

## 12. Kaevandamine eritingimustes

Jüri-Rivaldo Pastarus

Põlevkivi allmaakaevandamisel esitatakse tihti piiravaid tingimusi, mis on seotud maapealsete objektide ja seal asuvate kaitsealadega, näiteks Natura 2000 võrgustiku alad, märgalad jne. Põhiliseks tingimuseks on maapinna „igavese“ püsivuse tagamine [2, 18, 4, 11, 15]. Kuid kahjuks käesoleval ajal kasutatav allmaakaevandamise tehnoloogia tagab allmaakonstruksioonide ja maapinna pikaajalise püsivuse. Seega on otstarbeka välja töötada allmaakonstruksioonide arvutusmetoodika, mis tagaks ta püsivuse „igavene“.

Analüüsi ja arvutuste aluseks on võetud Eesti Energia Kaevandused AS-is käesoleval ajal kasutatav metoodika [1] – lähislagede ja tervikute arvutused. Metoodika on Eesti põlevkivikaevandustes kasutusel juba pikemat aega. Seda on korduvalt modifitseeritud, täiendatud ja kontrollitud reaalsetes tingimustes. Ta on ennast täielikult õigustanud. Arvutusmetoodika on ette nähtud allmaakonstruksioonide parameetrite määramiseks normaalsetes (ei ole esitatud piiravaid tingimusi) geoloogilistes tingimustes, mis tagab allmaakonstruksioonide ja maapinna pikaajalise püsivuse [18, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 17].

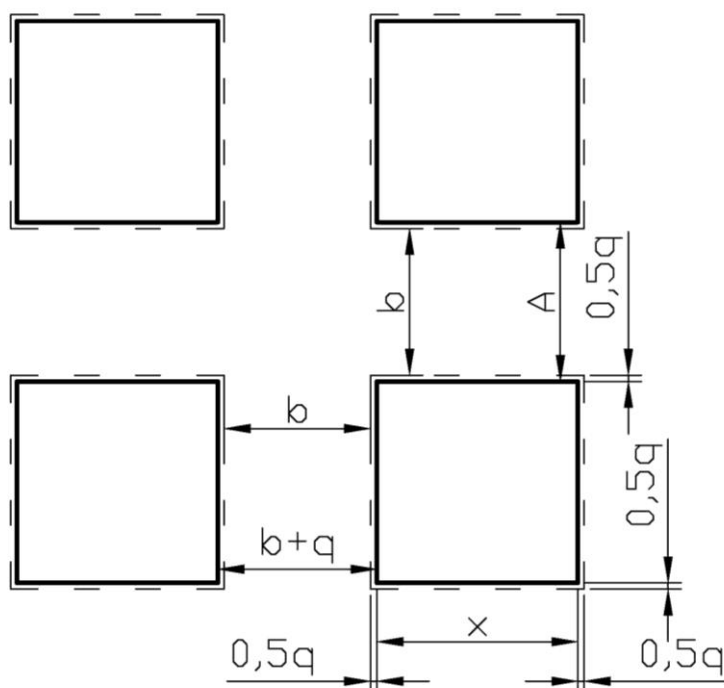
Põlevkivikihi ja lae karbonaatsete kivimite tugevus on seotud nende reoloogiliste parameetritega, mille tulemusena kivimite tugevus muutub ajas (väheneb). Vastav metoodika arvutusteks on välja töötatud Eesti põlevkivikaevanduste tingimustes [1]. Kestustugevuse alampiiri keskmiseks väärtuseks arvutustes võetakse  $R_t = R_\infty = 7$  MPa, mis garanteerib konstruksiooni püsivuse üle 5 aasta [1, 8]. Kui mäetöödel peetakse rangelt kinni kambriploki tehnilisest dokumentatsioonist (passidest), siis varinguid ei toimu. Püsivus on garanteeritud sel juhul, kui tegelikud terviku mõõtmed vähenemise suunas ei ületa 0,3 m ja kambrite laius suurenemise suunas 0,3 m [1]. Maksimaalsed hälbed projektilisest väärtustest on puur-lõhketööde kasutamisel kamberkaevandamisel  $\pm 1$  m. Kambriploki parameetrite nõuete täitmine tagab nende pikaajalise püsivuse.

Eritingimustes kaevandamise korral aga peavad allmaakonstruksioonid olema püsivad „igavesti“. Sellel juhul tuleb ka arvestada kivimite anisotroopsust ja parameetrite hajuvust [13, 16]. Praktiliste ülesannete lahendamisel on teadmata, kui palju tegelik kestustugevuse  $R_t$  väärtus erineb kestustugevuse alampiiri keskmisest suurusest ( $R_t = R_\infty = 7$  MPa). Seda hajuvust on võimalik kompenseerida varuteguri  $n$  abil ( $n > 1$ ). Kui tervikute tööiga on „igavene“, siis kivimi roomavust ei tohi olla, lähtudes reoloogiast. Uuringud on näidanud, et varuteguri  $n \geq 2,3$  kasutamisel kivimite roomavus puudub ja allmaakonstruksioonid püsivad „igavesti“ [16]. Tervikute suurenemise tulemusena suurenevad mõningal määral kambriploki kaod võrreldes kaevandamisega normaalsetes geoloogilistes tingimustes. Seega on garanteeritud ka maapinna püsivus.

Allmaakonstruksioonide parameetrite eritingimuste arvutuste aluseks on traditsiooniline arvutusmetoodika. Vahepeal lae arvutused ei erine kasutatavast metoodikast. Tervikute

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

dimensioneerimisel on varuteguri väärtuseks võetud  $n \geq 2,3$ . Arvutustes on kasutatud järgmisi andmeid: kaevandamissügavus  $H=60$  m, piki- ja ristikambri laius  $A=b=7$  m, varutegur  $n=2,3$ , kestustugevuse alampiiri keskmine väärtus  $R_t=7$  MPa. Kambriploki kaod tervikutes (Tabel 12-1 Tervikute mõõtmed ja kaod) sõltuvad väljatava kihi paksusest ehk kambri kõrgusest ja kasutatavast puur-lõhketööde passist (pikad ja lühikesed lõhkeaugud). Lühikeste lõhkeaukude kasutamisel (2 m) on terviku külgede purunemissügavuseks võetud 0,6 m, pikkade korral (4 m) aga 1,0 m. Joonis 12-1 Kambrite ja tervikute geomeetriselised parameetrid [1] ja Tabel 12-1 Tervikute mõõtmed ja kaod on esitatud kambrite ja tervikute geomeetriselised parameetrid puur-lõhketööde kasutamisel [1].



**Joonis 12-1 Kambrite ja tervikute geomeetriselised parameetrid [1]**

$b$  – piki- ja ristikambri laius,  $q$  – terviku purunemise ulatus 0,6 või 1,0 m (sõltub lõhkeaukude pikkusest, 2 või 4 m),  $x$  – terviku külje pikkus

**Tabel 12-1 Tervikute mõõtmed ja kaod**

Kaad tervikutes, %	Kambri kõrgus $h$ , m	Terviku purunemise ulatus $q$ , m	Terviku külje pikkus $x$ , m	Terviku ristlõige, $m^2$
33,5	2,8	0,6	9,6	92,6
36,7	3,8	0,6	10,8	115,8

## Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012

35,6	2,8	1,0	10,3	107,0
38,7	3,8	1,0	11,5	132,6

Tabelist selgub, et sõltuvalt kaevandamise tehnoloogiast, kaod kambriploki tervikutes on vahemikus 33,5-38,7%. Traditsioonilise kaevandamistehnoloogia korral on kaod kambriplokis 28 - 30%.

Eespool toodud arutelu analüüsist selgus, et kaevandamisel eriolukordades peab kasutama maksimaalse varuteguri meetodit, võttes varuteguri väärtuseks  $n \geq 2,3$ . Sel korral kivimite roomavus puudub ja allmaakonstruksioonid püsivad „igavesti“. Kambriploki kaod suurenevad 5 – 10%.

Artikkel on seotud järgnevate uuringute ja projektidega: AR12007 - Põlevkivi kadudeta ja säästlik kaevandamine ja Lep11062 - Selisoo ja teiste märgalade alt põlevkivi kaevandamise tehnoloogiliste võimaluste väljatöötamine.

### Viited:

1. Allmaakaevandamisel maapinna ja ehitiste hoidmise juhend. Kinnitatud: 30.01.2004 Loko. Jõhvi,
2. Euroopa Komisjonile esitatav Natura 2000 võrgustiku alade nimekirj. Vastu võetud 05.08.2004 nr 615, RTL 2004, 111, 1758
3. Nikitin, O.; Sabanov, S. (2005). Immediate roof stability analysis for new room-and-pillar mining technology in "Estonia" mine. In: Proceedings of the 5th International Conference "Environment Technology Resources". June 16-18, 2005. (Toim.) Noviks, G.. Läti, Rezekne: RA Izdevnieciba, 2005, 262 - 269.
4. Orru, M. (2007). Sustainable use of Estonian peat resources and environmental challenges. In: Georesources and public policy: research, management, environment. 15<sup>th</sup> Meeting of the Association of European Geological Societies. 16-20 September 2007, Tallinn, Estonia: abstracts: 15<sup>th</sup> Meeting of the Association of European Geological Societies, Tallinn (Estonia), 16-20 september 2007. (Toim.) Hints, O.; Kaljo, D. Tallinn: Eesti geoloogia Selts, 2007, 46-47.
5. Pastarus, J.R.; Sabanov, S (2005). A method for securing working mining block stability in Estonian oil shale mines. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering, 11(1), 59 - 68.
6. Pastarus, JR (1998). Analysis of the roof and pillar design in Estonia's oil shale mines. Oil Shale, 15(2), 147 - 156.
7. Pastarus, JR. (1997). Pillar strength and failure mechanisms. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering, 3(1), 23 - 34.
8. Pastarus, JR. (2002). Fracture process in pillars. In: *Proceedings of the International Conference on Structural Integrity and Fracture (SIF 2002): International Conference on*

- Structural Integrity and Fracture (SIF 2002), Tokyo, Perth, Australia, 25-27 September 2002. (Toim.) Duskin, A., Hu, X., Sahouryeh, E.. Balkema, 2002, 343 - 346.*
9. Reinsalu, E. (2009). Altkaevandatud maa tehnogeoloogilised iseärasused. Keskkonnatehnika, 3, 10 – 11.
  10. Reinsalu, E. (2009). Применение простых математических моделей для прогнозирования обрушений камерных блоков на сланцевых шахтах. Valgma, I. (Toim.). Resource Reproducing, Low-wasted and Environmentally Protecting Technologies of Development of the Earth Interior (2 pp.). Tallinn: Department of Mining TUT; Russian University of People Friendship
  11. Romanov, V. V. 1961. Soode geofüüsika. Leningrad, 362 lk. (vene keeles)
  12. Sabanov, S.; Tohver, T.; Väli, E.; Nikitin, O.; Pastarus, J.-R. (2008). Geological aspects of risk management in oil shale mining. Oil Shale, 25(2S), 145 - 152.
  13. Sokman, K., Kattai, V., Vaher, R., Systra, Y.J. 2008. Influence of tectonic dislocations on oil shale mining in the Estonia deposit. – Oil Shale, v.25, 2 Special, 175-187.
  14. Taylor, J. R. (1982). An introduction to error analysis. The study of uncertainties in physical measurements. Editor: E. D. Commins. University Science Books, Sausalito, California, 1982, 272 p.
  15. Toomik, A. 1998. Environmental heritage of oil shale mining. Oil Shale, Vol.No. 2 Special. Tallinn, pp. 170-183.
  16. Undusk, V. (1998). Safety factor of pillars. Oil Shale, 15(2) special, 157 – 164.
  17. Valgma, I., Tammeoja, T., Anepaio, A., Karu, V., Västriik, A. (2008). Underground mining challenges for for Estonian oil shale deposit. Buhrow, Chr., Zuchowski, J., Haack, A. (Ed.). Schacht, Strecke und Tunnel. Freiberg, TU Bergakademie.
  18. Газизов, М.С. 1968а. Горногеологические условия разработки месторождений Прибал-тийских сланцев. – Труды Первого симпозиума ООН по разработке и использованию запасов горючих сланцев. 26.08.-4.09.1968 г. Таллин, 99-116.