

CONSECINȚELE TEHNICE ALE EXPLOATĂRII MINIERE DIN SAARLAND, GERMANIA

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnica Timișoara

în domeniul de doctorat Inginerie Civilă și Instalații

autor ing. Lothar Becker – Daugherty

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Marin Marin

luna 03 anul 2017

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.

CAPITOLUL 1, intitulat „**INTRODUCERE**”; tratează istoricul exploatărilor miniere din regiunea Saar, Germania și pune accentul pe actualitatea și importanța temei studiate.

Primele atestări documentare ale exploatării miniere din Saarland, în apropiere de Neunkirchen, datează din anul 1429. Din cele 26 de mine existente în Saarland (minele Viktoria, Franziska, Heinitz, Kohlwald), a rămas deschisă până la data de 30.06.2012 doar mina Duhamel în Ensdorf. Toate minele din Saarland au fost unite între ele, fapt care a reprezentat un avantaj major pentru siguranța exploatării. Minele din Saarland ajung la adâncimi de 2200m fiind

considerate cele mai adânci din Europa.

Legea ce reglementează activitatea legată de mine, pagube și consecințe este legea federală a mineritului cu origini prusace din 1865 și germane din 1934.

Tot în capitolul 1 sunt prezentate obiectul și structura tezei de doctorat.

CAPITOLUL 2, intitulat „**CAPACITATEA PORTANTĂ A TERENULUI DE FUNDARE**”, prezintă în detaliu tipurile de fundații care se folosesc în practica inginerescă: fundațiile de suprafață, de adâncime și fundații prefabricate.

De asemenea, se face distincția între teren de fundare portant și teren neportant.

CAPITOLUL 3, intitulat „**EFECTELE EXPLOATĂRILOR SUBTERANE ASUPRA CONSTRUCȚIILOR**”, descrie aspectele teoretice și practice privind sistemele de atenționare și avertizare instalate în zona de studiu, Saar. Conform normei germane DIN 45669-1 se măsoară cu ajutorul aparaturii bazate pe senzori 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:

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

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

Norma DIN 4150, partea 3, face diferența între acțiunile scurte și de durată, unde pot apărea și efecte de rezonanță, deosebit de periculoase pentru structura de rezistență. Hotărâtoare sunt însă valorile maxime ale vitezelor la nivelul fundațiilor și a planșeului superior. Valorile măsurate se compară cu cele admise din DIN 4150, partea 3. Pentru clădirile de locuit se consideră, de exemplu, valori admisibile ale vitezei de vibrație de 5mm/s la frecvențe cuprinse 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. 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 planșeului. Timpul de măsurare va depinde de vibrație (oră, durată, frecvență, regularitate). Dacă este necesar, se amenajează o locație pentru măsurători în timp.

În finalul capitolului, este detaliată într-un subcapitol seismologia exploziilor controlate în industria minieră.

În **CAPITOLUL 4**, intitulat „**AVARII CAUZATE DE ACTIVITĂȚILE MINIERE – GRADUL DE AVARIERE**”, autorul tratează o serie de chestiuni legate de avariile produse de minerit: distrugerile de sol, cauzele producerilor de tasări, lichefierea pământului în timpul vibrațiilor, modificări ce pot apărea la construcții și fundații și considerații generale de calcul prin descrierea modelelor de calcul Winkler, Boussinesq și Flamand.

Ultimul subcapitol face o clasificare a metodelor de stabilizare a construcțiilor existente în zona de studiu. Acestea au ca scop conservarea capacității portante a clădirilor. Se deosebesc măsuri provizorii, cum ar fi susțineri de sprijin sau soluții de durată, de exemplu cu sprijiniri hidraulice de echilibrare. În același timp se poate îmbunătăți terenul de fundare prin injectarea cu lapte de ciment, calcar etc, compactarea terenului sau umplerea spațiilor subterane goale.

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 unei tasări puternice a solului, se folosesc în interior prese hidraulice, perne de compresiune, corpuri elastice sau sisteme de fixare a încărcărilor, iar, în cazul unor tasări diferențiate ale terenului, rigidizări în structura de rezistență. În exterior consolidarea se face prin ridicarea construcției și injectări sub presiune a 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 realizarea unei clădiri noi, de exemplu plăci de beton la bază sau centuri superioare de beton armat la nivelul pereților portanți, costurile suplimentare fiind subvenționate de întreprinderea minieră. O altă problemă importantă este prevenirea poluării 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 și prin puțuri verticale se introduce controlat apă pentru a forma un material rezistent.

CAPITOLUL 5, intitulat „**VIBRAȚII – INFLUENȚA ASUPRA OAMENILOR ȘI CLĂDIRILOR**”, cuprinde noțiuni referitoare la pierderea capacității portante a structurilor, cu accent pe metodele de consolidare a construcțiilor, respectiv măsurile de siguranță. Securitatea minieră din punct de vedere tehnic cuprinde controlarea nivelului apei subterane și asigurarea galeriilor.

CAPITOLUL 6 intitulat „**URMĂRIREA PROCESELOR DE DEFORMARE LA CONSTRUCȚII**”, cuprinde descrierea unor procedee atât clasice (vase comunicante și metode perfecționate), cât și moderne utilizate în Germania în vederea determinării și reprezentării deformațiilor unor obiective.

Verificarea unor eventuale deplasări sau tasări la construcții importante de genul centralelor electrice, podurilor, bisericilor, barajelor se face utilizând un sistem de preavizare pe baza de senzori. Acest sistem foarte simplu și verificat în practica curentă se referă la sisteme de măsurare pe baza de vase comunicante combinate cu senzori de presiune și control pe calculator. Vizualizarea se face cu ajutorul programului specializat Vibrosoft.

În finalul capitolului sunt abordate vitezele de vibrație maximă conform normativului care se utilizează în Germania pentru măsurarea vibrațiilor, respectiv DIN 4150 (Vibrații în construcții).

CAPITOLUL 7 intitulat „**DOCUMENTARE ȘI REGLEMENTARE DAUNE**”, abordează modul de reglementare al daunelor produse de activitățile miniere. Înregistrarea distrugerilor decurge după principii stricte stabilite de BergG- Bergbauschädengestz – Legea distrugerilor miniere, începând de la înregistrarea distrugerilor până la repararea completă sau achitarea financiară a pagubelor.

Distrugerile se pot clasifica în funcție de informațiile obținute la fața locului și înregistrarea lor. Clasificarea construcției din punct de vedere al sensibilității la vibrații datorate evenimentelor miniere permite o comparație cu alte construcții.

Conform metodei Pohl / Dr. F. Pohl/ se acordă puncte în funcție de anumiți parametri ai clădirii:

- dimensiunile clădirii, de ex. lungime și număr de etaje – se pot acorda max. 20 puncte. Apoi se apreciază și dispunerea construcțiilor adiacente, cu puncte între 0 și 10;
- forma sistemelor de fundare și poziția minei învecinate – la același nivel cu pivnița, nivele diferite sau parțial cu pivnițe etc. Se acordă puncte între 0 și 8;
- structura de rezistență și tipul planșeelor
 - structura de rezistență poate fi rigidă – 0 puncte,

- puțin rigidă, de ex. construcții de cărămidă cu planșee de lemn – 6 puncte;
- ne rigidă, de ex. grinzi cu zăbrele din lemn sau total din lemn – 12 puncte;
- existența sistemelor de rigidizare;

➤ starea tehnică a construcției – se ia în considerare istoricul și deteriorări ale construcției. Punctele alocate se adună și apoi se încadrează clădirea într-una dintre cele patru clase I...IV în funcție de punctajul obținut; se indică și viteza admisă de vibrație. Dacă viteza efectivă din cauza unui eveniment minier este peste viteza admisă atunci cauza distrugerii este datorată exploatării miniere.

În **CAPITOLUL 8** intitulat „**CONSIDERAȚII TEHNICE PRIVIND DISTRUGERILE DE CLĂDIRI**”, sunt tratate exemple practice de distrugeri și mijloace de consolidare, respectiv aprecierea financiară a recompenselor către beneficiari. Se au în vedere vechimea construcției și eventualele greșeli de execuție care pot accentua sensibilitatea la șocuri datorate exploatărilor miniere. Autorul a efectuat circa 300 de expertize referitoare la distrugeri de clădiri ca urmare a exploatărilor miniere. Una din aceste expertize a avut ca obiect clădirea „An Marienkirche 14” afectată de exploatarea minieră din Westfeld. Ca soluție de consolidare s-a recurs la ridicarea clădirii, din cauza înclinării construcției.

În **CAPITOLUL 9**, intitulat „**SIMULĂRI NUMERICE CU METODA ELEMENTULUI FINIT – MEF (FEM)**”, este prezentat un studiu de caz, pornind de la degradările suferite de o clădire, bazat pe trei ipoteze de acțiuni, este simulată clădirea supusă influențelor miniere cu ajutorul unui program de calcul cu element finit foarte răspândit în birourile de inginerie din Germania, respectiv FEM-ANSYS.

Ipoteza de calcul 1 consideră o fundație de tip radier din beton armat așezată pe o pernă de balast cu coeficientul de pat de $0,15\text{N/mm}^3$ cu o distribuție uniformă constantă. Ipoteza de încărcare este acțiunea greutateii proprii.

Ipoteza de calcul 2 se referă la o fundație de tip radier din beton armat așezată pe o pernă de balast cu coeficientul de pat care are o distribuție neuniformă, pe 90% din suprafața fundației $0,15\text{N/mm}^3$, iar pe 10% coeficientul de pat este $0,01\text{N/mm}^3$. Ipoteza de încărcare este acțiunea greutateii proprii.

Ipoteza de calcul 3 studiază o fundație de tip radier din beton armat așezată pe o pernă de balast cu coeficientul de pat care are o distribuție neuniformă, pe 90% din suprafața fundației $0,15\text{N/mm}^3$ restul suprafeței având o tasare continuă de maximum 40mm la colțuri.

În cazul fiecărei ipoteze sunt evidențiate tasările verticale ale radierului.

CAPITOLUL 10, intitulat „**ASPECTE ECONOMICE**” descrie măsurile financiare preventive pentru pagubele miniere ce se aplică în zona de studiu aleasă de autor, Saarland, Germania.

Conform DIN 4150-3 clădirile se împart în trei categorii:

1. Clădiri de locuit la care viteza admisă de vibrație este de 5mm/s;
2. Clădiri monument istoric – 3mm/s;
3. Construcții industriale – 20mm/s.

Concernul RAG a prevăzut importante fonduri financiare pentru toate situațiile posibile ce pot apărea după încheierea exploatării miniere. Spre exemplu, în anul 2011, suma despăgubirilor s-a ridicat la 3,26 miliarde Euro. Pot apărea, însă, costuri îndelungate ce se referă la întreținerea și curățarea apelor, distrugeri de durată la clădiri, costuri de personal, pensii etc.

CAPITOLUL 11, intitulat „**EXPERTIZE EFECTUATE ÎN SAARLAND**” cuprinde 2 studii de caz efectuate de către autor, o clădire de locuit și hala pompierilor cu anexe din localitate. Se face o clasificare a acestor clădiri referitor la sensibilitatea în raport cu vibrații/mișcări de

teren produse din cauza activității de minerit, apoi se constată daunele suferite de fiecare dintre acestea conform principiilor descrise în capitolul anterior (10).

CAPITOLUL 12, intitulat „**CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE**”, prezintă concluziile studiului efectuat de autor și contribuțiile personale privind exploatarea miniere ce produc șocuri și vibrații puternice care se răsfrâng negativ asupra clădirilor din zonele învecinate.

Contribuțiile personale aduse de domnul ing. Lothar Becker – Daugherty la cercetările actuale din domeniu pot fi sintetizate astfel:

- inventarierea normelor germane ce reglementează cadrul activităților miniere;
- realizarea de măsurători în data de 23.02.2008 la o clădire în Rotwäldchen 2 în vederea stabilirii cauzelor distrugerilor. Viteza unei seismice ca urmare a unui eveniment minier a fost la clădire de 40mm/s , cea admisă fiind de 12mm/s. Pe aceasta bază s-a stabilit cauza impactului, iar întreprinderea minieră a plătit despăgubiri pentru a se repara clădirea distrusă;
- popularizarea concepției unui Rissbreitmesser-șablon etalonat de măsurare a mărimii fisurilor;
- crearea unei metodologii de măsurare a înclinării la construcții ca urmare a unor erori de execuție cu nerespectarea toleranțelor (de ex. o înclinare de 3,65 %);
- materializarea unui sistem de măsurători pe bază de vase comunicante și senzori de presiune;
- dezvoltări tehnologice proprii, L. Becker, Sb;
- efectuarea a cca. 300 de expertize privind distrugerile înregistrate la clădiri ca urmare a exploatarea miniere subterane din zona Saarland, Germania;
- simulare bazată pe metoda MEF (Metoda Elementului Finit)a unei clădiri de beton supusă unor tasări inegale datorate exploatarea miniere, rezultatele obținute fiind foarte apropiate de măsurătorile „in situ”.
- 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.

Bibliografie (Selectiv):

- [1]. 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.
- [2]. Becker L. (2014) – Aspects of seismic hazards caused by the Mining, IManE Conference 2014, International Journal of Engineering and Innovative Technology, USA, Vol. 4(4), ISSN: 2277-3754.
- [3]. Becker L. (2015) – FEM Simulation of the Effects of Mining on the Strength of a Structure, IManE 2015, TransTechPeriodical, Pfaffikon, CH Switzerland.
- [4]. Becker L. (2005-2010) – Schadensgutachten im Auftrage der RAG, zur Schadens - Regulierung, Hohe Wacht 15a, Saarbrücken, Zeitraum.

- [5]. Der Bergbau an der Saar, rag-deutsche Steinkohle, 2011.
- [6]. Der Tagesbruch auf den Kahlenberg, Herbolzheim, badische Zeitung 17.4.2016.
- [7]. DIN 1054, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, DIN Institut für Normung e.V., Berlin.
- [8]. DIN-EU 18800 Teil 1-7 Stahlbau, Beuth Verlag, Berlin, 2008.
- [9]. DIN 18201, 18202-Toleranzen im Hochbau, Beuth Verlag, 1984.
- [10]. DIN 1054, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Deutschen Institut für Normung e.V.; Burggrafenstr 6, 10787 Berlin.
- [11]. DIN 4150-Teil 1, 2, 3 Erschütterungen im Bauwesen, Beuth Verlag Berlin, 1990.
- [12]. 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, Stand: Oktober 2010.
- [13]. Dokumentation, Der Bergbau in der B. Deutschland 2010 Bergwirtschaft und Statistik – 62. Jahrgang 2011, BMWT, Berlin, www.bmwi.de.
- [14]. Grote K. H., Feldhusen J. (2012) – Dubbel-Taschenbuch für den maschinenbauer, Springer, Berlin.
- [15]. Gruben, Schächte&Stohlen im Saarland, www.saarlandbilder.de
- [16]. Haida V., Marin M., Mirea M. (2007) – Mecanica pământurilor. Ediția a 2-a, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara.
- [17]. Idriss I. M., Boulanger R.W., trad. în lb. română V. Perlea (2010) – Lichefierea pământurilor în timpul cutremurelor, Editura Politehnica Timișoara.
- [18]. IVH-Die Völklinger Hütte, Sutton Verlag, Erfurt, 2006.
- [19]. Ledwon A., Kienig E. (1984) – Exploitation optimale des resource minerals solide, Le 12-eme Congres Minier Mondial New Delhi, India.
- [20]. Lorenz P (1995) – Die Finite Element und Randelementmethode, Vieweg Wiesbaden.
- [21]. Marin M., Mirea M. (2011) – Sisteme de fundare a construcțiilor", Editura Orizonturi Universitare, Timișoara.
- [22]. Meier G. (2009) – Zur Bestimmung von altbergbaulich bedingten Einwirkungsbereichen Altbergbau -Kolloquium Leoben.
- [23]. Ortelecan M. (1997) – Studiul deplasării suprafeței sub influența exploatării subterane a zăcămintelor din Valea Jiului, zona estică, Teză de doctorat, Petroșani.
- [24]. Rollof M. (2013) – Machinelemente, Springer Vieweg verlag.
- [25]. Schadensgutachten im Auftrage der RAG, zur Schadens - Regulierung, Ing-Büro Lothar Becker, Hohe Wacht 15a, Saarbrücken, Zeitraum 2005 – 2010
- [26]. Schillinger, R. (2005) – Schalldruck und Schallintensität bei Sprengarbeiten, Spreng Info.
- [27]. Schüler T., Wallner S., Eissfeller B. (2009) – Entwicklungstand GALILEO, ZFV-Zeitschrift für Geodäsie, 6/2009, Wissner Verlag, Augsburg.
- [28]. Tagesbruch in Witten, WAZ, 17.4.2016.
- [29]. Terzaghi K. (1943) – Theoretical Soil Mechanics, J. Wiley, N.Y.
- [30]. TNO-Diana BV, Delft, The Netherlands, <http://dianafea.com/>
- [31]. WAZ-Westdeutsche Allgemeine Zeitung, 21.11.2014 Risse an Fassade, Giebelwand.
- [32]. www.ANSYS.com/ANSYS Inc., Cannonsburg, USA.
- [33]. www.rag-deutsche-steinkohle.de, Unternehmen im Konzern RAG AG, Shamrockring 1, 44623 Herne.
- [34]. www.rag-Siftung.de, RAG-Stiftung, Rüttenscheider Straße 1-3, 45128 Essen