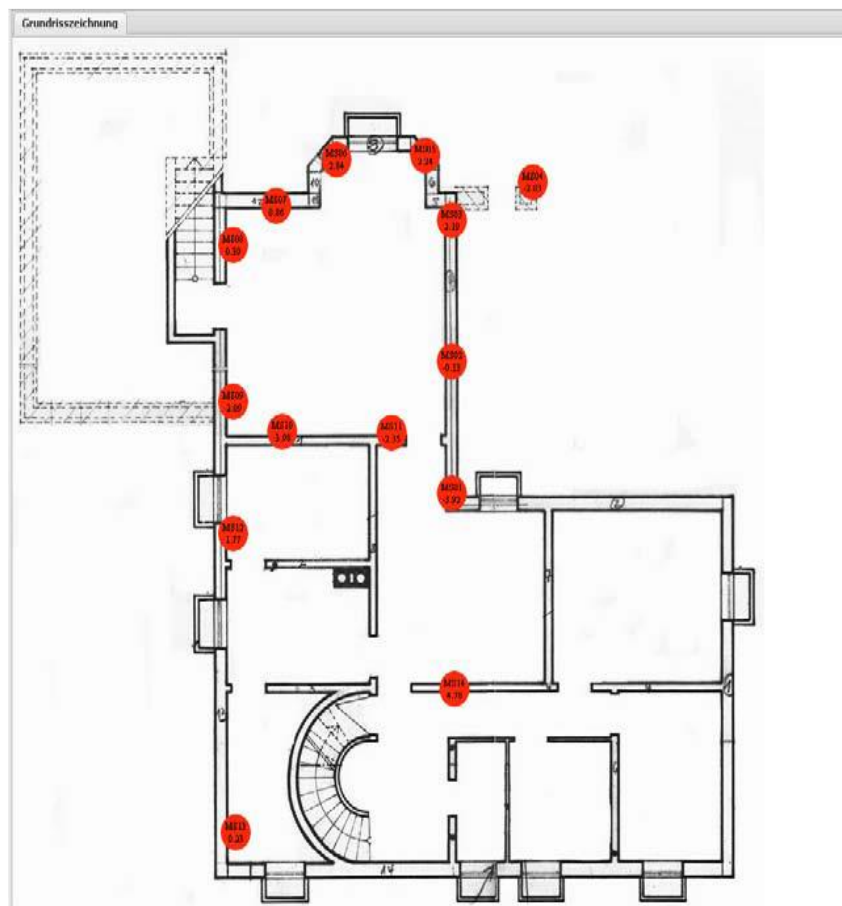


Fig. 6.6. Planul orizontal și dispunerea punctelor de măsurare



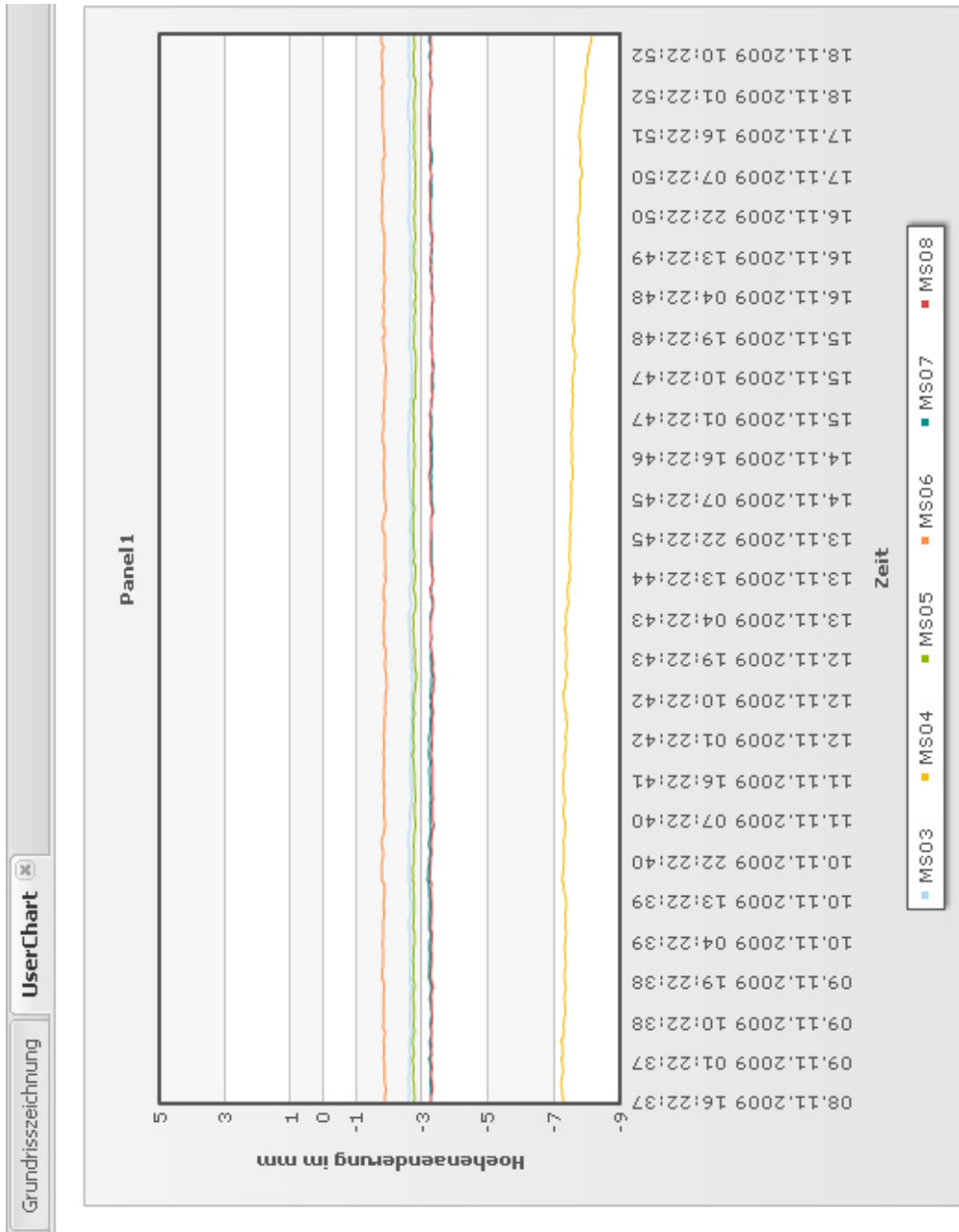
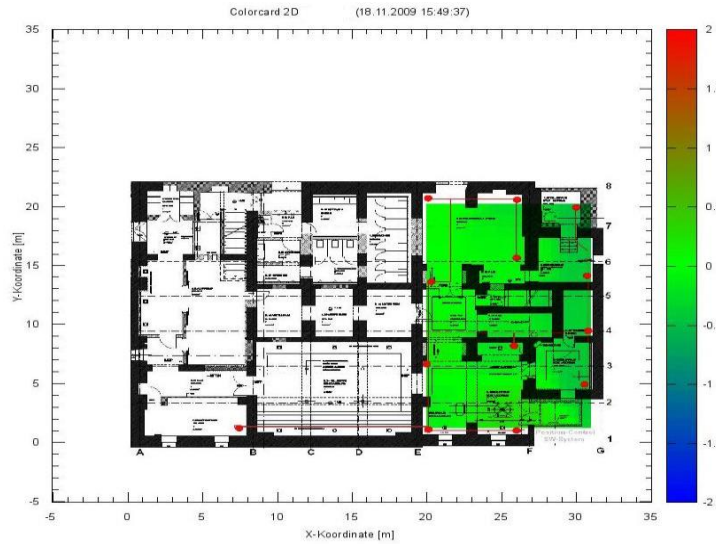


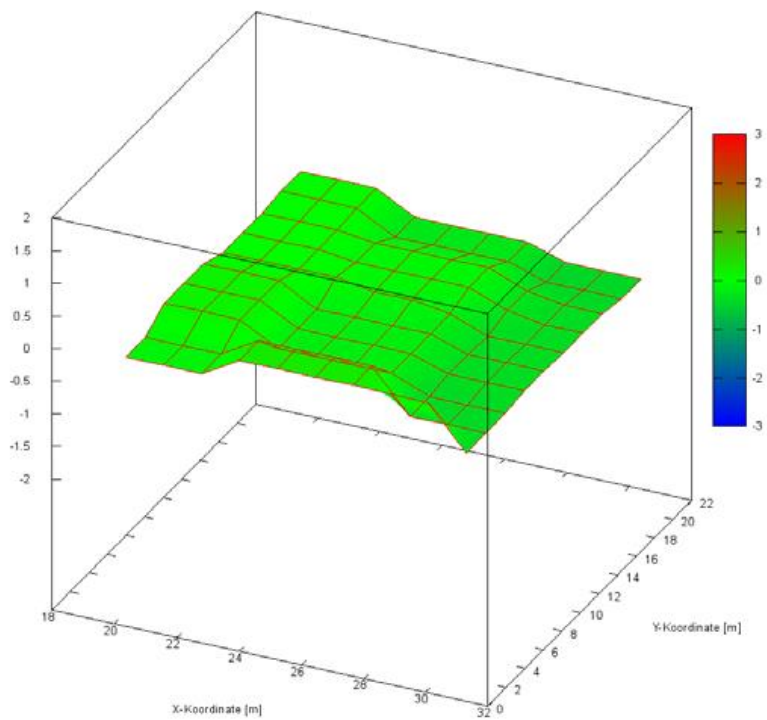
Fig. 6.7. Imagine a unor rezultate de măsurători



**Fig. 6.8. Secțiune orizontală clădire**

Daten von: 18.11.2009 15:49:37

3D Surface [Grid] (18.11.2009 15:49:37)



**Fig. 6.9. Reprezentare 3D a deformațiilor**

Pentru măsurarea alunecărilor de teren sau în cazul clădirilor există metodele clasice ale geodeziei: metoda triangulației, aliniamentelor, poligonometrică etc.

Deplasările verticale ale clădirilor ca urmare a exploatărilor miniere se pot determina, de asemenea, cu metode cunoscute ale topografiei cu ajutorul unor mărci de tasare fixate pe construcția în cauză și reperi ficși amplasați în afara zonei deformabile.

## 6.2. Tehnici moderne GPS și Galileo

În prezent există posibilitatea utilizării tehnologiilor modern cum ar fi Modele Digitale de Teren (MDT), tehnologii G.P.S. (Global Positioning System = Sistem de Poziționare Globală), Fotogrammetrie etc.

Sistemul GPS-Global Positioning System [64] a fost conceput în anul 1995 în S.U.A. (Statele Unite ale Americii) și a fost perfecționat continuu. GPS a fost conceput ca un sistem de determinare a poziției unor corpuri mișcătoare sau fixe, iar exactitatea se poate îmbunătăți până la ordinul milimetric, prin folosirea metodei diferențelor-Differential GPS-DGPS.

Rata de transmitere a datelor în cazul sistemului GPS este de 50bit/s și durează 20ms și se repetă pentru siguranță de 20 de ori.

Serviciul German de Geodezie (Deutsches-Landesvermessung) a dezvoltat sistemul SAPOS care, cu ajutorul a 25 de sateliți activi, rezolvă problemele actuale de geodezie. În U.E. (Uniunea Europeană) se folosește sistemul EGNOS. [58]

Uniunea Europeană a dezvoltat sistemul de poziționare Galileo cu sateliți la o înălțime de 23.260km și viteza de 3,6km/s. Exactitatea măsurătorilor este de câțiva cm, poate fi însă îmbunătățită cu ajutorul metodei DGPS.

Există diverse variante de sateliți produse de EADS-Astrium în greutate de 640kg și cu durata de viață foarte mare de până la 12ani.

Centrele de control spațial europene se găsesc la Oberpfafenhofen-München Germania și Fucino, Italia.



Fig. 6.10. Sistem de măsurare a vibrațiilor conform DIN 4150 Partea 2 și 3

## 72 Urmărirea proceselor deformante la construcții - 6

Datele se transmit pe frecvențele L1 = 1575,42MHz, L5 = 1176,45MHz și E6 = 1278,75MHz.

Sistemele de navigație GPS-USA și Galileo-EU colaborează în schimbul de date îmbunătățind astfel calitatea serviciului.

Sisteme de avertizare (Fig. 6.10) se concep pentru depistarea timpurie a avariilor și în scopul prevenirii acestora.

Sistemul de măsurare a vibrațiilor bazat pe grupa de construcții Dymas 24 [47] a fost elaborat pentru urmărirea vibrațiilor la șantiere, pentru analiza vibrațiilor la utilaje și pentru urmărirea activităților seismice.

Sistemul de măsurare poate consemna datele de la un număr de până la 32 locuri de măsurare, după cele trei axe. Pentru fiecare senzor pot să apară praguri de atenționare și de avarie, care sunt definite în normativul DIN 4150. Semnalele de alarmă pot fi anunțate prin semnale optice sau acustice la fața locului sau pot fi transmise prin rețele mobile.

Pentru măsurarea vibrațiilor conform Normativ DIN 4150 Partea 2 și 3 se folosesc senzori **SolGeo** Veloget de măsurare a vitezei de vibrație, în domeniile de 12,5 sau 125mm/sec și 1...80 sau 1...315Hz (se pot comuta). Acestea corespund normativului DIN 45669-1. [55]

Pentru vizualizarea și valorificarea măsurătorilor consemnate și pentru întocmirea protocolului se folosește programul specializat *Vibrosoft*.

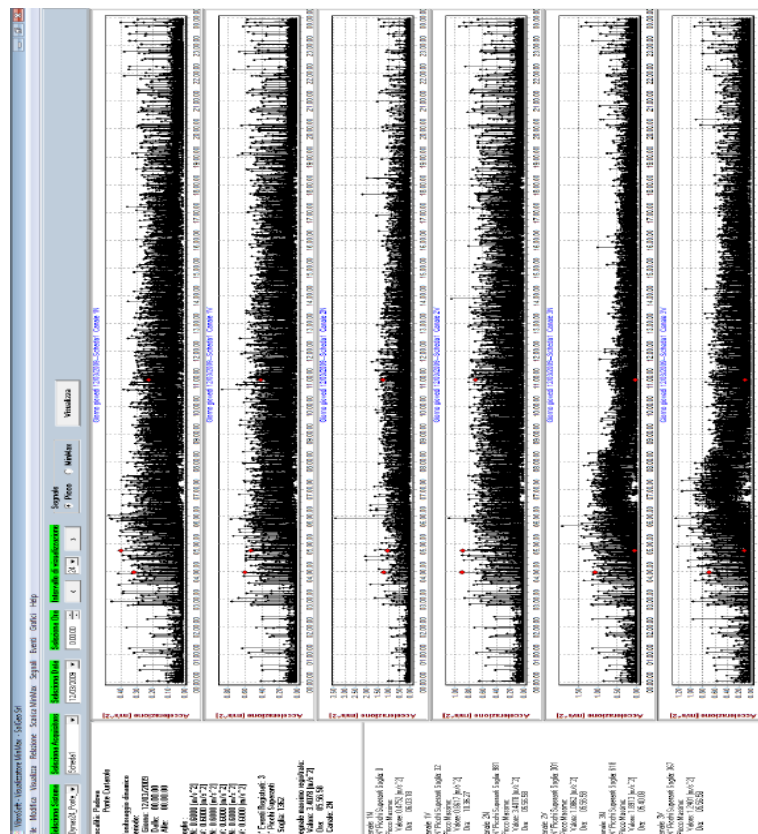
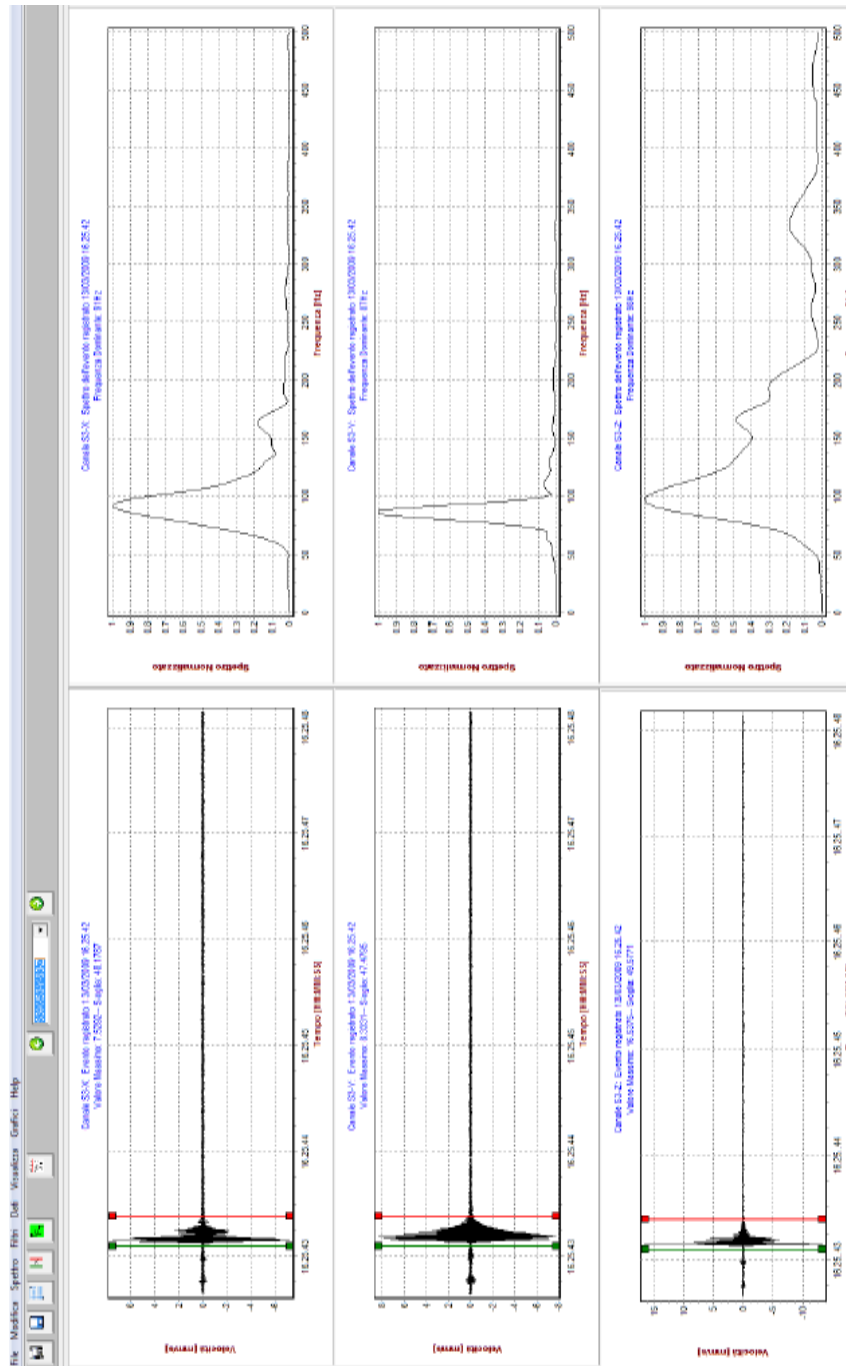


Fig.6.11. Reprezentarea valorilor min/max într-o perioadă de timp liber aleasă Software *Vibrosoft*



**Fig.6.12. Reprezentarea valorilor măsurate după axele X,Y și Z ale unui senzor de măsurare a vitezei vibrațiilor la un eveniment de trepidații cu stabilirea fracțiunilor de frecvență FFT, Software *Vibrosoft* [55]**

Normativul care se utilizează în Germania pentru măsurarea vibrațiilor este **DIN 4150** (Vibrații în construcții).

În **Partea 1** a acestui normativ (Stabilirea mărimilor caracteristice pentru vibrații) se prezintă domeniul de utilizare și bazele pentru măsurarea, calculul și aprecierea vibrațiilor, care apar la construcții.

În **Partea a 2-a** (Efecte asupra oamenilor și a clădirilor) se referă la disconfortul produs asupra oamenilor în zona de frecvență de 1...80Hz și definește evaluarea semnalelor de vibrații după frecvență și timp. Cu intensitatea de vibrație definită în acest mod, se apreciază între altele, prin valorile efective variabile, emisiile de vibrații.

În **Partea a 3-a** (Efectele asupra construcțiilor) se prezintă procedeele și valorile pentru evaluarea situației din punct de vedere al măsurătorilor tehnice ale vibrațiilor asupra construcțiilor.

**Tabelul 6.1.** Viteze de vibrație maxime conform DIN 4150-3

Valori maxime ale vitezei de vibrație conform DIN 4150-3 (valori de comparație)				
	Viteza de vibrație $v_i$ în mm/sec			
	Frecvențe la fundații			Planșeul superior, orizontal
	1 până la 10Hz	10 până la 50Hz	50 până la 100Hz	Toate frecvențele
Construcții utilizate la procese tehnologice, construcții industriale și construcții structurate asemănător	20	20 până la 40	40 până la 50	40
Clădiri de locuit și interiorul lor și/ sau utilizarea la construcții similare	5	5 până la 15	15 până la 20	15
Construcții care datorită sensibilității lor mari la vibrații, nu se încadrează în valorile anterioare și care sunt importante să fie păstrate (de ex. se află sub protecția monumentelor).	3	3 până la 8	8 până la 10	8

## 7. DOCUMENTARE ȘI REGLEMENTARE DAUNE

### 7.1. Metodologia

Reglementările de daune se realizează de către Deutsche Steinkohle AG cu sediul în Herne. Unitatea de minerit este obligată, conform legislației BBergG ca fiind cauzatorul pagubelor, la reglementarea lor, deci a plăți despăgubiri dacă este cazul. Modul de reglementare, în cazul daunelor, se face conform următorului model:

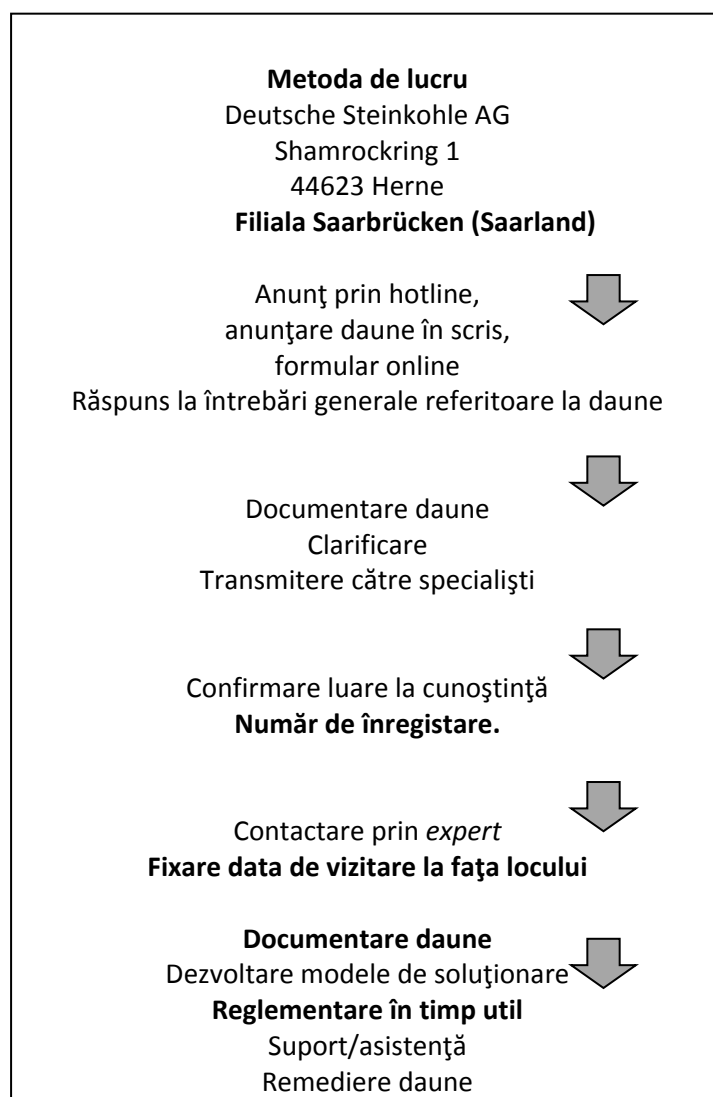


Fig. 7.1. Mod de lucru pentru reglementarea daunelor



În cadrul procedurii de reglementare a daunelor, primul pas este de anunțare a acestora de către păgubit. Păgubitul se va adresa direct unității de minerit.

În baza legii BBergG (§114) păgubitul are dreptul la reglementarea pagubei, cel care are datoria de-a despăgubi eventualele daune este întreprinderea de minerit.

Întreprinderea de minerit contactează un expert, care va expertiza pagubele cercetând totodată posibila cauzare a acestora de către întreprinderea de minerit.

În urma deplasării la fața locului se elaborează un protocol care conține, între altele, date referitoare la construcția investigată, persoanele prezente, cât și la pagubele constatate cuprinzând o mică descriere și documentare foto.

Extras din unele expertize de daune rezultate din activitatea de minerit, beneficiar RAG , au fost întocmite de către autor, expert Ing-Büro Lothar Becker . [8]

Se folosește metoda Pohl corelată cu informații provenind de la cele 23 stații de măsurare a mișcărilor terenului pentru a stabili dacă cauzele distrugerilor provin de la exploatarea miniere.

## 7.2. Constatări la clădire

4.2 Bild 9 Schlafzimmer



Bild 10 Schlafzimmer



Bild 11 Schlafzimmer

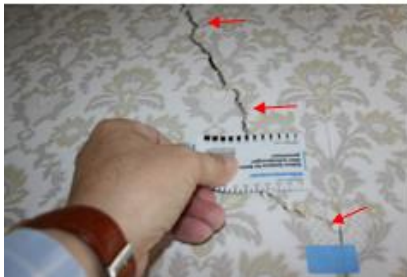


Bild 12 Schlafzimmer



**Fig. 7.2. a,b,c,d Fisuri în pereții de rezistență**

În urma cercetării clădirii, s-au constatat și documentat următoarele daune: numeroase fisuri în perete și planșeu atât în colțul deschiderilor, ca de exemplu uși, ferestre, cât și direct în pereții de rezistență.

### 7.3. Metoda Pohl de apreciere a daunelor [8]

#### Clasificarea daunelor

#### Daune care nu provin din activități de minerit/toleranțe măsurători

În baza informațiilor despre clădire primite cu ocazia deplasării la fața locului și a documentării daunelor, clădirea împreună cu daunele se pot clasifica și stabili dacă daunele provin de la exploatarea miniere.

Ca urmare, clădirea va intra într-o anumită categorie care ține cont de sensibilitatea la vibrații, ceea ce face posibilă comparația sa cu alte construcții.

Daunele depistate cel mai frecvent și a căror cauza o găsim în industria minieră sunt: fisuri în pereți, tavane, respectiv pardoseli, deplasări zidărie, pagube conducte subterane și spații exterioare, cât și înclinații ale clădirilor.

Objekt:									
Meldung-Nr.									
<b>Klassifizierung der Bebauung nach Pohl</b>									
<b>1. Bauwerksdimension ( Länge, Höhe und Gestalt)</b>									
<b>Länge (m)</b>	< 10	10-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	>40	
Punktzahl	1	2	3	4	5-6	7-8	9-10	15	
<b>max. Geschosßzahl</b>	< 1,5	< 2,5	< 3,5	< 5	> 5				
Punktzahl	0	3	5	8	20				
<b>Gestalt des Baukörpers (Anbauten)</b>									
- einfach (rechteckig), zusammenhängend						0			
- einfach verschachtelt						4			
- stark verschachtelt						7			
- einfach ausgedehnt						7			
- verschachtelt und ausgedehnt						10			
<b>2. Fundamentausbildung und Lage (Gründung des Objektes, Lage)</b>									
<b>Gründung des Objektes (Objektfundamentierung)</b>									
- auf gleichem Niveau, mit und ohne Keller						0			
- auf unterschiedlichem Niveau						3			
- auf unterschiedlichem Niveau, teilunterkellert						6			
- wie oben mit unterbrochener Gründungsebene						8			
<b>Lage im Abbauggebiet</b>									
- außerhalb der Senkungsnulllinie						0			
- innerhalb der Senkungsnulllinie						5			
<b>3. Bauweise und Deckenbauart (Aussteifungen, vorhandene Sicherungen)</b>									
<b>Gebäudekonstruktion (Objektstruktur)</b>									
- steif (z.B. Stahlbetonbauweise, Massivbauweise mit Stahlbetondecken und -sohlen)						0			
- wenig steif (z.B. Mauerwerksbauten mit Holzdecken und/oder fehlenden Sohlanssteifungen)						6			
- unsteif (z.B. Fachwerk- und sonstige Holzkonstruktionen)						12			
<b>Vorhandene Sicherungen</b>									
- Betonaussteifungen (z.B. Stahlbetonplatte im Keller- oder Erdgeschoß)						0			
- Teilbereiche mit Betonaussteifungen versehen						4			
- keine Sicherungen oder Verstärkungen						6			
<b>4. Baugeschichte und Schäden (Technischer Zustand)</b>									
<b>Vorschäden (technischer Unterhaltungszustand)</b>									
- gut						0			
- mittel						5			
- schlecht						10			
<b>Baujahr</b>									
- nach 2000						0			
- 1980 bis 2000						2			
- 1960 bis 1979						4			
- 1930 bis 1959						5			
- 1900 bis 1929						7			
- vor 1900						10			
- Baudenkmal						25			
<b>Objektkategorie</b>	<b>0</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>				
<b>Summe Punktzahl</b>	<b>&gt; 48</b>	<b>37-47</b>	<b>28-36</b>	<b>21-27</b>	<b>&lt; 20</b>				
<b>v<sub>f</sub> [mm/s]</b>	<b>3.0</b>	<b>5.0</b>	<b>8.0</b>	<b>12.0</b>	<b>20.0</b>				
bei 1-10 Hz (Fundament)									
<b>Summe Punktzahl</b>						<b>0</b>			
Datum / Sachbearbeiter									
Bemerkung:									

Fig. 7.3. Formular de clasificare din punct de vedere urbanistic a daunelor miniere

#### 7.4. Clasificarea clădirilor

În urma analizei mișcării seismice din 23.02.2008 s-a măsurat o viteză maximă la originea sursei de 93,5mm/s iar la clădirea expertizată de cca. 40mm/s.

În funcție de caracteristicile clădirii se acordă următoarele punctaje:

Lungimea clădirii:	10 – 15m	2	Puncte
Nr. max. niveluri	< 2,5	3	Puncte
Arhitectura construcției	simplă	0	Puncte
Modul de fundare:	cu subsol	4	Puncte
Poziția în zonă:	în afara liniei de tasare 0	0	Puncte
Structură clădire	monolit, rigidă	0	Puncte
Consolidări existente:	placă beton armat	0	Puncte
Starea clădirii dpdv tehnic:	medie	5	Puncte
Anul construcției:	1921	7	Puncte
<b>Suma:</b>		<b>21</b>	<b>Puncte</b>

Rezultă categoria III a clădirii cu o sensibilitate la daune la o viteză de vibrație mai mare de  $V_{max} = 12\text{mm/s}$ .

Întrucât viteza efectiv măsurată la zona clădirii a fost de 40mm/s, deci superioară valorii maxime admise, rezultă că distrugerile produse au fost cauzate de exploatarea minieră.

Cu ajutorul „măsurătorului” în format card (fig. 7.5) conceput de către autor, se poate măsura lățimea de deschidere a fisurii pe diferite suprafețe, într-un mod rapid și eficient.

Lățimea fisurii furnizează date despre durata de acționare și amplitudinea vibrațiilor. De asemenea, modificarea culorii fisurii ne furnizează indicii referitoare la proveniența acesteia: dintr-un eveniment recent sau datează dintr-o perioadă mai îndepărtată. Cu cât mai îndepărtat este evenimentul care a produs fisura, cu atât mai mult se vor constata urme ale factorilor exteriori, și anume o colorare mai închisă a fisurii. Fisuri deschise la culoare sunt un semn tipic ca acestea s-au produs recent.

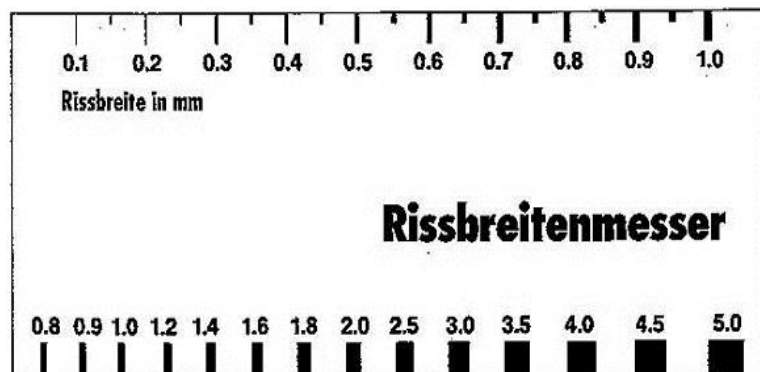


Fig. 7.4. „Măsurător” lățime fisuri (în format card) conceput de autor [8]

Este important a analiza daunele care nu apar din cauza lucrărilor miniere spre a nu da loc la interpretări greșite.

În cele ce urmează se prezintă o clasificare a acestora, cât și a urmărilor lor:

- **Fisuri din tasare:**

Fisurile din tasare apar în urma unor diferențe de greutate, respectiv a modificărilor încărcărilor sau a tasărilor diferite a corpurilor de clădire ca urmare a neomogenității terenului de fundare. De obicei avem de-a face cu microfisuri, care nu influențează capacitatea portantă, sunt doar un defect estetic.

- **Fisuri în zidării și tencuieli:**

Pot avea cauza într-o execuție necorespunzătoare – dacă nu s-a lucrat conform normelor (DIN) sau conform cu reglementările tehnice. De asemenea, din diferențe de temperatură a diferitelor părți de construcție înglobate, dar și în zone de racord la material organice, ca de exemplu părți constructive din lemn.

- **Daune din vibrații:**

Sunt, precum ne arata și denumirea, daune ce apar în urma unor acțiuni sacadate. Pot apărea datorită circulației stradale cât și a activității industriale.

- **Soluții de fundare necorespunzătoare**

Cauza este capacitatea portantă redusă a terenului de fundare și fundațiile incorect dimensionate. Aceasta cauza producătoare de fisuri nu poate fi constată cu ochiul liber.

- **Mod de construire necorespunzător**

Când nu se edifică în conformitate cu regulile valabile ale tehnicii. De exemplu, insuficienta țesere la zidării, subdimensionare elemente constructive, rezemare insuficientă.

- **Utilizarea materialelor de calitate inferioare**

Cum este enunțat și în titlu, se referă la daunele ce apar în urma utilizării materialelor de calitate necorespunzătoare. Prețul construcției scade deoarece proprietățile materialelor sunt necorespunzătoare și astfel, sub încărcări, apar daune la construcție.

- **Modificări ale nivelului apei din pânza freatică**

Dacă se extrage mai mult apa din pânza freatică în zone metropolitane, cât și în zone cu un număr ridicat de unități industriale, poate să apară o scădere a nivelului apei în pânza freatică. Ca urmare, apar tasări ulterioare în straturile de teren.

- **Daune din îngheț**

Daune ce apar dacă, pentru o perioadă mai îndelungată de timp, încăperile nu sunt încălzite în anotimpul rece. Urmările perioadelor de dezgheț constau în formarea de fisuri în pereți, care sunt de fapt, microfisuri.

- **Daune din cauza dilatațiilor și contracțiilor**

Daune din dilatații apar, de obicei, în pardoseli. Se produc din cauza prevederii insuficiente de rosturi în șape și, deci, și în stratul de uzură.

- **Daune din umezeală**

Apar din cauza neetanșeităților, de exemplu, în zona acoperiș. Drept urmare pătrunde umezeala, care, la rândul ei, produce daune.

- **Daune din cauza apei freatice**

Apar din cauza scăderii naturale a nivelului apei. Aceste daune se produc ca urmare a unor perioade prelungite de secetă, în urma cărora este mai dificilă reumplerea rezervorului de ape și, deci, nivelul apei în pânza freatică scade.

- **Daune de natura geologică**

Cauzele de natură geologică constau în modificări ale straturilor de pământ neomogene.

Se pot enumera aici incluziuni cum ar fi lentile de turb, straturi cu granulații diferite, astfel încât rezultă un fel de straturi glisante. De asemenea, se poate include existența unor nervuri de apă, curenți subterani, care au influență asupra zonelor adiacente.

- **Calculare statică eronată**

Prin necunoașterea exactă a proprietăților terenului de fundare (de exemplu dacă se face economie de costuri la studiul geotehnic), se fac greșeli din start în calculele statice.

- **Curgerea lentă diferită a două materiale de construcție**

Din cauza proprietăților diferite ale materialelor de construcții apar deformații diferite din curgerea lentă. În zonele de contact a două materiale de construcții diferite apar fisuri.

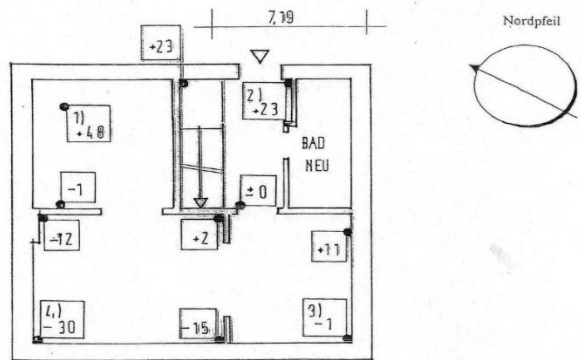
Starea inițială înclinată, apare din cauza faptului că, în perioada edificării unei construcții, etapele succesive de edificare nu sunt executate cu destulă exactitate și acuratețe astfel încât părți ale construcției nu mai sunt verticale, respectiv plane. Ca atare apar neplaneități sau poziții înclinate ale părților unei construcții.

Aceasta inexactitate își are originea în procesul de edificare a fiecărei părți a construcției, drept urmare construcția în sine, înainte de finalizarea sa, are o înclinație inițială. De aceasta se va ține cont în cercetarea ulterioară a oricărei modificări apărute, inclusiv din vibrații cauzate de activități de minerit.

Măsurătorile de înclinație se realizează conform principiului enunțat în figura de mai jos.

ÜBERSICHT- u. MESSPUNKTE / GRUNDRISS-SKIZZE

Meßdatum: 17. Nov 00  
 Meßebe: Erdgeschoss / über UG



Straßenseite

Anmerkung : vorhandene Höhenunterschiede infolge unterschiedlicher Belagsstärken sind in den Werten bereits berücksichtigt / korrigiert !  
 Für die Maßstäblichkeit der Skizze wird keine Gewähr übernommen.

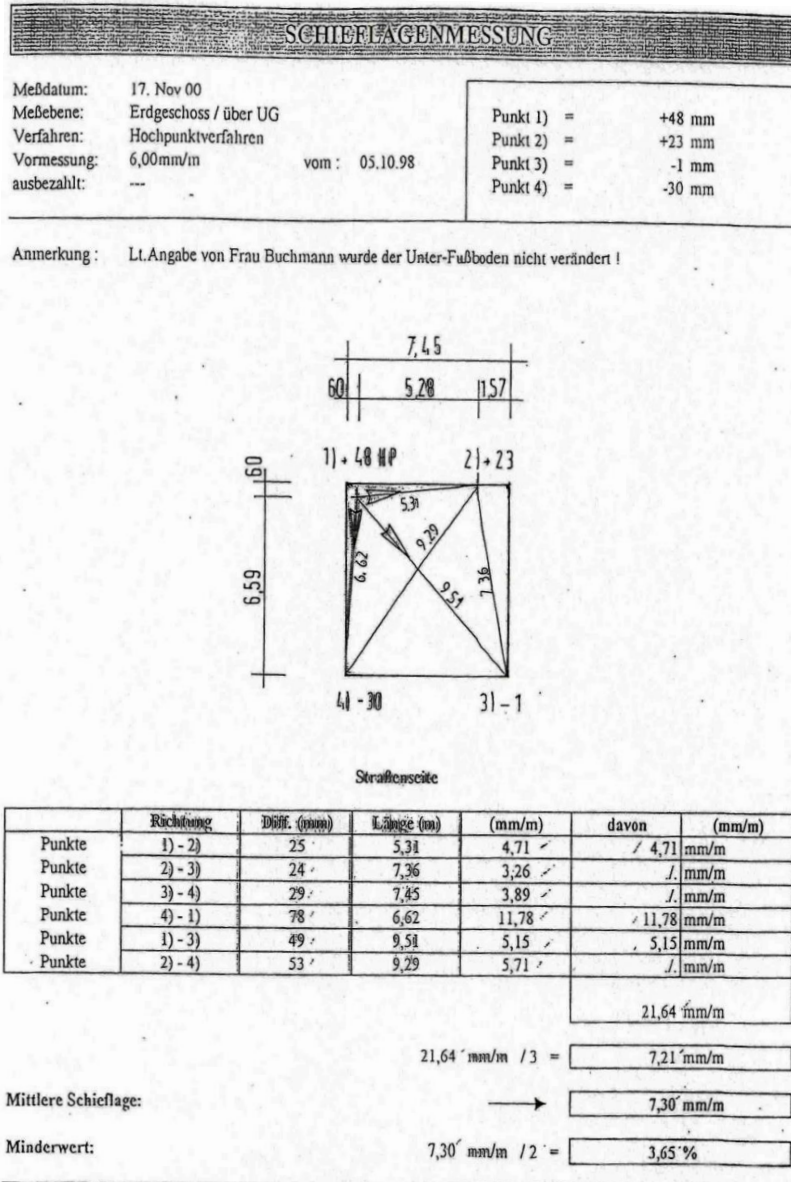


Fig. 7.5. Plan de ansamblu, valori măsurate [8]

Prin noțiunea de *pagube vechi*, respectiv *pagube preexistente* se înțeleg daune la clădire sau părți ale clădirii care existau de dinaintea apariției unei daune provenită din activitatea de minerit. Daunele vechi sunt daune care nu au legătură cu activitatea de minerit. Cauzele producerii lor sunt naturale sau execuția necorespunzătoare a construcției.

Urmare a activității miniere și a vibrațiilor produse de aceasta, reprezentarea optică a daunelor se intensifică. Fenomenele ce se extind pe o perioadă mai îndelungată de timp și au o intensitate mică, se accelerează din cauza vibrațiilor



provenite din activitatea de minerit astfel încât factorul uman le percepe mai accelerat (în speță proprietarul) cu toate că activitatea minieră nu este cauzatorul inițial al producerii daunelor. Pagubele vechi, respectiv preexistente se deosebesc ca aspect de cele mai recente, ceea ce ușurează departajarea lor.

În construcțiile civile normele DIN 18201, respectiv DIN 18202 reglementează capitolul toleranțe măsurători. În ciuda tehnicii avansate și a preciziei în procesul de realizare a unei construcții, în urma transpunerii în realitate a planurilor apar abateri, care în practică pot să apară și din cauza proprietăților diferite ale materialelor. Fără a distorsiona funcțiunile construcției trebuie limitate aceste abateri. Legile mai sus enumerate dau valorile limită ale abaterilor admise.

Abaterile de la valorile nominale conținute în planuri se vor tolera și nu conțin în sine motive de apariție de daunelor. Cu cât mai mari sunt depășirile valorilor de referință se poate vorbi de un neajuns al construcției până la o daună; acest lucru cade în răspunderea firmei executante.

Tabelle 3: Ebenheitstoleranzen

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Bezug	Stichmaße als Grenzwerte in mm bei Meßpunktabständen in m bis				
		0,1	1 <sup>1)</sup>	4 <sup>1)</sup>	10 <sup>1)</sup>	15 <sup>1) 2)</sup>
1	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden	10	15	20	25	30
2	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden mit erhöhten Anforderungen, z. B. zur Aufnahme von schwimmenden Estrichen, Industrieböden, Fliesen- und Plattenbelägen, Verbundestrichen. Fertige Oberflächen für untergeordnete Zwecke, z. B. in Lagerräumen, Kellern	5	8	12	15	20
3	Flächenfertige Böden, z. B. Estriche als Nutzestriche, Estriche zur Aufnahme von Bodenbelägen Bodenbeläge, Fliesenbeläge, gespachtelte und geklebte Beläge	2	4	10	12	15
4	Wie Zeile 3, jedoch mit erhöhten Anforderungen	1	3	9	12	15
5	Nichtflächenfertige Wände und Unterseiten von Rohdecken	5	10	15	25	30
6	Flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken, z. B. geputzte Wände, Wandbekleidungen, untergehängte Decken	3	5	10	20	25
7	Wie Zeile 6, jedoch mit erhöhten Anforderungen	2	3	8	15	20

1) Zwischenwerte sind den Bildern 1 und 2 zu entnehmen und auf ganze mm zu runden.  
2) Die Ebenheitstoleranzen der Spalte 6 gelten auch für Meßpunktabstände über 15 m.

Fig.7.6. Valori ale toleranțelor admisibile



**Erderschütterungen im Bereich BW Saar**  
Seit 01.01.2008

Nr.	Datum	Ereignis		Lobach		Zährnk		Zentrum		Blonort		Kürrsch		Kürrsch-Öst		Hoop		LGER							
		Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)	Max V (mm/s)	Max A (mm/s²)				
1.	03.01.2008 07:59:51	42,38	2,23	132,26	5,6	1,55	41,61	2,4	8,75	210,63	3,2	21,34	530,78	2,9	23,77	183,59	5,4	7,31	138,05	5,4	4,23	179,25	4,9	3,4	Fransmuds
2.	04.01.2008 10:53:39	7,86	0,45	309,25	6,8	2,29	81,44	6,1	1,36	47,47	5,1	2,44	124,67	2,7	2,08	83,33	5,4	2,54	100,39	5,9	0,76	23,28	3,2	3,1	Fransmuds
3.	07.01.2008 16:04:05	1,73	0,09	21,39	5,6	0,44	14,38	7,1	0,31	15,10	5,1	0,59	22,46	6,3	1,44	44,62	5,1	0,91	52,04	5,6	0,22	12,09	6,1	2,3	Nordrad
4.	08.01.2008 23:18:05	1,44	0,07	147,88	5,6	0,71	20,21	2,4	1,38	28,81	2,9	3,65	117,26	3,4	0,15	6,62	5,4	6,23	524,67	5,6	1,57	84,56	4,9	2,8	Fransmuds
5.	10.01.2008 12:17:39	13,37	1,05	147,88	5,6	0,71	20,21	2,4	1,38	28,81	2,9	3,65	117,26	3,4	0,15	6,62	5,4	6,23	524,67	5,6	1,57	84,56	4,9	2,8	Fransmuds
6.	14.01.2008 18:11:38	1,05	0,06	147,88	5,6	0,71	20,21	2,4	1,38	28,81	2,9	3,65	117,26	3,4	0,15	6,62	5,4	6,23	524,67	5,6	1,57	84,56	4,9	2,8	Fransmuds
7.	16.01.2008 08:32:14	1,15	0,08	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Nordrad
8.	16.01.2008 11:42:50	13,14	1,09	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Fransmuds
9.	16.01.2008 20:39:25	1,77	0,14	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Nordrad
10.	16.01.2008 08:43:39	1,22	0,09	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Nordrad
11.	22.01.2008 09:03:26	2,23	0,17	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Nordrad
12.	23.01.2008 08:43:39	1,22	0,09	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Nordrad
13.	23.01.2008 08:43:39	1,22	0,09	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Nordrad
14.	25.01.2008 15:19:26	20,56	1,59	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Fransmuds
15.	26.01.2008 05:44:29	17,87	1,36	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Fransmuds
16.	26.01.2008 16:53:06	1,81	0,13	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Fransmuds
17.	30.01.2008 12:46:06	2,76	0,21	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Fransmuds
18.	31.01.2008 08:58:25	1,09	0,07	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Nordrad
19.	01.02.2008 10:15:05	1,10	0,08	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Fransmuds
20.	01.02.2008 07:28:26	2,19	0,16	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Fransmuds
21.	01.02.2008 11:07:16	1,88	0,14	61,56	2,7	0,56	16,26	2,4	1,43	29,49	3,2	4,84	214,39	7,1	13,14	1062,86	5,1	5,77	473,61	5,9	1,86	99,45	5,9	2,8	Fransmuds
35.	23.02.2008 16:30:54	89,54	6,97	430,99	5,6	2,87	75,22	2,7	23,62	562,50	3,4	57,21	1189,59	2,9	39,72	1175,29	5,4	11,88	466,50	5,6	16,11	529,64	4,6	4,0	Nordrad
36.	24.02.2008 22:58:05	1,25	0,09	430,99	5,6	2,87	75,22	2,7	0,14	10,04	5,4	0,54	24,95	5,6	0,14	6,59	5,6	1,25	105,50	5,1	0,38	17,50	5,6	1,9	Fransmuds
37.	03.04.2008 11:05:58	1,31	0,10	430,99	5,6	2,87	75,22	2,7	0,14	10,04	5,4	0,54	24,95	5,6	0,14	6,59	5,6	1,25	105,50	5,1	0,38	17,50	5,6	1,9	Fransmuds
38.	05.04.2008 13:52:00	1,11	0,08	430,99	5,6	2,87	75,22	2,7	0,14	10,04	5,4	0,54	24,95	5,6	0,14	6,59	5,6	1,25	105,50	5,1	0,38	17,50	5,6	1,9	Nordrad
39.	12.04.2008 12:06:00	1,23	0,09	430,99	5,6	2,87	75,22	2,7	0,14	10,04	5,4	0,54	24,95	5,6	0,14	6,59	5,6	1,25	105,50	5,1	0,38	17,50	5,6	1,9	Nordrad

Fig. 7.7. Șocuri ale solului BW Saar, Jan-Aprilie 2008 [8]

În zona în care au loc închideri de mine, întreprinderile de minerit au amplasat o rețea de seismografe (aparate măsură).

În urma înregistrării aparatului se poate constata gravitatea vibrațiilor/mișcări teren produse din cauza activității de minerit.

În funcție de tipul construcției și modul de amplasare a clădirilor în zonă, obiectivele pot suporta/pot rezista la diferite amplitudini ale vibrațiilor terenului, fără a se produce pagube semnificative.



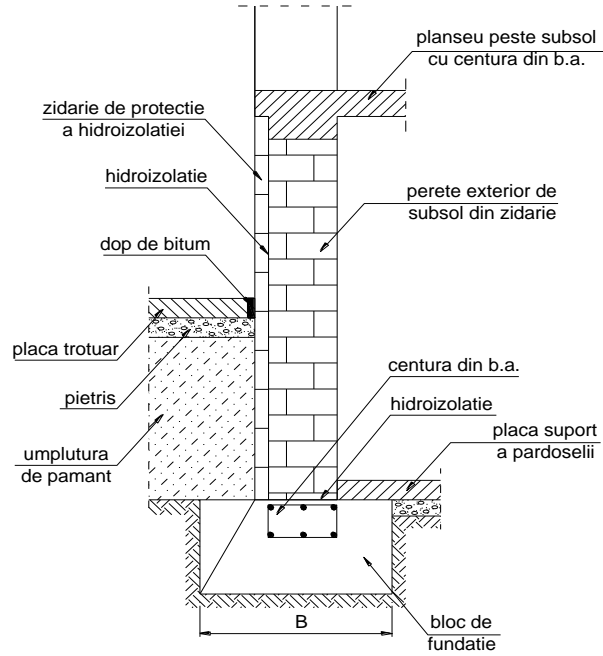
Fig. 7.8. Despicătură de clădire [33]



Fig. 7.9. Fisuri de fațadă [65]



Fig. 7.10. Daune specifice având cauze miniere [37]



*Fundație pentru perete exterior cu subsol*

**Fig. 7.11. Exemplu tipic de reparare corectă [43]**

## 8. CONSIDERAȚII TEHNICE PRIVIND DISTRUGERILE DE CLĂDIRI

### 8.1. Monitorizarea construcțiilor

Se folosesc elemente care măsoară mișcările clădirii și anume tasări, înclinări, deformații, valori care să fie în măsură să aprecieze siguranța și comportarea de durată a clădirii.

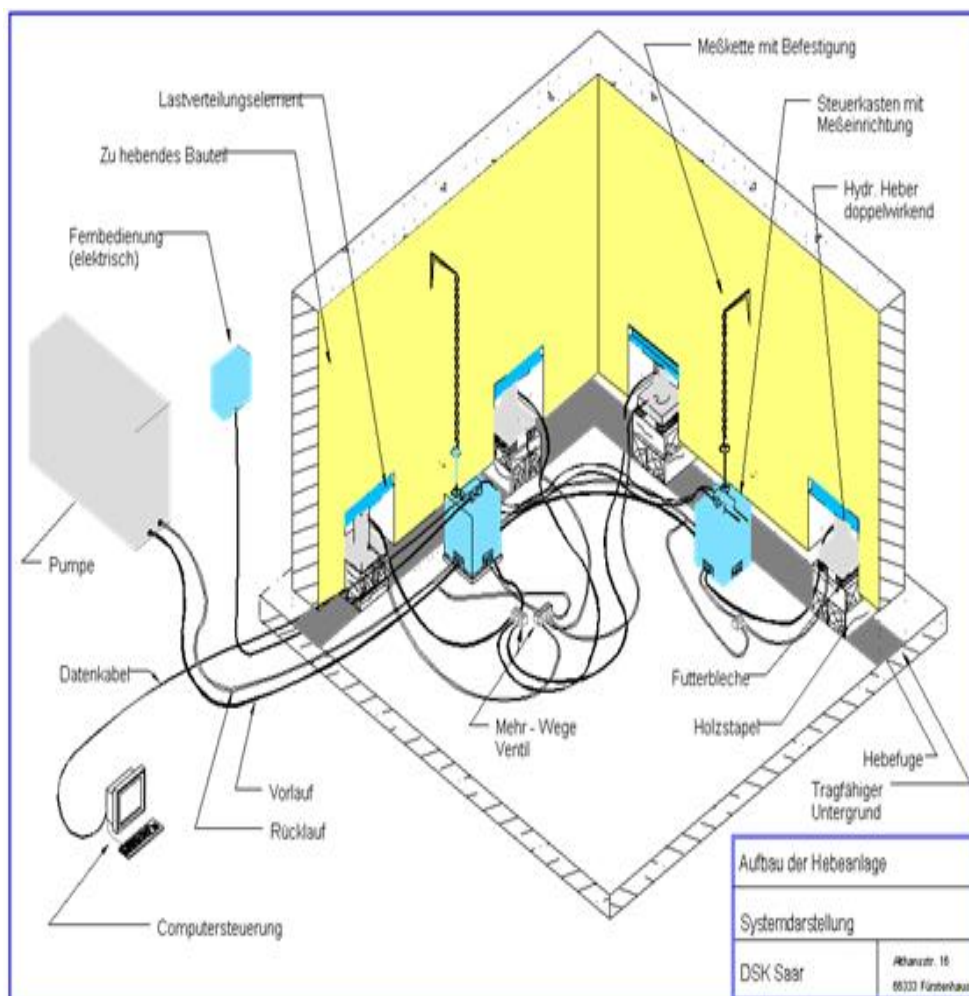


Fig. 8.1. Schema privind elementele de măsură și control [8]

Principalele elemente componente sunt arătate în figura 8.2.



**Fig. 8.2. Elementele componente**

Prezentul capitol cuprinde exemple practice de distrugeri și mijloace de consolidare a clădirilor afectate, respectiv aprecierea financiară a recompenselor către beneficiari. Se au în vedere vechimea construcției și eventuale greșeli de execuție care au accentuat sensibilitatea la zguduituri produse din cauza exploatărilor miniere.

Autorul a efectuat circa 300 de expertize referitoare la distrugeri de clădiri ca urmare a exploatărilor miniere. Se prezintă în continuare consolidarea bisericii „An Marienkirche 14” afectată de exploatarea minieră din Westfeld. Ca soluție de consolidare s-a recurs la ridicarea clădirii, din cauza înclinării construcției.

## 8.2. Biserica catolică din Fürstenhausen



**Fig. 8.3. Vederea bisericii [8]**



- Proiectarea clădirii a fost realizată în 1998;
- Demararea construcției: 15 octombrie 1998;
- Finalizarea consolidării: 09 iunie 2000.

**Date tehnice cu privire la biserica catolică:**

- Armatura de oțel 37.450kg;
- Beton 590m<sup>3</sup>;
- Greutate proprie cca. 3.100t, cu sarcini utile. 3.540tone;
- S-au folosit 787 arcuri elastice și 12 cilindrii hidraulici;
- Controlul deformațiilor cu un sistem implementat;
- Sistem electronic de măsurare a deformațiilor arcurilor.



**Fig. 8.4. Distrugerea plăcii de bază [8]**

Calculul rețelelor de grinzi se face după metodologia detaliată mai jos.

Având în vedere că sistemul de grinzi este încărcat preponderent vertical, adică normal pe planul, sau se poate pune condiția ca în punctele de intersecție ale grinzilor deplasarea pe vertical și rotirea sunt egale pentru fiecare pereche de grindă.

Rețeaua de grinzi este ortogonală astfel că rotirea produsă de încovoiere pe o direcție reprezintă rotirea din torsiune după cealaltă direcție, respectiv avem încovoiere după o direcție și torsiune după cealaltă direcție.

Necunoscutele dintr-un nod sunt momentele de încovoiere, torsiune și forță tăietoare, adică la  $n$  noduri avem  $3 \times n$  necunoscute.

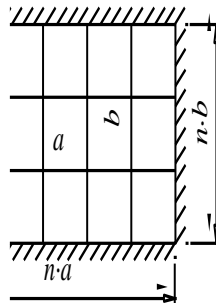
În practica inginerescă, în cazul planșelor curent utilizate, în special la clădiri de locuit, se poate neglija efectul torsiunii.

Dacă se folosește condiția de simetrie după două direcții atunci numărul de necunoscute în cazul rezolvării după metoda forțelor pentru structuri static nedeterminate se reduce drastic.

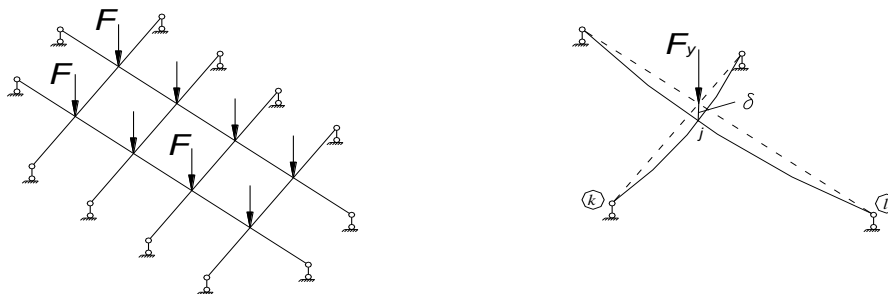


**Fig. 8.5. Structura de rezistență a planșeului [8]**

Singurele necunoscute sunt deplasările verticale în noduri și deci numărul de necunoscute este egal cu numărul de noduri ale rețelei de grinzi. În cazul grinzilor având aceeași rigiditate la încovoiere  $EI$  rezultă, de exemplu, în cazul încărcărilor în noduri, următoarele încărcări, respectiv moment încovoiătoare. [53]

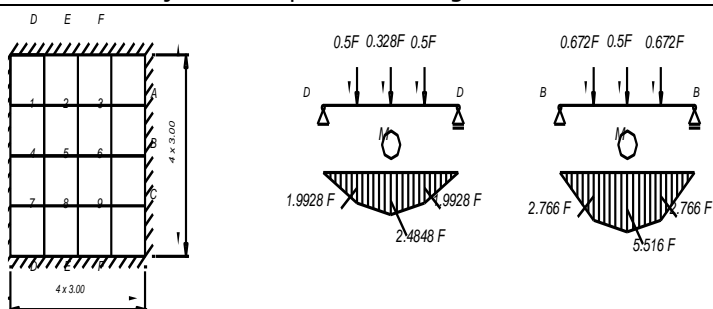


**Fig. 8.6. Schemă de calcul**



**Fig. 8.7. Placă încărcată pe 4 laturi**





**Fig. 8.8. Placă încărcată punctiform**



**Fig. 8.9. Altarul înainte și după consolidare [8]**

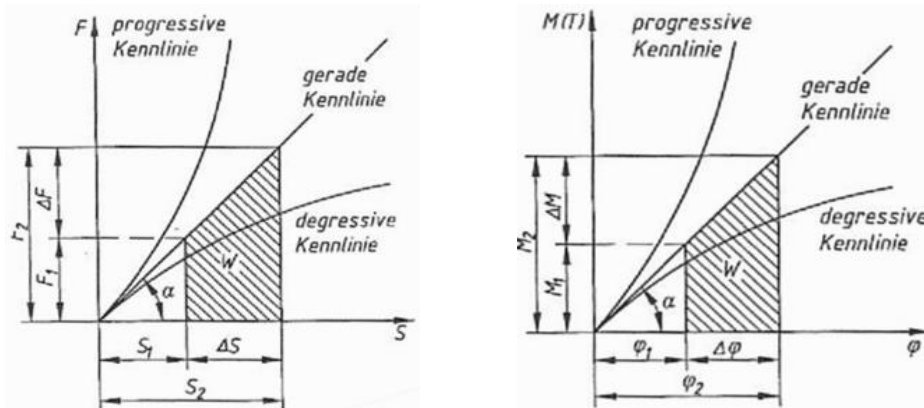
Rezemarea elastică s-a făcut cu resorturi supuse unei monitorizări permanente.



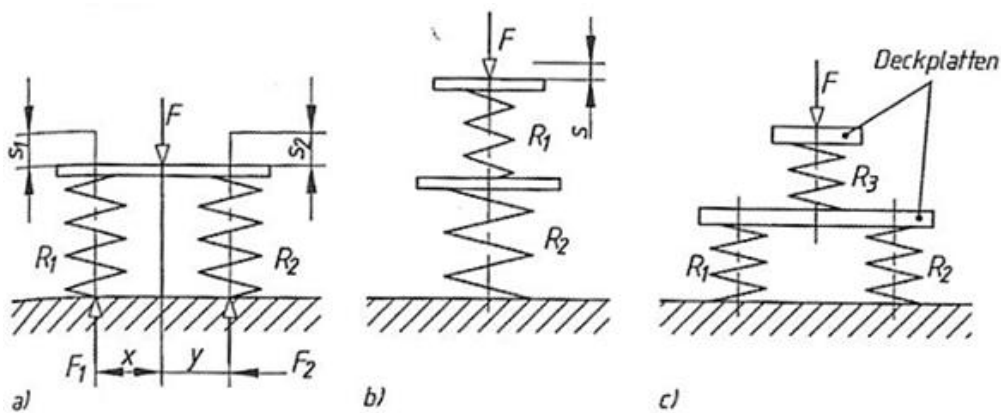
**Fig. 8.10. Dispunerea arcurilor [8]**

Arcurile se deformează elastic ca urmare a acțiunii unei forțe sau moment exterior. În funcție de natura și construcția arcului, curba lui caracteristică poate fi:

- progresivă, adică la o anumită valoare a forței  $F$  deformațiile rămân practic constante;
- liniară, adică deformațiile cresc proporțional cu deformația;
- degresivă, adică la o anumită forță deformațiile cresc foarte mult.



**Fig. 8.11. Curba caracteristică a arcurilor [54]**  
a) diagrama forță-deplasare b) moment unghi de răsucire



**Fig. 8.12. Dispunerea arcurilor cilindrice [54] a) paralelă b) în serie c) mixtă**

Constanta rezultantă a sistemului de resorturi  $R_{ges}$  ( $R_{\varphi ges}$ ) se calculează conform modului de dispunere: [54]

Dispunere paralelă:

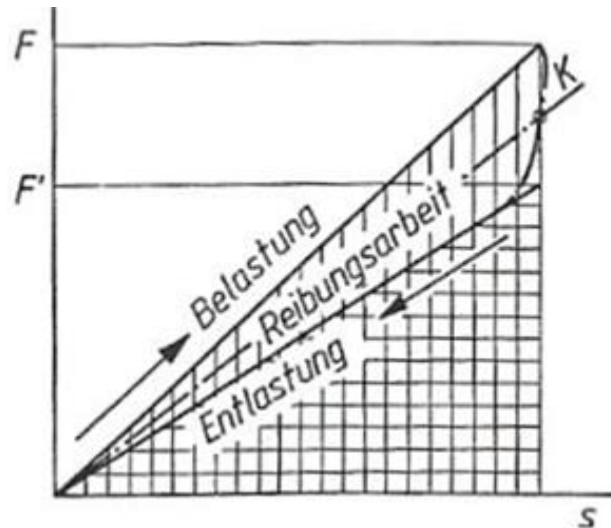
$$R_{ges} = R_1 + R_2 \quad (8.1)$$

Dispunere în serie:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (8.2)$$

Dispunere mixtă:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (8.3)$$



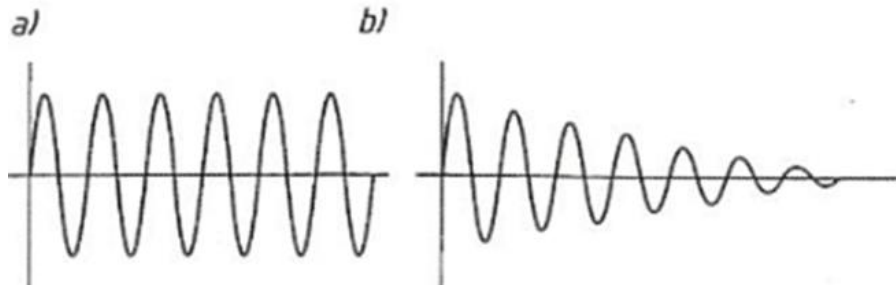
**Fig. 8.13. Randamentul arcului, la încărcare, descărcare și lucrul mecanic de frecare interioară [54]**

Randamentul arcului se definește ca raportul între lucrul mecanic util, la dispoziție și lucrul mecanic total, relația 8.4:

$$\eta_F = \frac{\text{Energia utilă}}{\text{Energia consumată}} = \frac{W_E}{W_B} < 1 \quad (8.4)$$

Prin combinarea arcurilor în variante constructive diferite se pot realiza curbe caracteristice individuale.

De obicei pentru a limita deformările se folosesc arcuri de tip degresiv care limitează mărimea forțelor introduse în structura de rezistență a clădirii, indiferent cât de mare ar fi tasarea.



**Fig. 8.14. Oscilații a) neamortizate b) amortizate**

Lucrul mecanic al arcului este:

$$W = \frac{F \cdot s}{2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{v \cdot \tau^2}{G} \quad (8.5)$$

V -Volumul de oscilație  $v = \left(d^2 \cdot \frac{\pi}{4}\right) \cdot l$  cu lungimea sârmei

$$l = D \cdot \pi \cdot n \quad (8.6)$$

În cazul vibrațiilor, arcurile conduc la o amortizare rapidă dependentă de mărimea energiei ce poate fi înmagazinată de arc.

Instalația hidraulică este prezentată în continuare:



**Fig. 8.15.a,b. Instalația hidraulică [8]**

## 9. SIMULĂRI NUMERICE CU METODA ELEMENTULUI FINIT – MEF (FEM)

### 9.1. Considerații teoretice

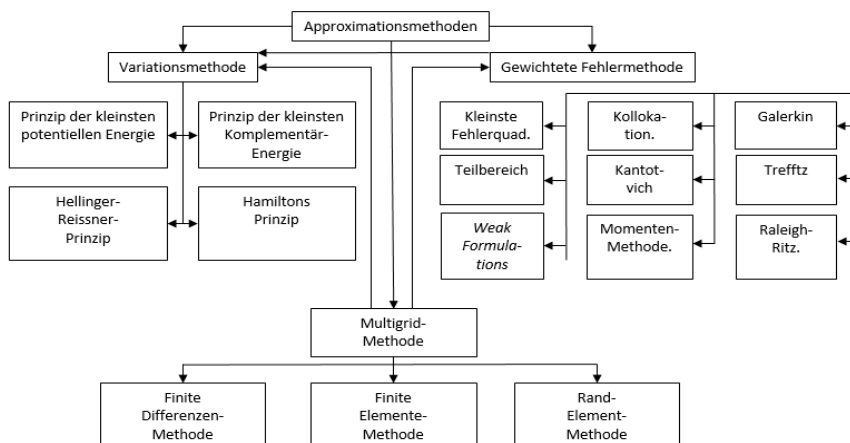


Fig. 9.1. Metode de calcul ale structurilor de rezistență [42]

Metodele de simulare cu ajutorul FEM sau BEM / 9.1/ oferă avantaje majore în practica inginerescă.

Numeroase programe precum ABAQUS; PLAXIS; CRISP, SIGMA și altele oferă posibilitatea modelării interacțiunii sisteme de fundare cu terenul de fundare pentru structuri spațiale 3D. Modelul de calcul se bazează pe ipoteza Mohr-Coulomb (Tresca, Saint-Venant-Bauschinger) a tensiunilor tangențial maxime, respectiv diferența între tensiunea normală maximă și minimă. Comparat cu metoda energetic Huber-Hencky- Mises se obțin eforturi de comparație mai mari și deci este acoperitor. Rezistența la forfecare a pământului este influențată decisiv de starea de umiditate.

În cazul comportării neliniare, în special la pământuri moi se folosește modelul Cam-Clay respectiv, Modified Cam-Clay Model. [46]

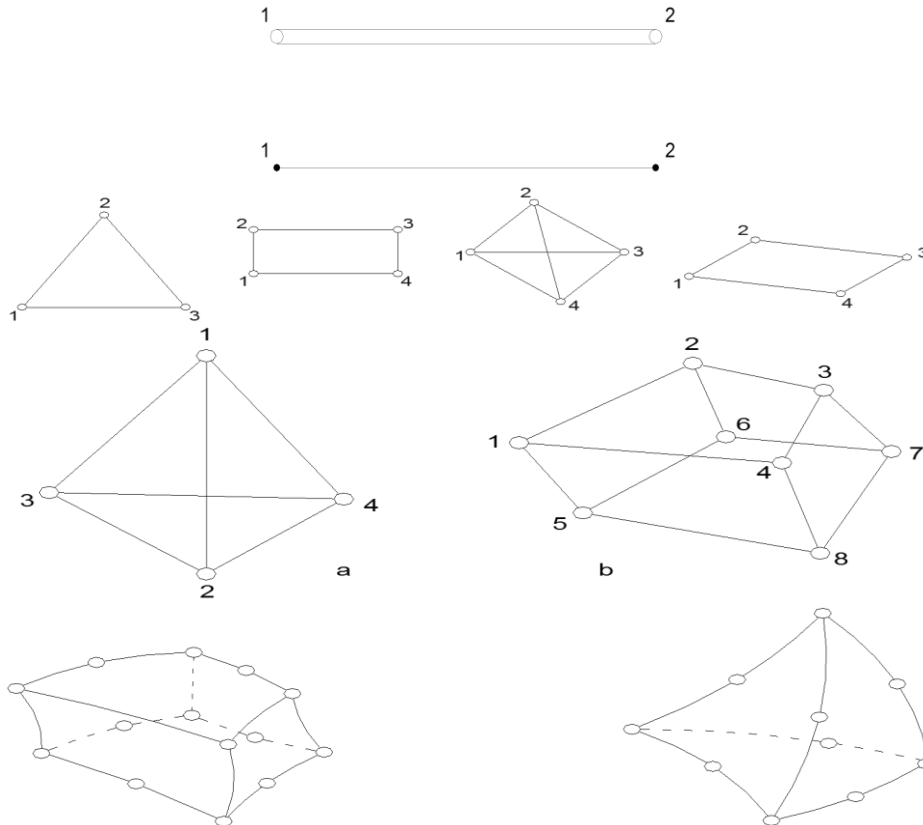
În cazul betonului armat se folosește, de obicei, ipoteza tensiunilor normale maxime după Leibnitz-Navier-Lame-Rankine. Ipoteza admite că tensiunea normală maximă este hotărâtoare pentru atingerea stării de rezistență.

În prezenta lucrare s-a folosit programul specializat FEM ANSYS (**AN**alysis **SY**stem), programul cel mai răspândit în birourile de inginerie din Germania. [66] Sediul firmei producătoare este în Canonsburg, Pennsylvania, Statele Unite ale Americii și are o experiență mondială de peste 40 de ani.

În Metoda Elementului Finit trebuie urmărite următoarele etape:

- Discretizarea structurii în întreg volum prin împărțirea în elemente finite de diverse forme, de exemplu o bară sau grindă în elemente de tip 1D, o placă sau placă curbă în elemente de tip 2D și un masiv în elemente de tip 3D, apoi numărarea nodurilor și elementelor precum și introducerea caracteristicilor geometrice (coordonate, dimensiuni, arii, moment de inerție etc.) și de material (module de elasticitate, plasticitate, rezistențe limită, admisibile, etc.). Aceasta operație se face automat prin modulul preprocesor (Fig. 9.2).

- Determinarea ecuațiilor de echilibru pe element și pe întreaga structură. Se determină matricea de rigiditate a fiecărui element și a întregii structuri, introducerea condițiilor de limită.



**Fig. 9.2. FEM – Elemente de discretizare [42]**

- Rezolvarea sistemului de ecuații bazate pe metoda deplasărilor a structurilor static nedeterminate.

Editarea rezultatelor prin modulul procesor; prezentarea este globală, în culori, în funcție de valoarea tensiunii lor mecanice și deplasărilor sau valori numerice tabelare.

Metoda elementelor de frontieră-BEM-Boundary Element Method discretizează doar suprafața exterioară a corpului, prin aceasta se economisește multă energie și se bazează pe metoda lui Green. [42]

Avantajele metodei constau într-o matrice a sistemului de ecuații complet ocupată, este mult mai mică decât la celelalte metode numerice iar tematica se reduce cu o dimensiune, adică din 3D devine o problemă de suprafață 2D. Problemele de discontinuitate de gen fisuri sau concentratori de eforturi se poate rezolva în mod simplu.

În exemplul următor se prezintă un calcul simplu comparativ între metoda elementului finit și metoda elementelor de frontieră.

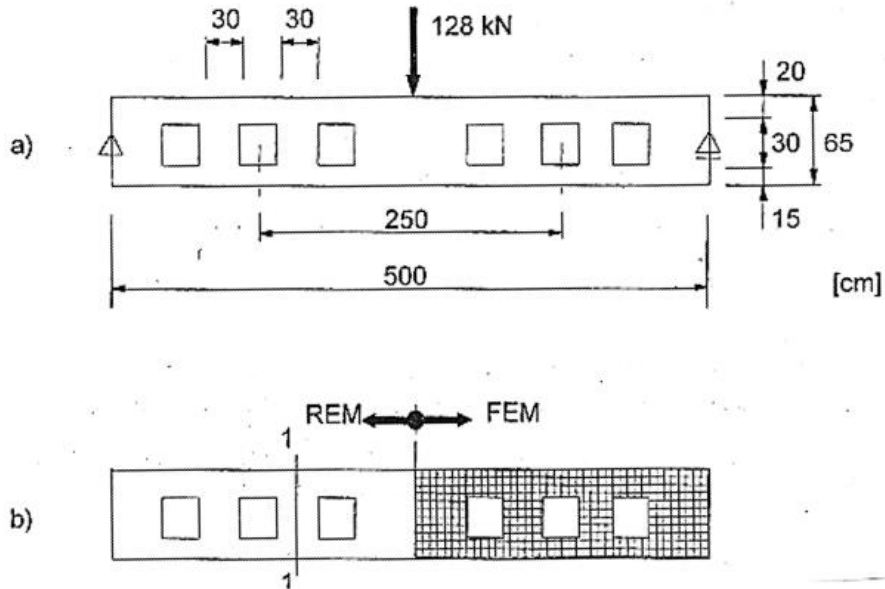


Fig. 9.3. Sistemul static și discretizarea [42]

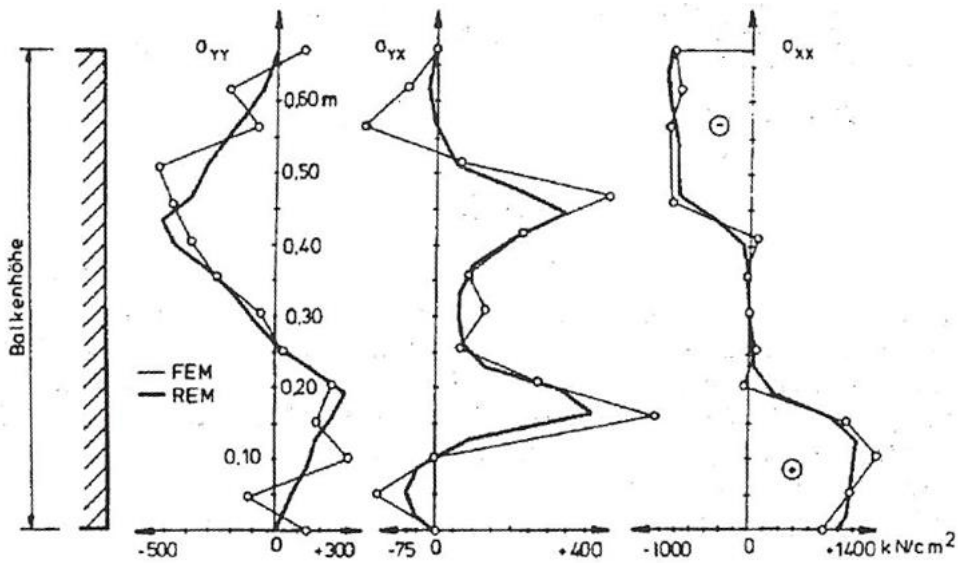


Fig. 9.4. Compararea între metodele FEM și REM [42]

## 9.2. Calculul unei clădiri cu tasări de fundații

Pentru a studia cum poate fi simulată o clădire supusă influențelor exploatarei miniere s-a folosit programul general FEM-ANSYS, program de calcul foarte răspândit în birourile de inginerie din Germania.

S-au considerat trei ipoteze de acțiuni:



- **Ipoteza de calcul 1.** Fundație cu placă de beton rezemată elastic pe balast de nisip; coeficient elastic de  $0,15\text{N/mm}^2$  pe toată suprafața. Acțiunea greutateii proprii și utilă.
- **Ipoteza de calcul 2.** Fundație cu placă de beton rezemată elastic pe balast de nisip: 90% din suprafața fundației cu coeficient elastic de  $0,15\text{N/mm}^2$ , restul cu  $0,01\text{N/mm}^2$ . Acțiunea greutateii proprii și utilă.
- **Ipoteza de calcul 3.** Fundație cu placă de beton rezemată elastic pe 90% din suprafață cu coeficient elastic de  $0,15\text{N/mm}^2$  și restul suprafeței cu o tasare continuă de maximum 40mm pe o suprafață de 10% la colțuri. Acțiunea greutateii proprii și utilă.

S-a efectuat o simulare a unei clădiri de locuit cu următorii parametri tehnici:

- Teren de fundație argilo-nisipos, greutatea specifică  $17\text{KN/m}^3$ ,  $E = 17.000\text{KN/m}^2$ , unghiul de frecare interioară 17 grade, coeziunea solului  $C = 2\text{KN/m}^2$ , Coeficient Poisson 0,35, Coeficient de pat  $k_s = 34.000\text{KN/m}^3$
- Încărcări permanente:
  - Radier  $25\text{KN/m}^3$ ;
  - Pereți de cărămidă  $20\text{KN/m}^3$ ;
  - Planșeu beton armat  $25\text{KN/m}^3$ ;
- Încărcări utile:
  - $P_u = 3\text{KN/m}^2$  conform SR EN 1991-1-1;
  - $P_z = 50\text{KN/m}^2$  (București  $1,92\text{KN/m}^2$ );
  - Încărcare zapadă.

Calculul static nelinear s-a realizat cu programul DIANA FEA, TNO Company, Delft, Olanda, program specializat pentru construcții civile și investigații geotehnice.

Terenul de fundare a fost modelat după modelul Mohr–Coulomb, discretizarea modelului spațial cu elemente de tip trapezoidal.

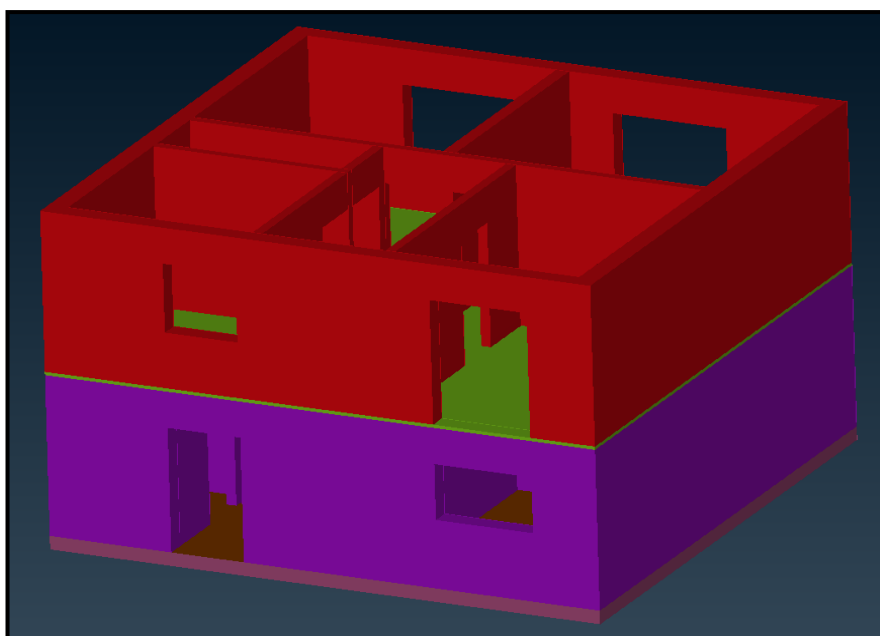


Fig. 9.5. Modelarea unei clădiri nefinisate/la roșu

**Date geometrice**

**Materiale utilizate:**

Beton poros

<b>Pereți exteriori, interiori</b>	Densitate	500kg/m <sup>3</sup>
	E-Modul	1800N/mm <sup>2</sup>
	Coeficient Poisson	0,15
	Rezistența la întindere	1N/mm <sup>2</sup>
	Rezistența la compresiune	3,2N/mm <sup>2</sup>

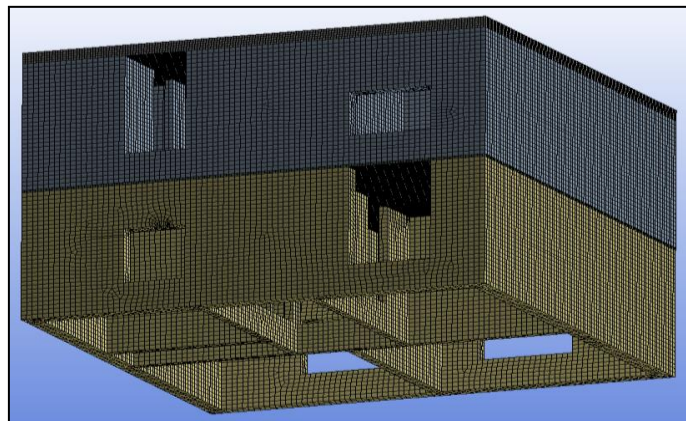
Beton armat

Planșeu, placă de bază	Densitate	500kg/m <sup>3</sup>
	E-Modul	30000N/mm <sup>2</sup>

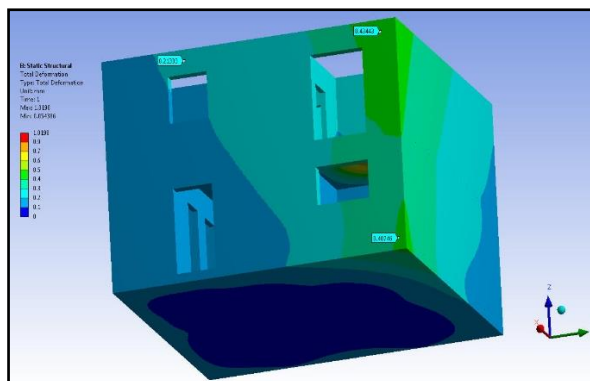
**Pereți, planșee :**

Placa de fundație	<b>1</b>	250mm
Pereți exteriori	<b>2</b>	300mm
Placa superioară	<b>3</b>	60mm
Pereți despărțitori	<b>4</b>	150mm

Principalele rezultate obținute sunt redată în figurile 9.6...9.14. [6]



**Fig. 9.6. Modelul de discretizare FEM**



**Fig. 9.7. Ipoteza 1, Placă de beton – deformații**

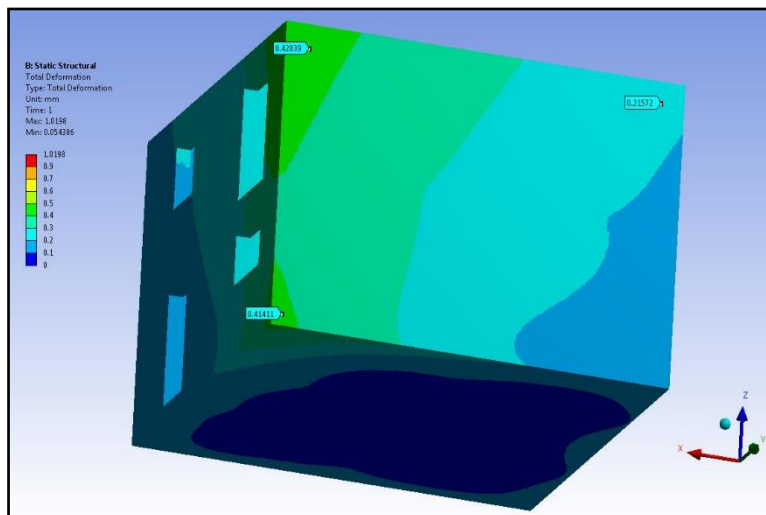


Fig. 9.8. Ipoteza 2- deformații

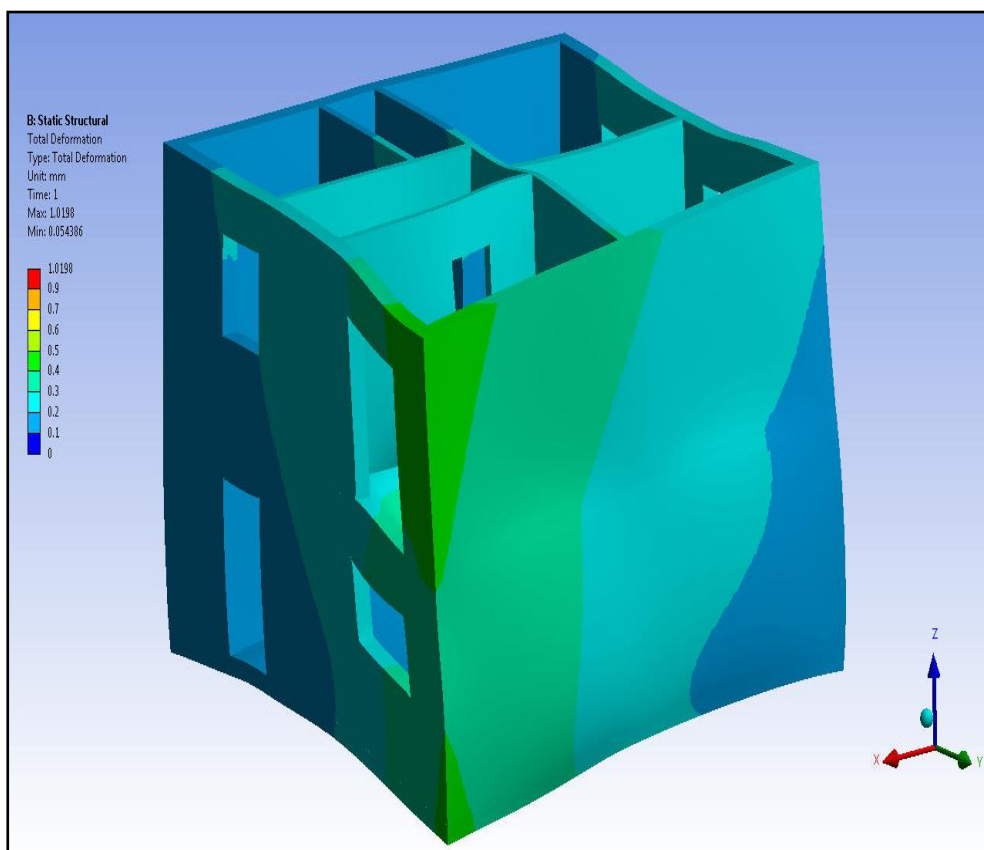


Fig. 9.9. Ipoteza 2 – deformații la scara 300:1

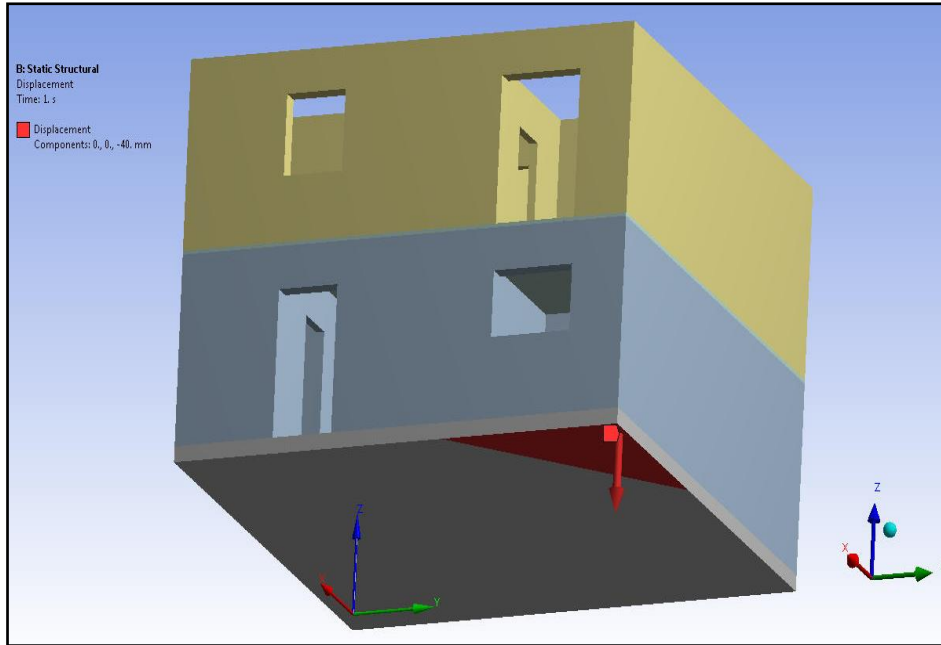


Fig. 9.10. FEM, Ipoteza 3, condiții de rezemare, tasare de colț

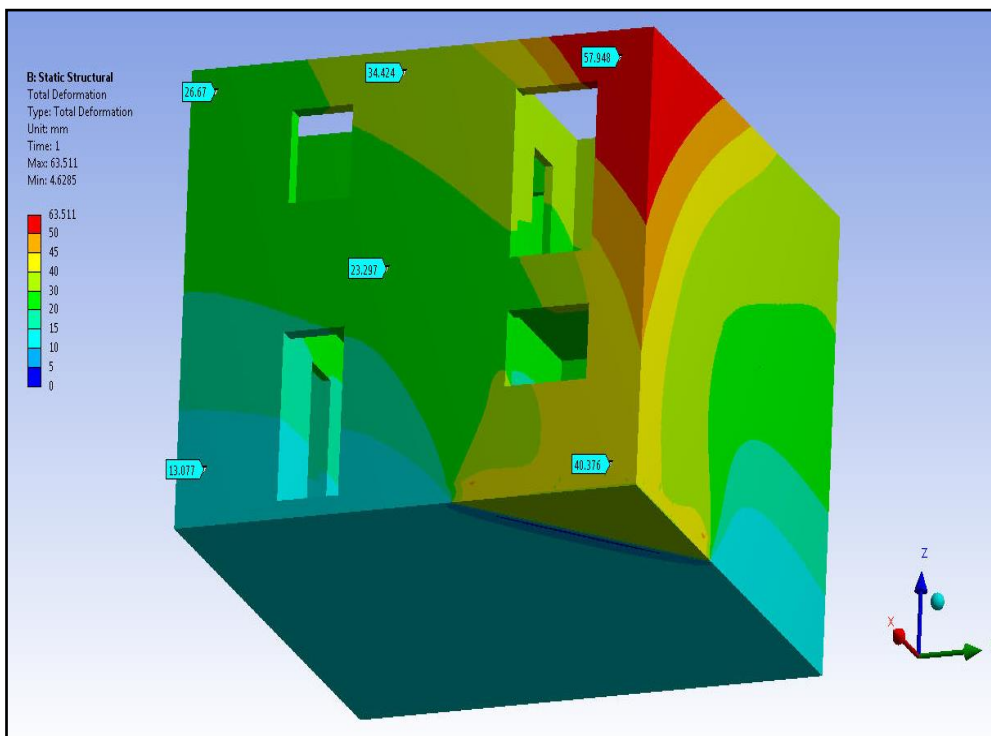


Fig. 9.11. Ipoteza 3 – deformații

Combinăția de încărcare 3° Aproximativ 10% din suprafața plăcii se tasează cu 40mm.

Condiții limită – Suport elastic și deplasări  
 (aproximativ 90% din suprafața plăcii) modulul de pat  $0,15\text{N/mm}^2$ ;  
 (aproximativ 10% din suprafața plăcii) deplasare pe z 40mm.

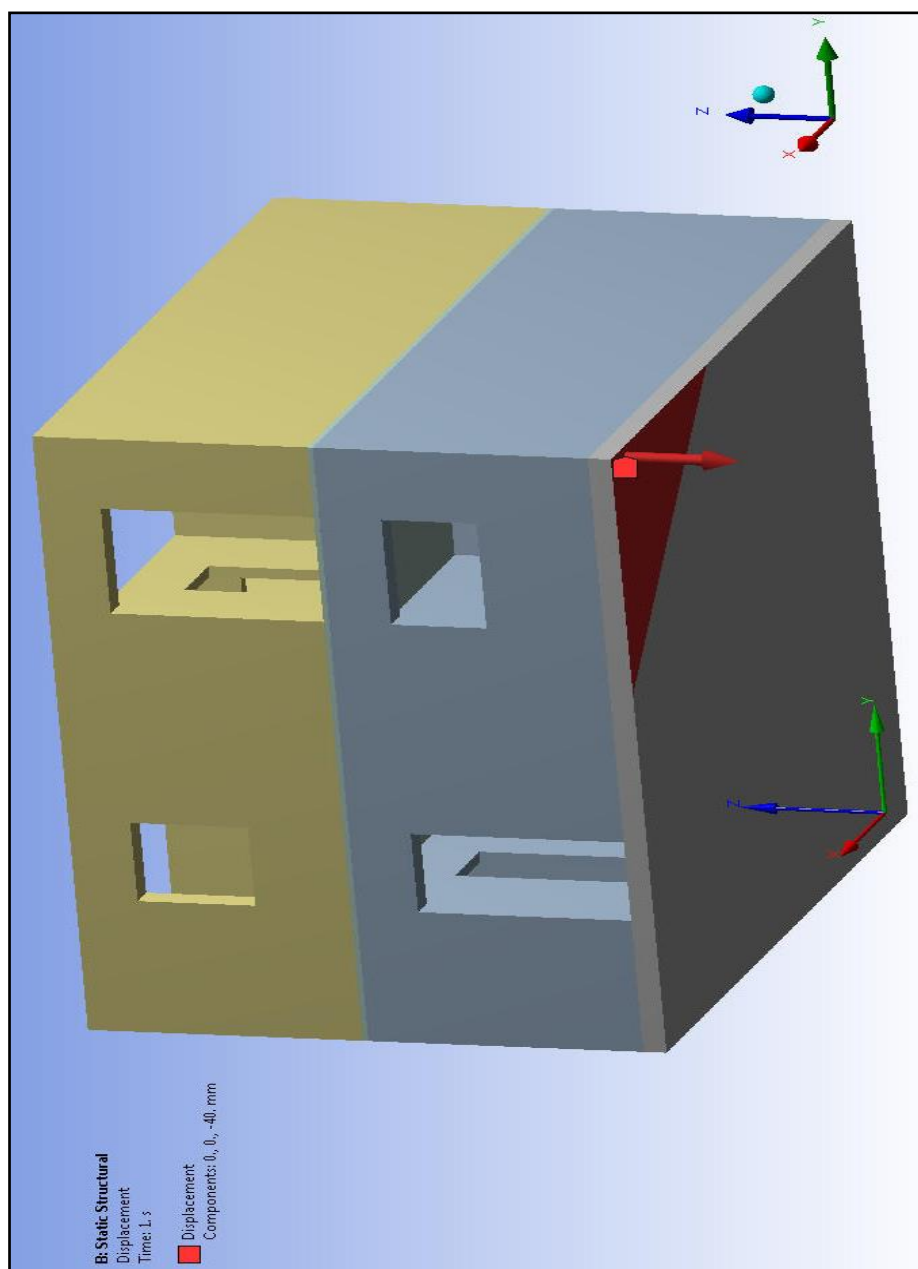


Fig. 9.12. FEM, Ipoteza 3 de calcul, condiții de margine

Combinăția de încărcare 3° Aproximativ 10% din suprafața plăcii se tasează cu 40mm

Rezultate:

Deformații, Vedere 1

Degradări/Avarii

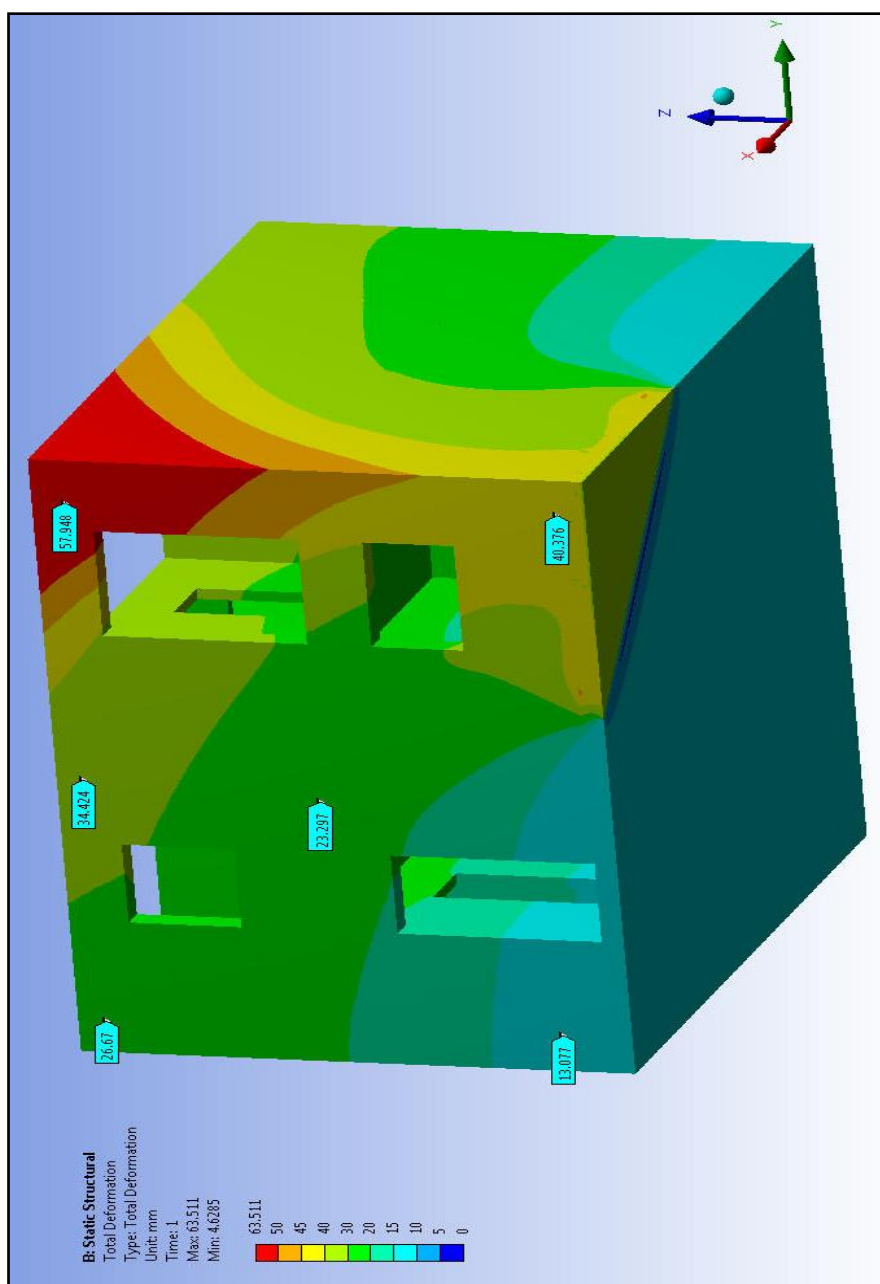


Fig. 9.13. FEM, Ipoteza 3 de calcul, deformații, perspectiva 1

Combinăția de încărcare 3° Aproximativ 10% din suprafața plăcii se tasează cu 40mm

Rezultate:

Deformații, Vedere 2

Degradări/Avarii

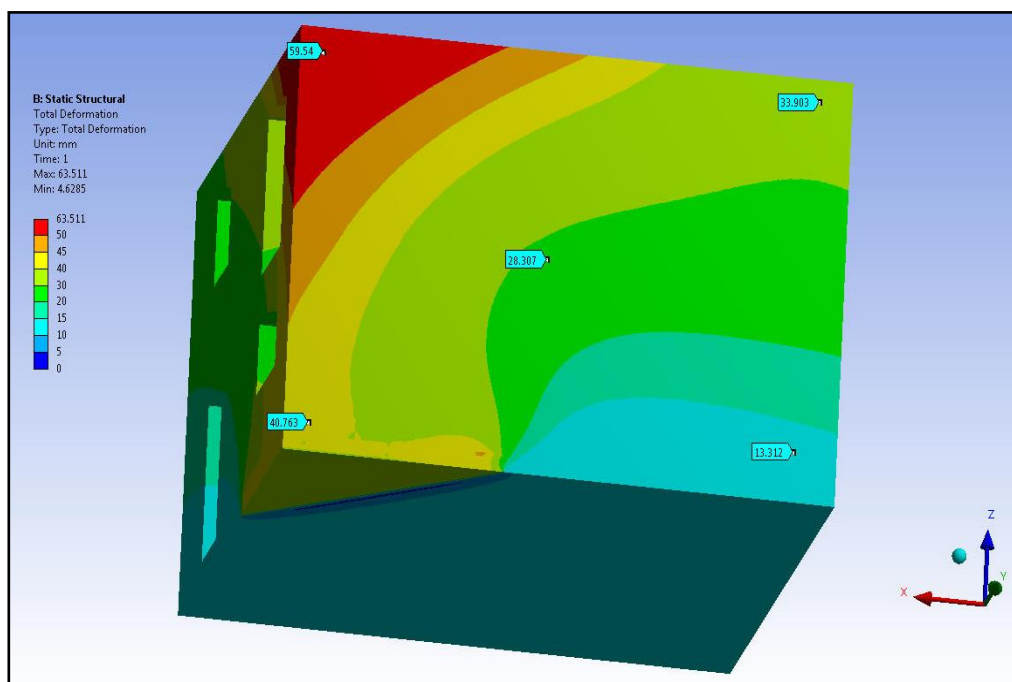


Fig. 9.14. FEM, Ipoteza de calcul 3-deformații, perspectiva 2

### 9.3. Clădire supusă tasării inegale

În continuare se simulează comportarea clădirii în cazul unei tasări inegale continue începând de la unul din colțuri [7].

Pentru perioada de tasare se aplică teoria tensiunilor principale maxime independent de factorul timp.

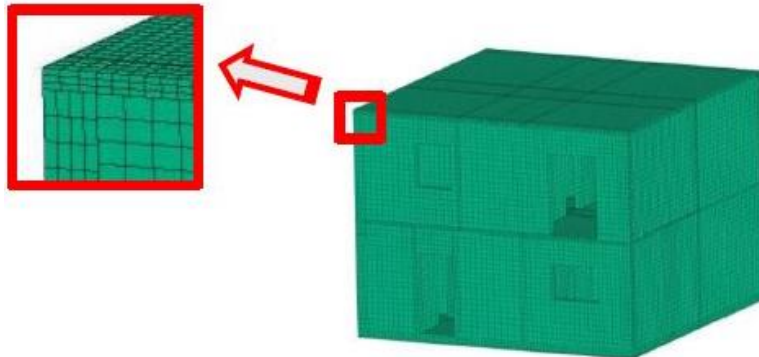
Se folosește teoria de rezistență a tensiunii principale în faza finală a tasării. Aceasta ipoteză se folosește pentru structura de rezistență unde rezistențele la compresiune sunt mult mai ridicate decât cele de întindere, cum ar fi de exemplu materialele casante de genul betonului armat. [19]

Tensiunea normală echivalentă se calculează cu formula:

$$\sigma_{eq} = \frac{(\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} \quad (9.1)$$

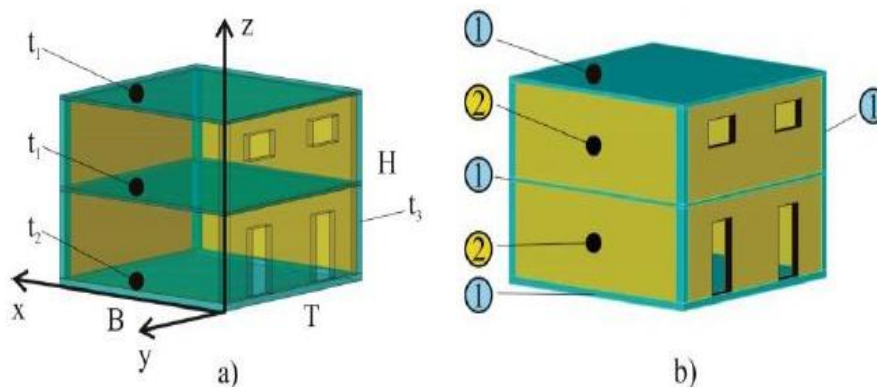
Discretizarea structurii s-a făcut cu circa 100.000 de elemente finite.





**Fig. 9.15. Structura de discretizare**

În figurile 9.16a,b sunt prezentate dimensiunile generale, proprietățile mecanice și încărcările structurii de rezistență.



**Fig. 9.16. a, b- Notății ale elementelor structurii**

Placa intermediară și superioară  $t_1 = 120\text{mm}$ .

Placa de fundație  $t_2 = 250\text{mm}$ .

În colțuri patru stâlpi cu dimensiunile  $t_3 \times t_3 = 330 \times 330\text{mm}$ .

Dimensiunile generale ale structurii  $B \times T \times H = 9 \times 9 \times 6\text{m}$ .

După normele europene EC 2-1-1 și DIN EN 1992-1-1 [21] se stabilesc următoarele proprietăți:

**Material 1** - C40 / 50  $f_{ck1} = 40\text{MPa}$ ,  $E_{b1} = 30.000\text{Mpa}$

**Material 2** - LC40 / 44  $f_{ck2} = 40\text{MPa}$ ,  $E_{b2} = 1.800\text{Mpa}$

Încărcare distribuită pe toate cele trei plăci (Fig. 9.18.):

Placa superioară  $p_1 = 0,07\text{MPa}$ , placa intermediară și de bază  $p_2 = 0,225\text{MPa}$ .

Coeficientul de tasare a solului :  $c_t = 40.000\text{KN/m}^3 = 40\text{MPa/m}$ .

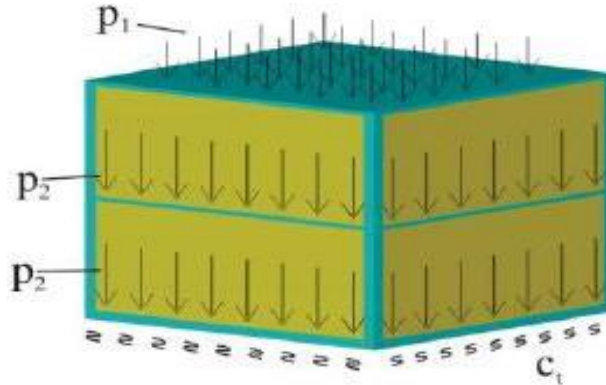


Fig. 9.17. Încărcarea structurii

S-au considerat următoarele ipoteze de calcul:

**Ipoteza 1** – Greutate proprie și utilă  $p_1$  și  $p_2$

**Ipoteza 2** – Ipoteza 1 și suplimentar tasarea la unul din colțurile plăcii de bază. Tasarea are valoarea maximă  $W = 300\text{mm}$  sub stâlp și se reduce continuu, zona afectată reprezintă 10% din suprafața plăcii de bază.

Au fost calculate valorile tensiunilor mecanice și ale deformațiilor în ambele ipoteze și valorile maxime au fost selectate.

Simularea se efectuează cu programul FEM-ANSYS (S.U.A.). [66]

Principalele rezultate importante pentru analiza siguranței structurii se prezintă mai jos. [7]

#### Rezultatele în cazul ipotezei 1 de calcul:

##### Loading Case 1

MPa

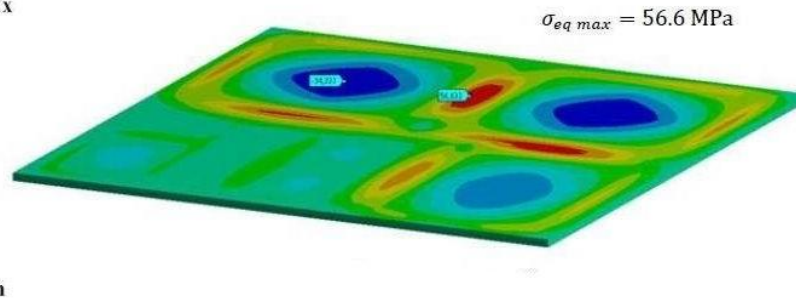
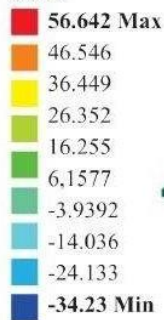


Fig. 9.18. Ipoteza 1-Tensiunile echivalente în placa intermediară și superioară

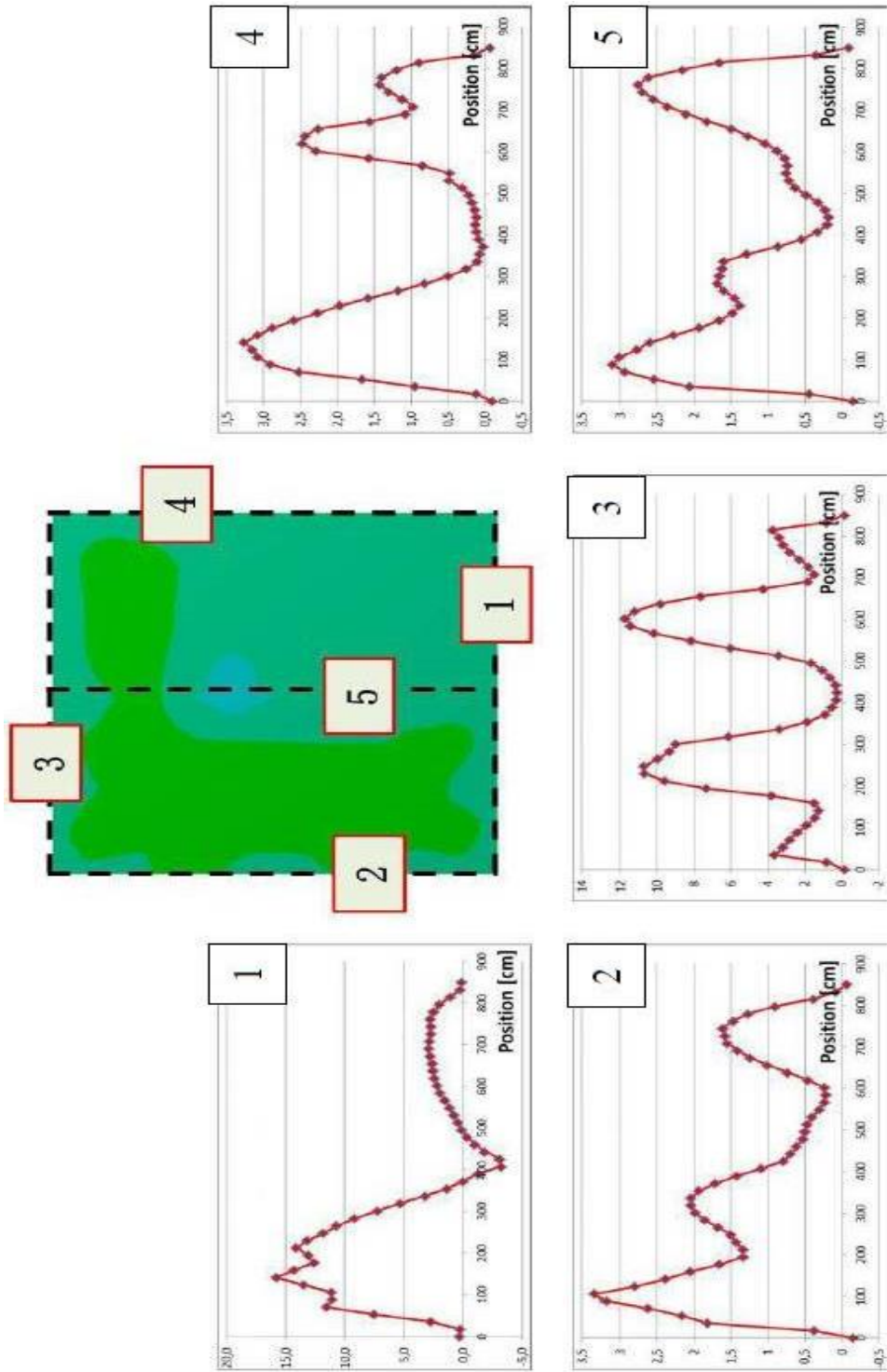


Fig. 9.19. Variația tensiunilor maxime echivalente

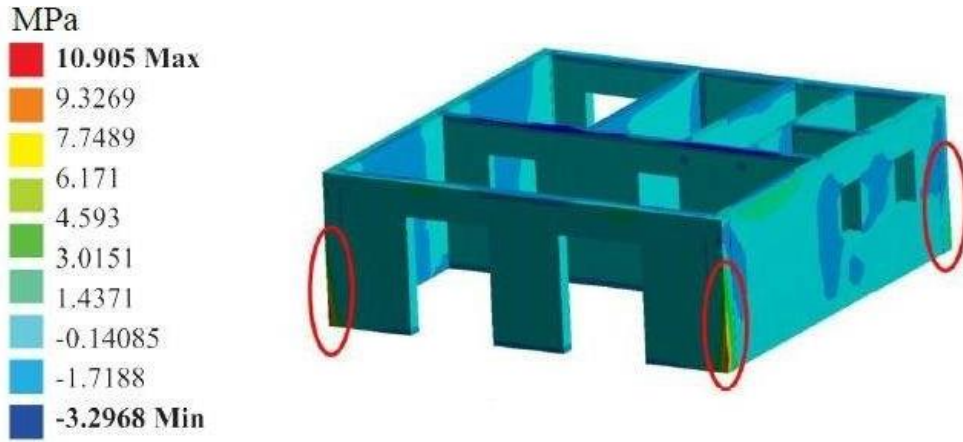


Fig. 9.20. Tensiuni echivalente în pereți și stâlpii de colț

În figura următoare este prezentată structura deformată cu valori maxime ale deformațiilor  $w$  în placa de fundamint.

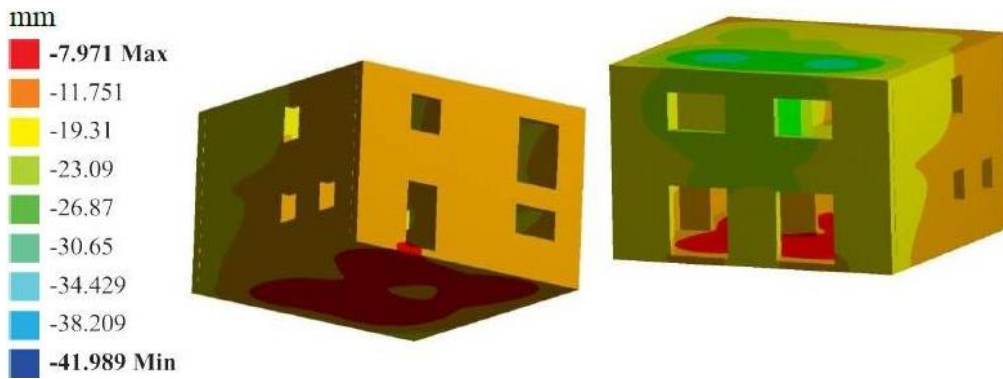


Fig. 9.21. Deformații verticale  $w$  ale structurii de rezistență

**Rezultatele ipotezei 2 de calcul**

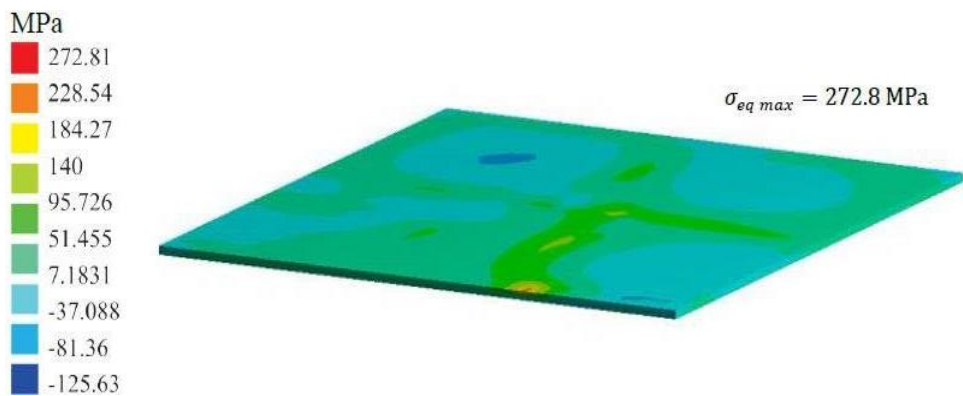


Fig. 9.22. Planșeu intermediar și superior- valori ale tensiunilor echivalente

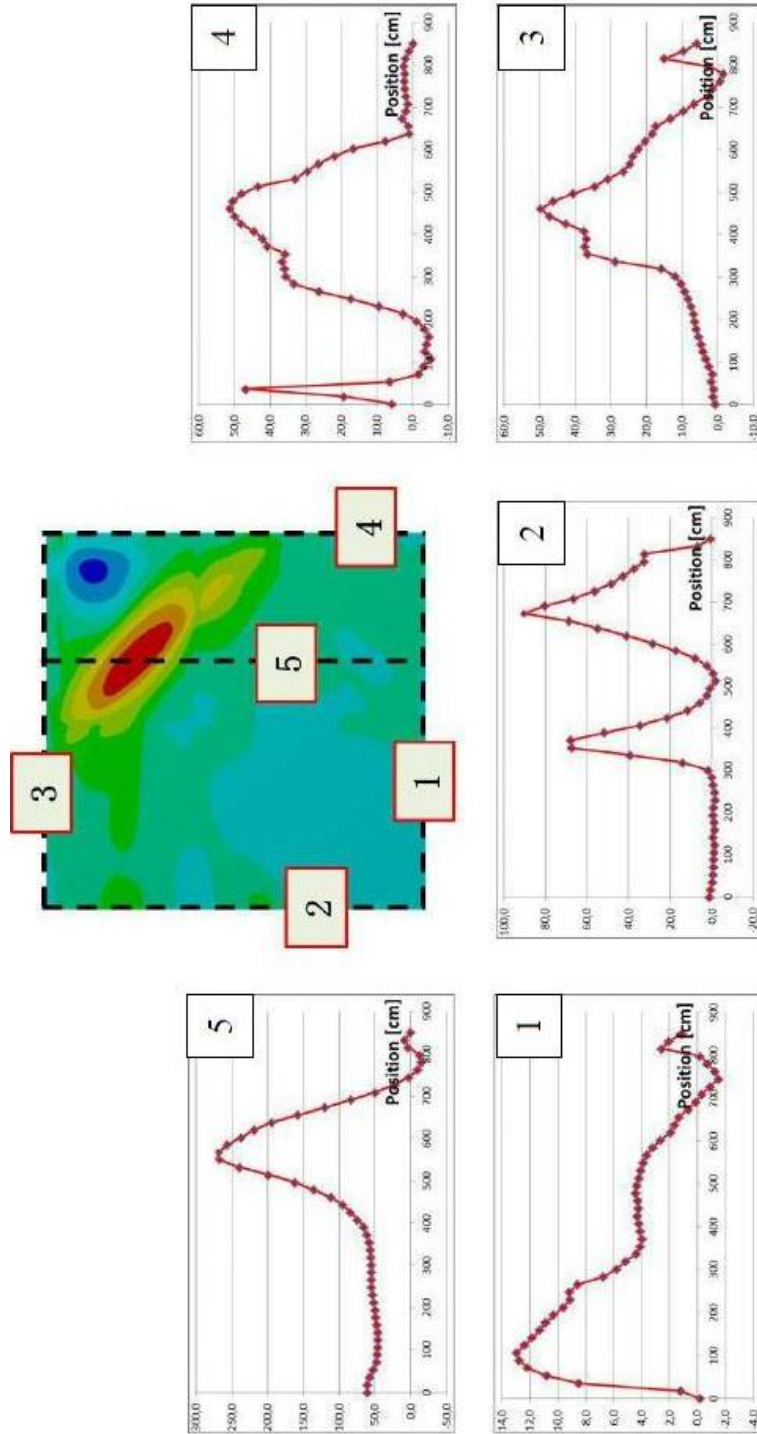
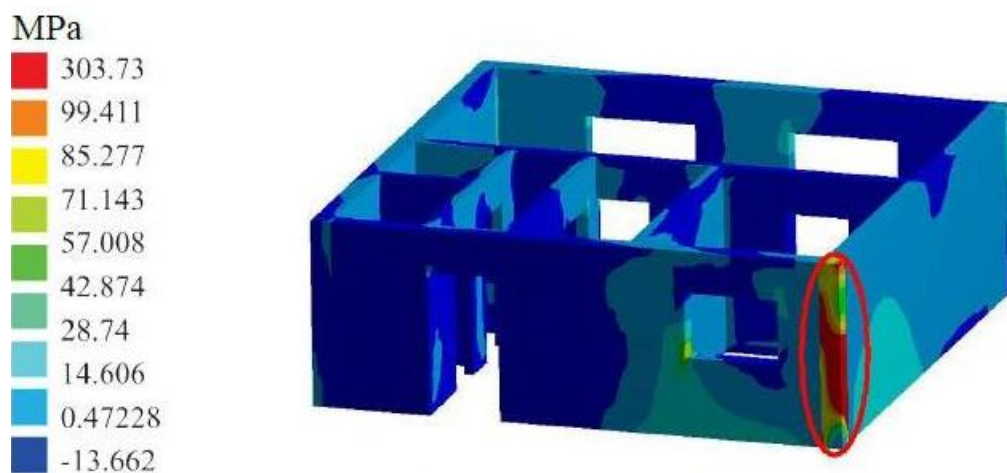
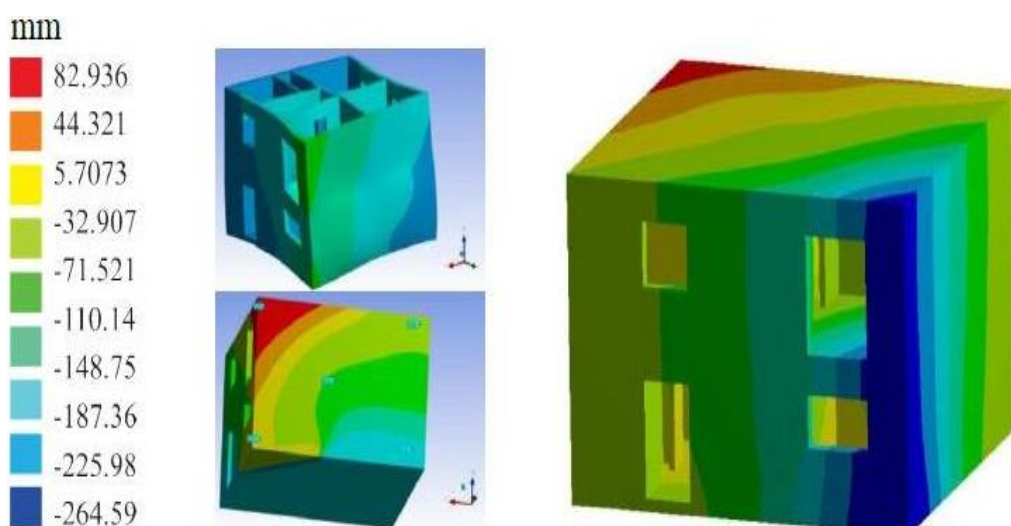


Fig. 9.23. Variația tensiunilor echivalente maxime





**Fig. 9.24. Tensiuni echivalente maxime în pereții laterali și în stâlpii de colț**



**Fig. 9.25. Deformațiile structurii și valorile maxime ale deformațiilor verticale  $w$**

Analiza rezultatelor obținute se poate sintetiza astfel:

Se studiază un caz real din Saarland în care o clădire a suferit o tasare puternică la unul dintre colțuri în dreptul stâlpului. S-au considerat două ipoteze de calcul, ipoteze utilizate în analiza structurii.

Ipotezele admise în calculul de simulare FEM conduc la rezultate ale deformațiilor confirmate prin măsurători în SITU. [8]

Rezultate sintetice sunt prezentate în figura 9.26, atât pentru valorile maxime ale tensiunilor echivalente  $\sigma_{eq}$ , cât și ale deformațiilor maxime verticale  $w$ . [6], [8]

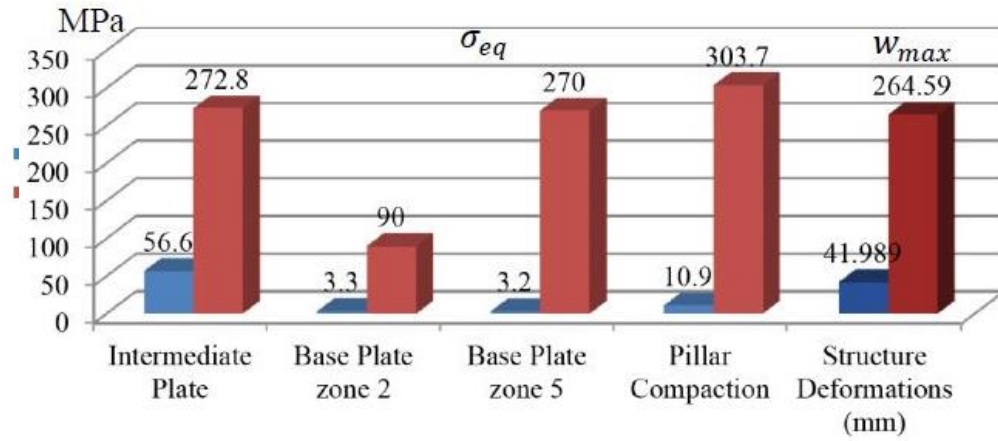


Fig. 9.26. Comparația valorilor maxime  $\sigma_{eq}$  și a deformațiilor  $w$  în ipotezele 1 și 2 de calcul



## 10. ASPECTE ECONOMICE

### 10.1. Măsurile de consolidare

În zonele expuse deteriorărilor din cauza exploatărilor miniere se prevăd în legile germane măsuri preventive ce trebuie respectate. Aceste prevederi severe trebuie respectate încă din faza de proiectare și în cazul execuției unei structuri de rezistență. [23]

Toate costurile suplimentare legate de aceste prevederi suplimentare se suportă de către întreprinderea minieră. Deși pare o investiție suplimentară, ea apară de fapt întreprinderea minieră de costurile exorbitante ce pot apărea în cazul unor deteriorări ulterioare. Costurile ce se economisesc se referă la măsuri tehnice ulterioare și costuri curente adiacente. Prin investiții relativ reduse în faza de început se reduc riscurile ulterioare.

Având în vedere modul constructiv de executare a construcției din beton armat, construcții metalice ușoare, construcții din cărămidă, din lemn sau materiale compozite cu greutate proprie redusă și capacitate portantă ridicată, precum și combinarea a două materiale de construcție cu proprietăți diferite, se pot constata și pagube cu caracteristici diferite.

Suplimentar acțiunii șocurilor provocate de lucrările miniere trebuie avut în vedere și efectul unor mișcări seismice naturale (Fig. 10.1).

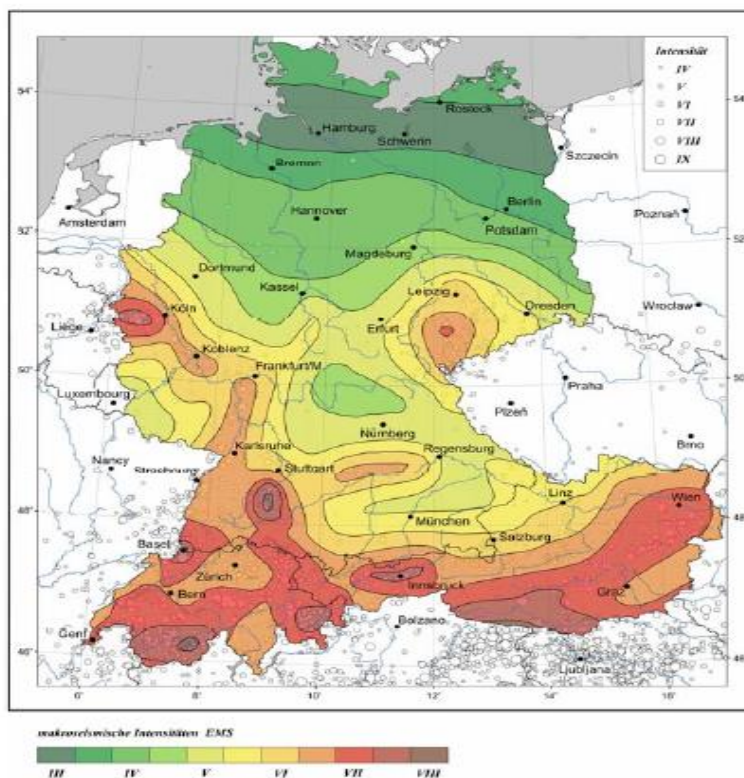
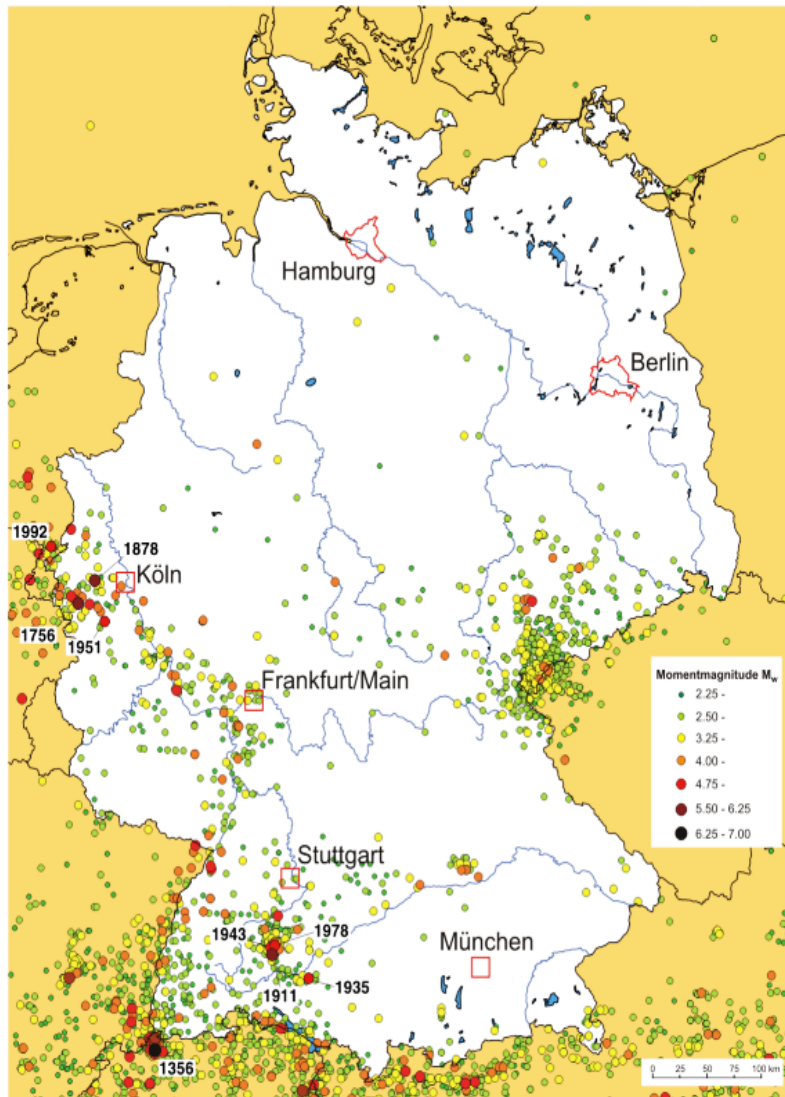


Fig. 10.1. Zone periclitare seismice în Germania, Austria [8]



**Fig. 10.2. Epicentrele mișcărilor seismice până în anul 2001 [8]**

Pericolul seismic în Germania este relativ redus, dar nu de neglijat. [56], [57]

Norma tehnică germană DIN 4149 [23] prevede măsuri constructive suplimentare având în vedere mișcările seismice, măsuri ce pot fi aplicate și în cazul șocurilor de mină.

În cazul unor deteriorări, măsurile de consolidare trebuie să conducă la o construcție cu caracteristici cel puțin egale cu acelea dinaintea evenimentelor respective. Din păcate, măsurile de consolidare nu repectă un tipic, aproape fiecare caz este unicat, un caz singular.

## 10.2. Măsurile financiare preventive pentru pagubele miniere

Concernul minier cel mai mare din Germania, RAG, a prevăzut, pentru a rezolva în viitor pagubele miniere de ordin financiar ce pot apărea, în forma unei fundații (Stiftung). Această fundație este importantă mai ales după ce întreținerea minieră își încetează producția.

**Tabelul 10.1.** Fonduri financiare pentru pagubele miniere

Milioane €	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Indemnizații pentru prejudicii de natură minieră</b>	3.172,50	3.313,10	3.273,40	3.184,80	3.265,80
<b>Alte tipuri de indemnizații</b>					
Indemnizație pentru recultivare și protejarea mediului	539,90	521,40	537,40	529,30	483,50
Indemnizație pentru reumplerea puțurilor	807,50	818,10	814,60	821,80	789,30
Indemnizație pentru forța de muncă	476,80	532,40	546,90	550,10	606,60
Indemnizație pentru închiderea minei	843,80	1293,30	1215,10	987,80	1103,50
Indemnizație pentru alte riscuri	1448,90	1417,00	1168,50	610,1,	277,30

De exemplu, în anul 2011 s-au prevăzut 3,265 miliarde Euro direct pentru pagube la construcții produse din cauza exploatărilor miniere, dar și sume suplimentare precum: 483,5 mil. pentru mediul înconjurător; 789 mil. pentru umplerea galeriilor de mină; 606,6 mil. pentru muncitori; 1,103 miliarde pentru închideri de mine și 277,30 mil pentru alte riscuri financiare, ceea ce înseamnă un total de 6,526 miliarde Euro doar pentru anul 2011. [8]

Exemple de despăgubiri plătite în Saarland cuprind sume plătite pentru unele gospodării având în vedere pierderea de valoare a construcției ca urmare a unor pagube minore:

- Localitatea Saarwellingen localizată lângă Saarlouis, Saarland
  - Cartier Reisbach : 470 Euro;
  - Cartier Saarwellingen: 420 Euro;
  - Cartier Schwarzenholz: 220 Euro.

Suma pare infimă dar la aceasta se adaugă multe alte costuri, așa numitele „despăgubiri pe vecie” și se referă la costuri ulterioare ca de exemplu:

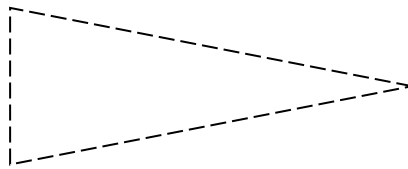
- întreținerea apelor freatice;
- igiena apelor potabile;
- distrugerile permanente de clădiri sau pierderi de persoane.

Un catalog al pretențiilor la despăgubiri din practica curentă se prezintă astfel:

- Costuri de reparații, respectiv TVA;
- Costuri de expertiză;
- Eventuale costuri pentru închirierea unei locuințe asemănătoare;
- Pierderea chiriilor la clădiri închiriate;

- Costurile suplimentare a asigurărilor pe clădiri;
- Reducerea valorii efective a clădirii. Deși s-au efectuat reparații calificate, bănuiala unor defecte ascunse persistă, în special în cazul vânzării imobilului sau a unor evenimente neprevăzute în următorii 5-10ani;
- Înclinări ale clădirii. La înclinări cu valori cuprinse între 2mm/m până la 15mm/m despăgubirea este de 1% din valoarea clădirii pentru fiecare pantă de 2mm/m. În cazul unor pante mai mari de 15mm/m se prevăd despăgubiri speciale;
- Costuri de judecată;
- Metodologia de stabilire a situației de fapt (Beweissicherungs-verfahren) se aplică în cazul în care s-au produs efectiv pagube din cauza exploatărilor miniere. Din păcate, fiecare caz în practică este un caz singular și nu poate fi prelucrat după un model standard.

Pe baza a peste 300 de cazuri de distrugeri expertizate de autor [8] se poate sublinia doar caracterul unicat al fiecărui caz. Un rol important cu influență majoră îl constituie zona geografică și tipul constructiv al clădirii. În zonele rurale sunt alte tipuri de construcții decât în cele urbane, iar costurile corespunzătoare se deosebesc foarte mult. Costurile se reduc de la oraș la zone rurale.



**Fig. 10.3. Evoluția costurilor urban – rural**

Pentru rezolvarea problemelor legate de despăgubiri ca urmare a exploatărilor miniere se folosește în Germania norma DIN 4150-3 [55], care prevede valori de despăgubire globale.

Norma se referă la diverse tipuri de clădire care sunt afectate de distrugeri:

- Clădiri de locuit la viteze ale vibrațiilor mai mari de 5mm/s;
- Clădiri monument la viteze mai mari de 3mm/s;
- Clădiri industriale la viteze mai mari de 20mm/s.

Mai recent s-au adus îmbunătățiri și s-a introdus noțiunea de sensibilitate la șocuri a clădirilor, stabilindu-se mai multe tipuri de sensibilitate. Se iau în considerare anul construcției, modul constructiv de execuție precum și numărul de șocuri suportate până la momentul expertizării.

Având în vedere aspectele economice, de multe ori este mai bine să se înlocuiască clădirea cu o construcție nouă. Se preferă această soluție și din punct de vedere tehnic în detrimentul unor lucrări complicate de consolidare a construcției vechi.

# 11. EXPERTIZE EFECTUATE ÎN SAARLAND

## 11.1. Clădire de locuit [8]

Din exemplul următor se poate deduce ce sensibilă și complexă este reglementarea daunelor ca rezultat al mișcărilor de pământ apărute din cauza activității de minerit.

Pe de o parte, trebuie luate în considerare interesele păgubiților deținători de imobile, iar de cealaltă parte, interesele societăților de minerit, care vor să mențină costurile cât mai reduse.

Exemplul cuprinde o casă familială S+P+M, structura masivă, anul construcției 1965, acoperiș în 2 ape, învelitoare din plăci ondulate ciment, tencuită la exterior, structură simplă cu centură.



**Fig. 11.1. Clădire cu distrugerii miniere**

- Zonele de producere a daunelor consemnate la 24.06.2008 au fost:
- casa scării / urcare, camerele de oaspeți 1 și 2 (Fig. 2 și 3):



**Fig. 11.2. Lățimea și zona fisurilor în peretele portant**



Fig. 11.3. Perete posterior al clădirii de locuit

### Clasificarea clădirii

În urma interpretării datelor seismografice din localitatea Nalbach se poate constata că valoarea maximală de până acum a vitezei de oscilare în anul 2008 este de 23,82mm/s (RHP) (mișcare teren din 23.02.08).

Din interpretarea hărții isoseistenelor de sâmbătă, 23.02.2008 (mișcarea de teren cea mai pronunțată din regiune), a rezultat o valoare maximă a mișcării de teren/vibrației pentru zona în care se află clădirea expertizată de cca. 22mm/s.

Din punct de vedere al sensibilității/probabilității producerii daunelor din mișcări de teren/vibrații rezultate din activitatea de minerit rezultă pentru clădirea expertizată următoarea clasificare [8]:

Lungime:	10 – 15m	2	Puncte
Nr. max. niveluri	< 2,5	3	Puncte
Alcătuire construcție	simplă	4	Puncte
Modul de fundare:	pe același nivel	0	Puncte
Poziția în zonă:	în afara liniei de tasare 0	0	Puncte
Structură clădire	rigidă	0	Puncte
Consolidări existente:	placă beton armat	4	Puncte
Starea clădirii d.p.d.v. tehnic:	bună	0	Puncte
Anul construcției:	1965	4	Puncte
<b>Suma:</b>		<b>17</b>	<b>Puncte</b>

Pentru protecția față de un disconfort semnificativ produs persoanelor din clădiri, trebuie stabilite și evaluate vibrațiile produse de exploziile care se produc.

Rezultă o clasificare în categoria de obiect IV: ca atare există o sensibilitate a producerii daunelor începând cu o viteză a oscilațiilor **> 20,0mm/s**.

Drept urmare, daunele consemnate pot fi cauzate de mișcări de pământ produse din activități de minerit.

### Constatare daune

La prima inspecție s-a constatat apariția fisurilor, fapt ce s-a și documentat.

S-au expertizat, în primul rând, fisurile din casa scării. Există o fisură relativ mare/lată, și anume de 3,0mm și o lungime de ~2,50m. Fisura se extindea din partea de sus a peretelui în diagonală, în jos până la scară. Punctul de pornire a fisurii ar putea fi zona de rezemare a unui căprior, distanța de la peretele exterior



corespunde zonei de suprapunere a plăcilor de eternit. Încărcările din structura acoperiș se descarcă în acest punct pe zidărie și produc tensiuni, care pot cauza apariția fisurilor. Acest lucru se întâmplă când porțiuni din structura acoperișului nu sunt decuplate de zidărie. În baza lățimii fisurii se va efectua închiderea lor prin procedeul de injectare.

Fisura din camera de oaspeți 2 se găsește în stânga, lângă ușă, în zona tavan – buiandrug. Lățimea fisurii – precum fisura anterioară (2,6mm, lungime ~1,00m). După cum arata fisura, aceasta s-a produs din cauza materialelor diferite, zidărie și buiandrug. Dar cauza principală este cu siguranță grinda de lemn de deasupra fisurii care, în urma vibrațiilor și încărcării de acoperiș, au produs fisura.

Acest mod de producere al fisurilor este responsabil și pentru alte fisuri constatate și documentate în cadrul expertizei. Fisurile pornesc de la structura de lemn a acoperișului și merg spre partea inferioară a clădirii. Fisurile din tavan la mansardă pornesc de la structura ajutătoare a tavanului. Și aici se transmit mișcări asupra plăcii tavanului și contribuie la formarea fisurilor din îmbinări.

Iese în evidență o fisură în peretele exterior (spatele peretelui). Lățimile de fisură sunt de cca 2,5mm și se înscriu în aceeași schemă ca în zonele mai sus menționate. Factor favorizant este tencuiala tare/rigidă pe bază de ciment/calcar care nu are proprietăți de preluare tensiuni (încât să nu se producă fisuri). Remedierea constă în închiderea fisurilor (injectare), urmate de zugrăveli sau tapet. Dacă este posibil se vor consolida zonele de reazem ale structurii acoperișului pe pereți prin mărirea rezistenței la compresiune cu injectări.

Deoarece nu se poate exclude apariția daunelor, respectiv și o mărire a fisurilor ca urmare a vibrațiilor, expertul propune, ținând cont de diminuarea daunelor datorita vârstei construcției cât și a mai multor greșeli de execuție tehnică, o despăgubire în valoare de:

-Închidere fisuri prin injectare la interior P+M, zone de racord tavan /perete, casa scării / urcare fațadă exterioară 7.000,00 €; zugrăveli și tapet 2000 Euro. Total: 9.000,00 €.

Deutsche Steinkohle AG a contractat cu autorul elaborarea unei expertize. Cu ocazia unei vizite la fața locului s-au constatat daunele enunțate. Acestea au fost verificate și documentate. S-a cercetat, de asemenea, în ce măsură mișcările de pământ din cauza activității miniere recente constau în motivele care pot fi luate în considerare pentru producerea daunelor.

## **11.2. Hala pompierilor cu anexe [8]**

Imobilul este compus dintr-o hală parter cu zonă de birouri și locuit, în regim P+E. Imobilul nu deține pivniță/subsol, are o structură masivă, anul finalizării 1985, acoperiș în două ape, învelitoare plăci ondulate ciment, tencuială clincher la exterior. Imobilul are o alcătuire simplă.

Expertizarea acestui imobil s-a efectuat la 22.02.2008.

Clădirea este compusă din sala școlarizare, hală vehicule, atelier reparații, spațiu spălare, casa scării și garderoba.





**Fig. 11.4. Clădire administrativă**

În figurile următoare sunt evidențiate daunele constatate la clădirea menționată.



**Fig. 11.5. Spălătorie furtunuri**



**Fig. 11.6. Hală vehicule**

În urma evaluării datelor seismografice existente în localitatea Nalbach, s-a constatat că viteza maximă a oscilațiilor în anul 2008 se situează în zona valorii de 8,75mm/s (seismul din 03.01.08).

Referitor la sensibilitatea în raport cu vibrații/mișcări de teren produse din cauza activității de minerit, rezultă pentru clădirea pompierilor următoarea clasificare [8]:

Lungime:	> 40m	15 Puncte
Nr. max de niveluri	< 3,5	5 Puncte
Alcătuirea clădirii	simplă	4 Puncte
Modul de fundare:	la același nivel	0 Puncte
Poziția în zonă:	în afara liniei de tasare 0	0 Puncte
Structură clădire	rigidă	0 Puncte
Consolidări existente:	din beton	0 Puncte
Starea tehnică:	bună	0 Puncte
Anul construcției:	1985	2 Puncte
<b>Suma:</b>		<b>26 Puncte</b>

Rezultă o clasificare în categoria de obiect III: sensibilitate începând cu o viteză de oscilație > 12,0mm/s.

Daunele consemnate au putut să apară primar datorită vibrațiilor/mișcărilor de teren din activitatea de minerit.

O nouă inspecție a avut în vedere spațiul de școlarizări, hala vehicule, atelierul de reparații, spațiul spălătorie și s-au constatat daunele evidențiate în următoarele figuri (Fig. 11.7, 11.8. 11.9.a și b):



**Fig. 11.7. Sală școlarizări**

În urma unei noi/repetate interpretări a datelor seismografice existente în Nalbach, s-a constatat că viteza de vibrație maximă în anul 2008 se situa în zona valorii de 23,82mm/s (seism din 23.02.08).



Fig. 11.8. Hală vehicule

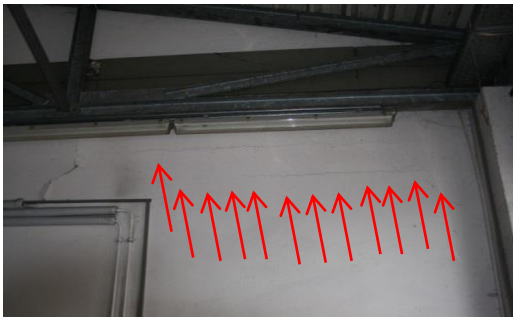


Fig. 11.9.a. Hală de vehicule, fisuri lățime 0,8mm, lungime 2,50m



Fig. 11.9.b. Hală reparații fisuri 0,3mm

Din citirea hărții isoseismice din data de 23.02.2008 (seism maxim din regiune), a rezultat o valoare maximă a vibrațiilor pentru imobilul pompieri de cca. 25mm/s.

Din punct de vedere al sensibilității la producere daune din cauza vibrațiilor apărute în urma activității de minerit rezultă următoarea clasificare a clădirii [8]:

Lungime:	> 40 m	15 Puncte
Nr. max de nivele	< 3,5	5 Puncte
Alcătuire clădire	simplă	4 Puncte
Modul de fundare:	la același nivel	0 Puncte
Poziția :	în afara liniei de tasare 0	0 Puncte
Structură clădire	rigidă	0 Puncte
Consolidări existente	de beton	0 Puncte
Starea tehnică:	bună	0 Puncte
Anul construcției:	1985	2 Puncte
<b>Suma:</b>		<b>26 Puncte</b>

Rezultă o clasificare în categoria de obiect III: sensibilitate la producere daune începând cu o viteză de oscilație > 20,0mm/s.

Daunele constatate au putut rezulta primar din vibrații cauzate de activități de minerit.

Analizând degradările prezentate mai sus, în primul rând se observă fisurile orizontale din sala vehiculelor, în peretele calcan a căror cauză o găsim în structura acoperișului. Prin influența factorilor exteriori (vânt etc.) apar mișcări orizontale ale structurii acoperișului, care se transmit în zidărie (șaiabă). Astfel, în rosturile zidăriei apar eforturi care produc deschiderea fisurilor.

Materialul din rosturi poate să preia aceste eforturi atât cât permit caracteristicile sale și, după depășirea acestora, apar fisuri, după cum se poate observa în imagini.

În colțul încăperii atelier reparații există o fisură verticală, care se continuă în partea de jos a peretelui sub un unghi de  $\sim 45^\circ$ , cu o lățime de cca. 0,3mm și o lungime de  $\sim 2,00\text{m}$ .

De asemenea, s-au consemnat fisurile din spălătorii. Aceste fisuri decurg perpendicular și au o lățime de  $\sim 0,4 - 2,0\text{mm}$ . Motivul apariției acestora este tasarea terenului, favorizantă ar putea fi și transmiterea încărcărilor din structura acoperișului.

În continuare, se cercetează fisurile din sala școlarizării. Acestea își au originea în zona de reazem a căpriorilor pe perete, asemănător ca în hala vehicule. Decurg aproximativ orizontal, respectiv înclinat spre în jos. Urmare existenței stării de tensiuni mărite în rezemarea căpriorilor pe perete apar fisuri, care provin din transmiterea încărcărilor, respectiv mișcării din structura acoperișului.

În final se documentează fisurile apărute în pardoseala gresie a casei scării. Se constată în zona de colț gresie și plintă o fisură în rostul vertical. Urmare a mișcărilor în planurile pardoseală și perete apar tensiuni în colț și se formează fisura (care ar fi putut fi evitată prin executarea unui rost elastic).

Deoarece nu se poate exclude complet apariția daunelor, respectiv o mărire a fisurilor în casa pompieri ca urmare a vibrațiilor, expertul propune ținând cont de diminuarea daunelor datorita vârstei construcției cât și a mai multor greșeli de execuție tehnică, o despăgubire în valoare de:

Spațiu școlarizării 1.400,00; hala vehicule 2.600,00; atelier reparații 800,00; spălătorie furtunuri 800,00; casa scărilor 800,00; adică, în total, 6.400,00Euro.

## 12. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

### 12.1. Concluzii finale

Teza de doctorat tratează efectul lucrărilor miniere asupra construcțiilor din zona Saar, din vestul Germaniei.

Se prezintă principalele mișcări seismice și șocuri (zguduituri) produse de exploziile subterane.

Din cauza numărului mare de clădiri afectate, cauza bănuită fiind urmările exploatărilor miniere din Saar, se punea întrebarea legală care este cauza distrugerilor? Teza de doctorat reușește să dea un răspuns la mai multe întrebări de importanță fundamentală:

- Cât de mari sunt vibrațiile și șocurile într-o anumită zonă în funcție de parametri de exploatare din mină: adâncimea de exploatare, mărimea cavității miniere, cantitatea de explozibil și frecvența folosită la detunări, distanța de la mină la obiectivul afectat. Răspunsul se găsește în capitolul 3.
- În cazul unei clădiri afectată de distrugeri, care este cauza acestora? Se poate răspunde cu certitudine că exploatarea minieră este responsabilă, având în vedere repercusiunile legale și financiare ce decurg din acest răspuns. În capitolul 7 se aplică, în cazurile practice rezolvate de autor metoda Pohl, acceptată de ambele părți în conflict, concernul minier și păgubiții.
- Metoda Pohl răspunde la întrebarea dacă exploatarea minieră este sau nu vinovată de apariția distrugerilor la clădiri. Se arată mai multe cazuri reale din practica inginerească. În final se propun și valori financiare pentru partea afectată de distrugeri, sume acceptate de beneficiari. De obicei, astfel de certuri se prelungesc cu procesele interminabile.
- În capitolul 9 se simulează două clădiri cu ajutorul Metodei Elementelor Finite și rezultatele se compară cu măsurători făcute in SITU. În cazul clădirii cu tasări verticale egale cu  $W = 30\text{cm}$  într-un colț al clădirii, sub un stâlp, s-au găsit concordanțe foarte bune cu mărimea valorilor măsurate în practică și modul de distrugere efectivă a clădirii analizate.

### 12.2. Contribuții personale

Principalele contribuții ale autorului sunt:

- măsurători realizate în data de 23.02.2008 la o clădire în Rotwäldchen 2 și stabilirea cauzelor distrugerilor. Viteza undei seismice ca urmare a unui eveniment minier a fost la clădire de  $40\text{mm/s}$ , cea admisă fiind de  $12\text{mm/s}$ . Pe aceasta bază s-a stabilit cauza impactului, iar întreprinderea minieră a plătit despăgubiri pentru a se repara clădirea distrusă;
- conceperea unui Rissbreitmesser-șablon etalonat de măsurare a mărimii fisurilor;
- metodologie de măsurare a înclinării la construcții ca urmare a unor erori de execuție cu nerespectarea toleranțelor de exemplu o înclinare de  $3,65\%$ ;
- sistem de măsurători bazate pe vase comunicante și senzori de presiune.

- dezvoltări tehnologice proprii, L. Becker, Sb;
- efectuarea a circa 300 de expertize privind distrugerile ale clădirilor ca urmare a exploatărilor miniere;
- simulări utilizând Metoda Elementului Finit – FEM a unei clădiri de beton supusă unor tasări inegale datorate exploatării miniere și compararea cu valorile măsurate in SITU;
- soluții și măsuri de consolidare a clădirilor afectate de exploatări miniere;
- numeroase rezultate ale tezei de doctorat au fost prezentate la manifestări de prestigiu și publicate în reviste de mare rezonanță internațională.

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. B. Almăjan (1978) – Raport de cercetare, tema 78/1978, Birou de expertiză, Universitatea București.
- [2]. Anghiuș S. (2002) – Studiul deplasării suprafeței sub influența exploatării subterane a zăcămintelor de lignit din bazinul Olteniei, Teză de doctorat, Petroșani.
- [3]. Bendea, H. (2000) – Urmărirea prin metode topografice și cavernometrice în perimetrul minier Ocnele Mari, Teză de doctorat, Petroșani,
- [4]. Bartlett S.F., Youd T.L. (1995) – Empirical prediction of liquefaction-induced lateral spread, Geotechnical Eng., American Society of Civil Engineers, 121.
- [5]. Becker L. (2013) – Maschineneinrichtungen für Sanierung Von Bergschäden, The International Science and Engineering Conference Machine-Building and Technosphere of the XXI Century , September 16-21th 2013, Sevastopol.
- [6]. Becker L. (2014) – Aspects of seismic hazards caused by the Mining, IManE Conference 2014, International Journal of Engineering and Innovative Technology, IJEIT, USA, Vol. 4, Issue 4, ISSN: 2277-3754.
- [7]. Becker L. (2015) – FEM Simulation of the Effects of Mining on the Strength of a Structure, IMane 2015, TransTechPeriodical, Pfaffikon, CH Switzerland.
- [8]. Becker L. (2005-2010) – Schadensgutachten im Auftrage der RAG, zur Schadens - Regulierung, Hohe Wacht 15a, Saarbrücken.
- [9]. Beitz W (2011) – Dubell, Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer Verlag.
- [10]. Bergbau – Technik & Sicherheit Jahrestagung 2012 für Sicherheit im Bergbau, 13. bis 15. Juni in Gmunden am Traunsee.
- [11]. Bundesberggesetz, vom 13. August 1980, , Verlag Glückauf GmbH, ISBN 3-7739-1248-X, 10 Auflage 2002.
- [12]. Ciopec A., Boldurean I.P., Gruber I., Caprioru A. (2014) – Soluție de fundare pentru un complex de clădiri cu regim de înălțime S +P+11E+ER, Revista Romană de Geotehnica și Fundatii, Nr.1.
- [13]. Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2010 – 62. Jahrgang 2011, BMWI, 11019 Berlin.
- [14]. Der Bergbau an der Saar, RAG-Deutsche Steinkohle, 2011.
- [15]. Der Tagesbruch auf den Kahlenberg, Herbolzheim, badische Zeitung 17.4.2016.
- [16]. DIN 1054, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, DIN Institut für Normung e.V., Berlin.
- [17]. DIN-EU 18800 Teil 1-7 Stahlbau, Beuth Verlag, Berlin, 2008.
- [18]. DIN 18201, 18202-Toleranzen im Hochbau, Beuth Verlag, 1984.
- [19]. DIN 1054, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Deutschen Institut für Normung e.V.; Burggrafenstr 6, 10787 Berlin.
- [20]. DIN 4150-Teil 1, 2, 3 Erschütterungen im Bauwesen, Beuth Verlag Berlin, 1990.
- [21]. DIN EN 1992-EC2- Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerke.
- [22]. Dokumentation Nr. 592, Der Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland 2009 Bergwirtschaft und Statistik – 61. Jahrgang 2010, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Öffentlichkeitsarbeit, 11019 Berlin, [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de), Stand: Oktober 2010.



- [23]. DIN 4149-2005-04 Bauten in deutschen Erdbebengebieten, Beuth Verlag, Berlin.
- [24]. Drei Autos in Krater in Essen versunken, WAZ, 17.4.2016.
- [25]. Drisch, Bewertung von Bergschäden an Gebäuden, Theodor Oppermann Verlag, Hannover, ISBN 3-87604-016-7, Ausgabe 1972.
- [26]. Duvall W.I., Stephenson D. (1965) – Trans. SME, AIME.
- [27]. Enescu D., Almajan B. (1987) – Seismologia exploziilor controlate din industrie, Editura Tehnică, București.
- [28]. GEOSEK GmbH-Baugrundverstärkung mittels Expansions-Harzinjektion, Berlin.
- [29]. GGU GmbH- Erschütterungsmessungen im Bauwesen, Karlsruhe.
- [30]. Grote K. H., Feldhusen J. (2012) – Dubbel-Taschenbuch für den maschinenbauer, Springer, Berlin.
- [31]. Gruben, Schächte&Stohlen im Saarland, [www.saarlandbilder.de](http://www.saarlandbilder.de)
- [32]. Haida V., Marin M., Mirea M. (2007) – Mecanica pământurilor. Ediția a 2-a, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara.
- [33]. Hippler R. RA - Bergschäden, Bergschadenregulierung, Gebäudetrennung, 45896 Gelsenkirchen.
- [34]. Kuznetzov G.V. (1971) – Gornii Jurnal, Vol. 4.
- [35]. Idriss I. M., Boulanger R.W. (2008) – Soil liquefaction during earthquakes, EERI, Oakland, California, USA.
- [36]. Idriss I. M., Boulanger R.W., trad. în lb. română V. Perlea (2010) – Lichefierea pământurilor în timpul cutremurelor, Editura Politehnica Timișoara.
- [37]. Immekus P. – Sachverständiger für Bauschäden, 50126 Bergheim.
- [38]. IVH-Die Völklinger Hütte, Sutton Verlag, Erfurt, 2006.
- [39]. Ledwon A., Kienig E. (1984) – Exploatare optimaie des resource minerals solide, Le 12-eme Congres Minier Mondial New Delhi, India.
- [40]. Lorenz P. (1991) – Expertiză privind combinatul siderurgic Voelklingen, LEG Saar.
- [41]. Lorenz P. (1984) – Plăci curbe subțiri și diafragme, IPTms.
- [42]. Lorenz P (1995) – Die Finite Element und Randelementmethode, Vieweg Wiesbaden.
- [43]. Marin M., Mirea M. (2011) – Sisteme de fundare a construcțiilor", Editura Orizonturi Universitare, Timișoara.
- [44]. Medvedev S. V. (1968) – Bulletin of the Earthquake Research Institute, Univ.of Tokyo, Japonia.
- [45]. Meier G. (2009) – Zur Bestimmung von altbergbaulich bedingten Einwirkungsbereichen Altbergbau -Kolloquium Leoben.
- [46]. Meissner H. (1991) – Recommendation of the Committee on Numerical Methods in Geotechnics of the German Geotechnical Society, Geotechnik 14.
- [47]. MIT GmbH-Messsystem für Schwingungsmessungen nach DIN 4150 T2,3.
- [48]. Obert L., Duvall W.I. (1967) – Rock Mechanics and the design of structures in Rock, J. Willey and Sons Inc. N.Y.
- [49]. Onica I., Cozma E., Goldan T. (2006) – Degrenarea terenului de la suprafață sub influența exploatării subterane, Buletin AGIR nr.3.
- [50]. Ortelecan M. (1997) – Studiul deplasării suprafeței sub influența exploatării subterane a zăcămintelor din Valea Jiului, zona estică, Teză de doctorat, Petroșani.
- [51]. Pantea A. – Rapoarte de cercetare, teme 30.78-3.1980, 8028/ 1981, 8029/ 1982, 8034/ 1984, ICEFIZ /CFPS.

- [52]. Peng S.S. (1986) – Coal Mine Ground Control, Second Edition, John Wiley&Sons, New York.
- [53]. Răutu S., Bănuț V. (1972) – Statica Construcțiilor, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [54]. Rolof M. (2013) – Machinenelemente, Springer Vieweg verlag.
- [55]. Schwingungen im Bauwesen (2004) – DIN Taschenbuch 289, Beuth Verlag, Berlin.
- [56]. Schillinger R. (2003) – Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen.
- [57]. Schillinger, R. (2005) – Schalldruck und Schallintensität bei Sprengarbeiten, Spreng Info.
- [58]. Schüler T., Wallner S., Eissfeller B. (2009) – Entwicklungstand GALILEO, ZFV-Zeitschrift für Geodäsie, 6/2009, Wissner Verlag, Augsburg.
- [59]. Surface view of collapse of underground working, Elura Mine, Cobar, Robinson Co., New South Wales, Australia.
- [60]. Tagesbruch in Witten, WAZ, 17.4.2016.
- [61]. Tagesbruch, Witten, Recklinghäuser Zeitung, 10.07.2014.
- [62]. Terzaghi K. (1943) – Theoretical Soil Mechanics, J. Wiley, N.Y.
- [63]. TNO-Diana BV, Delft, The Netherlands, <http://dianafea.com/>
- [64]. Vlăceanu C.B. (2014) – Utilizarea tehnologiilor geodezice moderne pentru monitorizarea, prelucrarea și analiza unor alunecări de teren și construcții din pământ armat, Teza doctorat, Univ. Politehnica Timișoara.
- [65]. WAZ-Westdeutsche Allgemeine Zeitung, 21.11.2014 Risse an Fassade, Allgemeine.
- [66]. [www.ANSYS.com/ANSYS](http://www.ANSYS.com/ANSYS) Inc., Cannonsburg, USA.
- [67]. [www.rag-deutsche-steinkohle.de](http://www.rag-deutsche-steinkohle.de), Unternehmen im Konzern RAG AG, Shamrockring 1, 44623 Herne.
- [68]. [www.rag-Siftung.de](http://www.rag-Siftung.de) , RAG-Stiftung, Rüttenscheider Straße 1-3, 45128 Essen
- [69]. [www.Steinkohle-portal.de](http://www.Steinkohle-portal.de)
- [70]. [www.wikipedia.org/wiki/Schachtverbruch/Einwirkungsbereich](http://www.wikipedia.org/wiki/Schachtverbruch/Einwirkungsbereich)
- [71]. [https://en.wikipedia.org/wiki/1964\\_Niigata\\_earthquake](https://en.wikipedia.org/wiki/1964_Niigata_earthquake)