

A feszültségszegény zóna szerepe a telepek leművelésében

D r. Z A M B Ó J Á N O S okl. bányamérnök, a műszaki tudományok doktora,
Kossuth-díjas és Állami Díjas egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja
(Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc)

Jó bányaműszaki terv — mely a gazdaságos bányászat alapját képezi — csak az ásványelőfordulás kellő ismerete alapján készíthető. Ez teszi lehetővé átfogó feltárási és lefejtési terv elkészítését is, amelynek egy része a fedőösszlet előre megtervezett, célszerű mozgatása úgy, hogy az a legnagyobb haszonnal és a legkisebb kárral járjon. Ez azt jelenti, hogy ki kell használni a hegynyomás jövesztő és kivédni az áthárított nyomás vágatromboló hatását.

A szerző elsősorban az áthárított nyomás fogalmát és nagyságrendjét ismerteti, majd a védekezés aktív módjának néhány alapvető elvét tárgyalja. Azt vizsgálja, miként lehetséges a fejtések megfelelő — feszültségszegény zónába való — telepítésével az áthárított nyomás romboló hatását kiküszöbölni, illetve csökkenteni.

A bányászat a tér és az idő szerint folyton változó munkálatok összessége. A feltárások, elővájások, fejtések térbeli abszolút helyzete az idő függvényében változik, de minden időpontban más és más ezeknek egymáshoz viszonyított relatív helyzete is. Arra kell törekedni, hogy a térben és időben lezajló munkálatok többé-kevésbé előre lerögzített elképzelések, tervek szerint bonyolódjanak le.

A tervezés és a munkálatok ütemezése az ásványelőfordulás jellegére, geológiai és morfológiai viszonyaira, a település fizikai-kémiai-mechanikai-hidrológiai tulajdonságaira támaszkodik. Ezekre az alapokra kell ráépíteni a lehető legjobb bányaműszaki tervet, amely lehetővé teszi, hogy a megkívánt mennyiséget és minőséget a legkisebb fajlagos ráfordítással lehessen folyamatosan és biztonságosan produkálni.

Az előfordulás kellő ismerete nélkül nincs a tervezésnek és ütemezésnek komoly alapja, a lehetőség határain belül kötelező mérnöki előrelátás helyébe a találgatás lép. A bányauzem egész élettartamára vonatkozó átfogó feltárási és lefejtési terv teszi csak lehetővé a folyamatos és biztonságos munkát, enélkül előbb vagy utóbb rendszertelenség lép fel. Csak a lehetőség határain belül helyesen tervezett és ütemezett bányauzemben van arra mód, hogy az optimális koncentráció kialakításával, a berendezések maximális kihasználásával, a fejtési területek tér és idő szerinti optimális és harmonikus elhelyezésével, a fedőösszlet előre megtervezett célszerű mozgatásával, az elemi erő elleni előrelátó védekezéssel, a berendezések hatékony és optimális mozgatásával, a korszerű üzemszervezés technikai feltételeinek megteremtésével, stb. a lehető legkisebb ráfordítást érjük el.

A bányauzemek tervezésének és vezetésének ezek az alapvető meghatározói ma még nem jutnak érvényre általánosan. Bányauzemeink egy része olyan terhes örökséget kénytelen hordozni, amely a korszerű tervezés és üzemvezetés alapvető elveinek kibontakoztatását lehetetlenné teszi, vagy jelentős mértékben gátolja.

A korszerű bányászati módszerek bevezetését igen sok esetben kutatások, üzemi kísérletek előzik meg. A bányászat természetéből adódik, hogy ezek a kísérletek egyrészt merészek, másrészt pedig költségesek és hosszan tartóak lehetnek. Természetesen siker esetén az eredmények is számottevőek. Példának lehet felhozni az optimális üzemi koncentráció kikísérletezését. Ilyen kísérletezés alapos előzetes tanulmányozást, tervezést és végrehajtási programot igényel, maga a kísérlet több évig is eltarthat. Hevenyészett elgondolásokkal, határozott és következetesen végrehajtott program nélkül nem lehet sikert elérni.

Hasonlóan kell vélekedni olyan nagyarányú üzemi kísérletről is, amely a fedőösszlet optimális mozgatását tűzi ki célul, nevezetesen azt, hogy a fedőösszlet megmozgatása az előzetes terveknek megfelelően bonyolódjék le, a mozgás a lehető legnagyobb haszonnal és a lehető legkisebb kárral járjon. A hasznót a hegynyomás jövesztő hatása, a kárt, a hátrányt az áthárított nyomás vágatromboló hatása jelenti.

Ha ezzel a kérdéssel közelebbről akarunk foglalkozni, előjáróban az áthárított nyomás fogalmával, nagyságrendjével kell közelebbről megismerkednünk.

Ha a föld alatt bányatértséget létesítünk, az eredeti kőzettartomány feszültségi állapota megváltozik. Így többek között megváltozik a bányatértség mélységében eredetileg jelen volt vertikális normális főfeszültség is, amelyet

$$\sigma_v = z\gamma$$

értékkel szoktunk kifejezni, amikor z a mélység, γ a térfogatsúly. Legyen a megváltozott vertikális normális főfeszültség σ'_v .

A kettő különbségét:

$$\sigma = \sigma'_v - \sigma_v = \varphi(x, y, z)$$

szoktuk áthárított nyomásnak nevezni.

Az áthárított nyomás fenti függvényét a bányászásban felírni nem lehet, legfeljebb csak egészen durva megközelítésről lehet szó. A megváltozott feszültségmezőt matematikailag is le lehet írni, de csak bizonyos feltételek mellett. Így például elfogadható módon leírható lenne a feszültségi mező olyan szabályos szelvényű (kör-, ellipszis-, derékszögű négyszögszelvény) folyosó környékén, amelynek hossza nagy, viszonylag mélyen fekszik, és ha a kőzettartomány homogén, izotróp rugalmas anyag lenne. A matematikai rugalmasságtan kimutatja, hogy ilyen feltételek mellett egy körszelvényű folyosó kőzetköpenyében a feszültségi mező nagyfokú átrendeződése jön létre. Elég csak arra gondolni, hogy egy vízszintes tengelyű körszelvényű folyosó két oldalpontjában az eredeti $z\gamma$ vertikális irányú nyomófeszültség $2z\gamma - 3z\gamma$ értékre növekszik a Poisson-szám függvényében. Az is megállapítható, hogy a folyosó átmérő 2–4-szeres távolságában már gyakorlatilag az eredeti állapotot találjuk.

A matematikai rugalmasságtan adta összefüggések csak tájékoztatásul szolgálhatnak. A kőzetek szigorú értelemben vett mechanikájáról ugyanis alig beszélhetünk, mert a kőzetek nem homogének, nem izotróp rugalmasak, de nem is ideálpasztikus anyagok. Nem elégül ki tehát az alapvető feltétel, de ezen túlmenően is számos nehézség jelentkezik.

A föld alatti eredeti feszültségi állapotot az alábbi egyenletrendszerrel szokásos leírni:

$$\begin{aligned}\sigma_v &= z\gamma \\ \sigma_h &= \frac{z\gamma}{m-1} \\ \tau &= 0,\end{aligned}$$

ahol σ_v a vertikális, σ_h a horizontális irányú normális főfeszültség, τ a hozzájuk tartozó nyírófeszültség. Ez a leírás csak megközelítő lehet egyrészt az inhomogenitás, a rétegződés miatt, másrészt azért is, mert a földkéregben geológiai erők működtek és működnek, így a fentiek szerint leírt feszültségi mező kisebb-nagyobb mértékben eltorzult.

A föld kérgében a bányászati kőzettartományt réteglapok, vetők, csúszások, vállapok járják át, amelyek a feszültségi mezőt szeszélyessé teszik.

A matematikai rugalmasságtan gyakorlatilag csak a szabályos szelvényekre alkalmazható. A bányászásban a szabályos szelvény ritka, legfeljebb a körszelvényt vágó gépekkel kihajtott folyosók tekinthetők gyakorlatilag annak. A tapasztalat azt mutatja, hogy az ilyen gépekkel kivájt körszelvényű folyosók állékonyabbak. Ennek okát nemcsak a robbantás elmaradásában kell keresni. A körszelvényű folyosó kőzetköpenyében feszültségcsúcsok kevésbé alakulhatnak ki, mint a robbantással kivájt, szeszélyesen sarkos szelvény környékén.

A fejtések környékén keletkezett feszültségmező matematikai leírása lehetetlen. Oka ennek nemcsak a kőzetek inhomogenitása, de az a körülmény is, hogy a fejtési üregek az idő függvényében rendkívül szeszélyes alakzatokat öltenek, a fejtés környékén a repedések szeszélyes hálózata kelet-

kezik, a tönkrement zóna térben és időben folytonosan változik. Az ilyen repedékes, többé-kevésbé tönkrement kőzetösszletnek nincs szigorú értelemben vett mechanikája. A rugalmasságtani alapon levezetett feszültségmező tehát a valóságban soha sincs meg. Annyi azonban kétségtelen, hogy a fejtési homlok kőzetköpenyében az eredeti feszültségi állapot nagymértékben eltorzul, erősebben, mint a folyosók környékén.

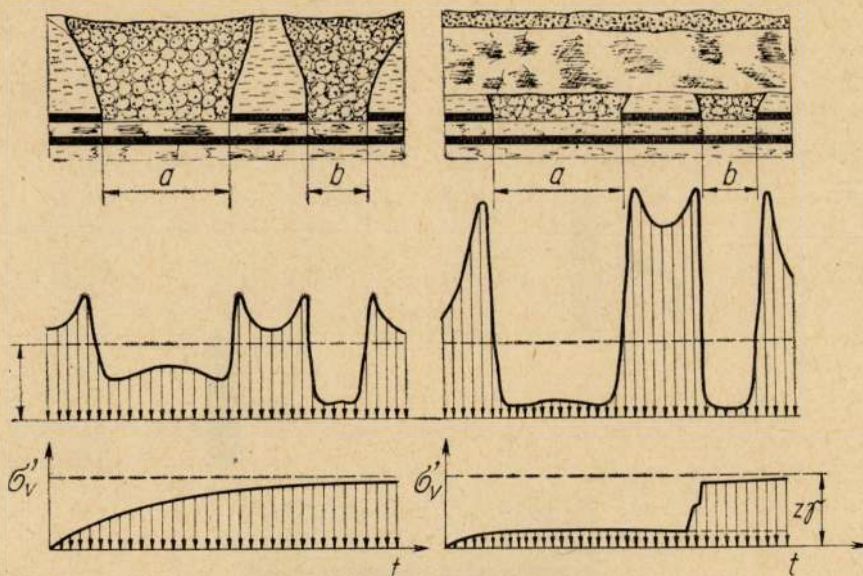
Bármilyen földalatti üreg létesítése után alapvetően két esetet lehet megkülönböztetni: a szilárd kőzetekben gyakorlatilag csak megközelítően rugalmas alakváltozás zajlik le, a kőzetköpeny tönkremenetele gyakorlatilag nem indul meg; az igénybevétel meghaladja az arányossági határt, a kiválás után a kőzetköpeny tönkremenetele megindul, repedések, leválások keletkeznek, a lágyabb kőzetek többé-kevésbé pasztikus mozgása is megindulhat. Amíg az első eset áll fenn, addig a beépített biztosítószerkezet gyakorlatilag igénybe véve nincs, amikor pedig a második eset szeszélyes állapotváltozása forog fenn, akkor a beépített biztosítószerkezetre ható külső terhelés előre meg nem állapítható. Még kevésbé támasztható olyan igény, amely előzetes számítással kívánja meghatározni a fejtési biztosító szerkezetekre nehezedő külső terhelést. A gyakorlat több-kevésbé pontossággal csak megmérni tudja az áthárított nyomást és változását, vagy legalábbis tapasztalja jelenlétét, amikor vágatromboló hatását szemlélni kénytelen.

Az áthárított nyomás ellen védekezhetünk aktív és passzív módon. Az aktív módon való védekezés a vágatokat olyan zónába helyezi, ahol gyakorlatilag nincs áthárított nyomás. A passzív védekezés módja a korszerű vágatbiztosítás.

Az aktív védekezés preventív módszer. Most csak ezzel foglalkozunk. Az eljárás lényege abban van, hogy a kihajtandó vágatok fölött vagy alatt széles sávban előre lefejtünk egy telepet vagy szeletet, a vágatot az így feszültségszegénnyé tett zónáiban helyezük el.

Az áthárított nyomás nagysága és hatásának ideje függ a fedőrétegek fizikai-mechanikai tulajdonságaitól. Laza vagy vékonypados, könnyen omló fedőrétegek esetében az áthárított nyomás kisebb, intenzitása csak kezdetben nagy, majd gyorsan csökken. Szilárd, vastagpados fedő csak nagy területek aláfejtése után szakad meg, az alá nem fejtett területeken jelentkező áthárított nyomás igen erőteljes, és csak hosszabb idő után csökken.

Az előzőkből világosan következik, hogy szilárd, vastagpados fedő esetében egy lefejtett sáv alatt tartósabb és hatékonyabb a feszültségszegény zóna, mint laza vagy könnyen omló fedőrétegek esetében. Ezt a jelenséget az 1. ábra szemlélteti. A $\sigma_v = z\gamma$ jelenti az eredeti geostatikus nyomást, a vertikális irányú normális főfeszültséget. Egy hosszan elnyúló sáv (a , illetve b) lefejtése után a vertikális irányú nyomás változása merőben elüt a két esetben. A lefejtett sáv talpán csak az omladék statikus nyomása hat (σ'_v). Mértéke az idő növekedésével szintén növekszik, aszimptotikusan közeledik a $z\gamma$ értékhez, ha az omlás egészen a külsőig terjed. Ha a fedőréteg szilárd és vastagpados,



1. ábra

a kifejtett sáv talpán a vertikális nyomás csak olyan mértékig jelentkezik, amilyen magasságig a település felett vékonypados, omlásba jöhető rétegek vannak. Egy bizonyos idő múltán, ha a sáv szélessége nagy, hirtelen omlás következhet be, a talpra nehezülő nyomás hirtelen megnő, de az is lehetséges, hogy a σ'_v görbe változatlan marad, azaz a magasabb szilárd fedő omlása nem következik be.

Az ábra alapján úgy is fogalmazhatunk, hogy feszültszegény zóna akkor jön létre, ha az áthárított nyomás

$$\sigma = \sigma'_v - \sigma_v$$

negatív értékű.

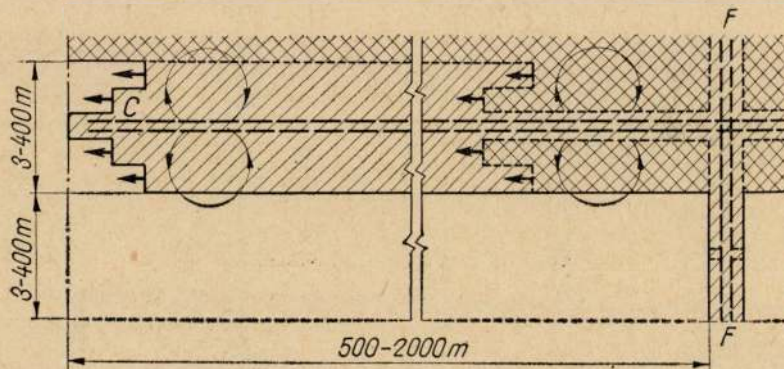
Az általános összefüggések után vizsgáljuk meg, miként lehetséges a fejtések megfelelő telepítésével az áthárított nyomás romboló hatásának kiküszöbölése, illetve lényeges csökkentése.

A 2. ábrán kéttelepes, lapos dőlésű előfordulás fejtéstelepítési vázlatát látható. A két telep viszonylag közel fekszik egymáshoz. A fővonalak (esetünkben sikló-, vagy ereszképár, esetleg sikló-, vagy ereszkéhármás: *F-F*) egyik oldalszárnyának csapásmenti kiterjedése változó, általában 500–2000 méter között van. Dőlésben mérve 300–400 m széles sáv lefejtése egy csapásmenti folyosópárra

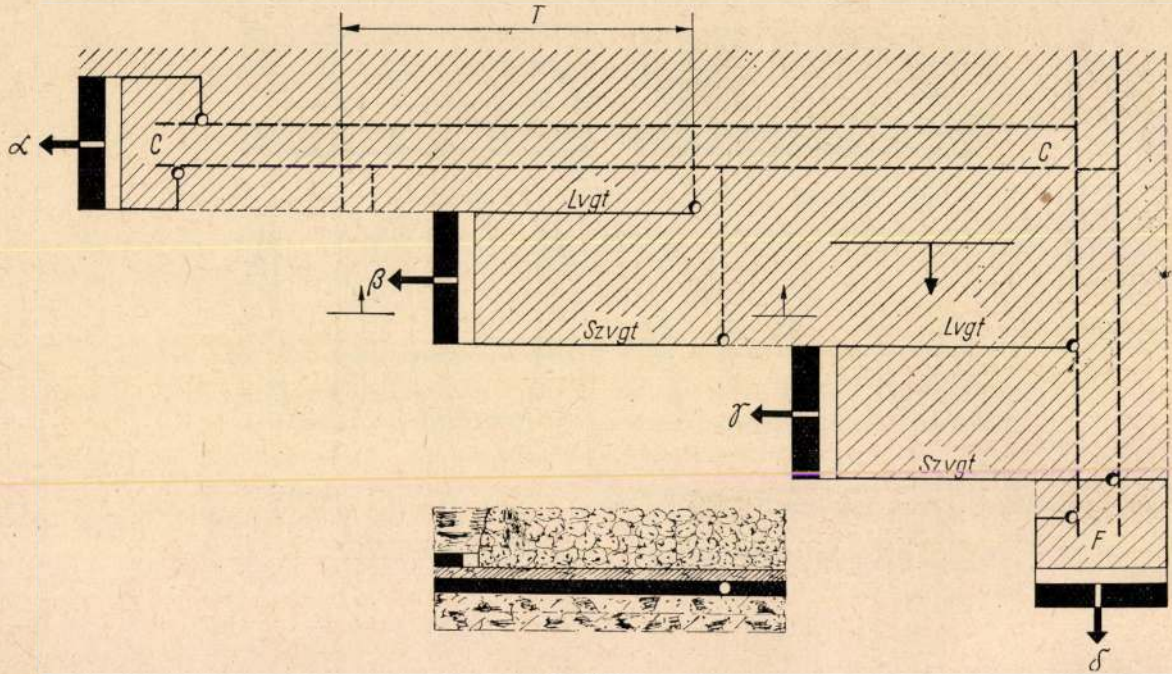
(*C-C*), esetleg folyosóhármásra támaszkodik. A felső telep lefejtése megelőzi a csapásmenti folyosópár, esetleg folyosóhármás kihajtását. Az ábrán látható körfolyam a levegő vezetésének körfolyama.

A 3. ábra már a részleteket is bemutatja. Az ábra azt az esetet vázolja fel, amikor a fővonal ereszképár (*F-F*), és a csapásmenti folyosópárnak (*C-C*) csak egyik oldalára telepítettünk fejtéseket. Ha a csapásmenti folyosópár mindkét oldalára telepítettünk fejtéseket, akkor a β és γ fejtések tükörképe is megjelenik. Ha a fővonal nem ereszképár, hanem siklopár, akkor a δ fejtés tükörképe jelenik meg. A rajz azt az állapotot mutatja, amikor fejtés még csak a felső telepben folyik.

A fejtések fent vázolt telepítésénél teljes egészében megvalósul az az elgondolás, hogy a vágatok feszültszegény zónába kerüljenek. Azonnal belátható ez az alsó telepben kihajtott vágatok esetében. A felső telep fejtési vágatai is feszültszegény zónába esnek, mert a légvágat (*lv*) lefejtett területen marad vissza, a szállítógát (*szv*) egyik oldalán lefejtett terület van, a másik oldalán pedig szükség szerint szintén létrehozható néhány méter széles lefejtés, hogy a vágat környéke a feszültszegéltől mentes legyen.



2. ábra

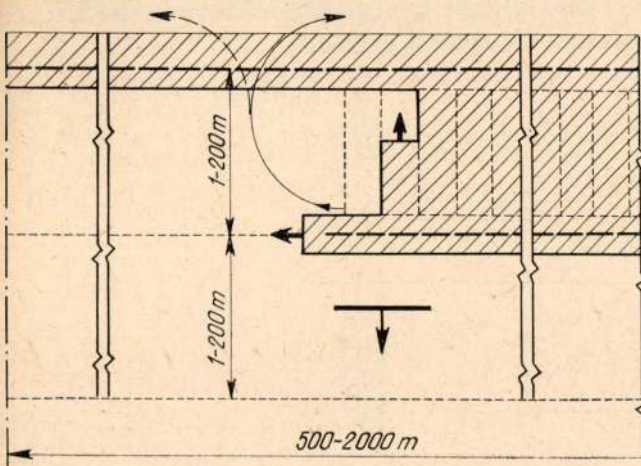


3. ábra

Emellett a felső telepben visszahagyott fejtési vágat hosszának megállapítása a kezünkben van azáltal, hogy ezeket szakaszonként rákötjük az alsó telepi vágatokra. Az optimális szakaszhossz telepenként, területenként változhat, szoros összefüggésben van azzal az idővel, ameddig a felső telepben kihajtott vágat gyakorlatilag nyitva tartható.

Amikor a felső telep lefejtése bizonyos mértékig előre haladt, megindulhat az alsó telep lefejtése is hasonló elvek szerint. A különbség annyi, hogy a korábban kihajtott csapásmenti vágatpár mellett átmenetileg védőpillért hagyunk vissza úgy, ahogy azt a 2. ábrán láthatjuk.

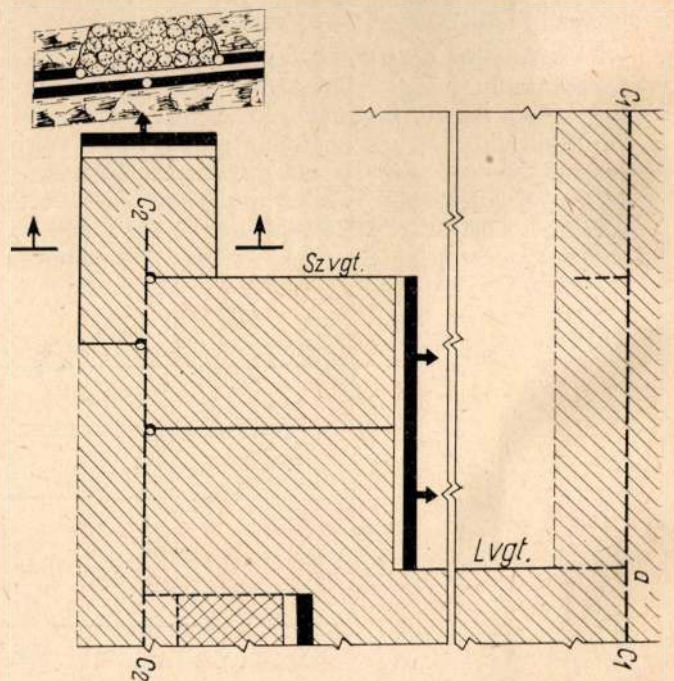
Ha a település átlagos dőlése megközelíti a 10° -ot és az előfordulás metános, következetesen kell alkalmazni azt az alapvető elvet, hogy a levegő a fejtés belépési pontjától kezdve mozgásában emelkedő tendenciát mutasson. Ebben az esetben a megoldás elvét a 4. ábra adja meg. A fejtések dőlésben felfelé haladnak. A levegő útjának körfolyama az ábrán látható.



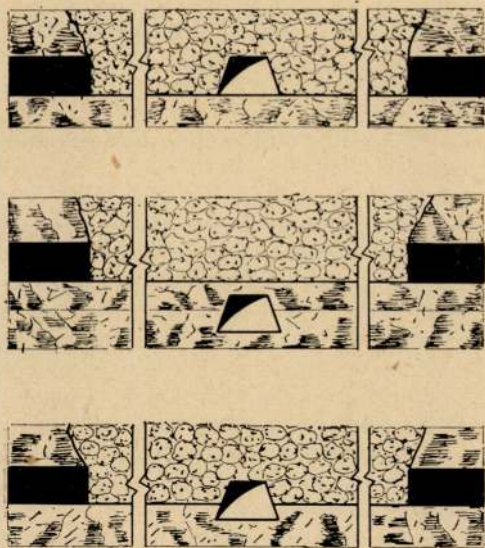
4. ábra

A telepítés részletes megoldását az 5. ábra szemlélteti. Itt is érvényesül a feszültségmentesítés elve. A két csapásmenti folyosó ($C_1 - C_1$, illetve $C_2 - C_2$) távolsága optimálisra állítható be. A felső telep lefejtését bizonyos időeltolással az alsó telep lefejtése követi hasonló módon. Minél inkább vékonypados a fedő, annál gyorsabb a teljes omlás, annál jobban felzárkózhat az alsó telep fejtése a felső telep fejtéséhez.

Metános előfordulás esetében még külön ki kell térni a fejtési légvágt (L_v) csatlakozási pontjára (a). Kétségtelenül a legegyszerűbb megoldás az lenne, ha a csapásmenti folyosót ($C_1 - C_1$) gurító kötné össze a fejtés légvágtával. Ehelyett



5. ábra



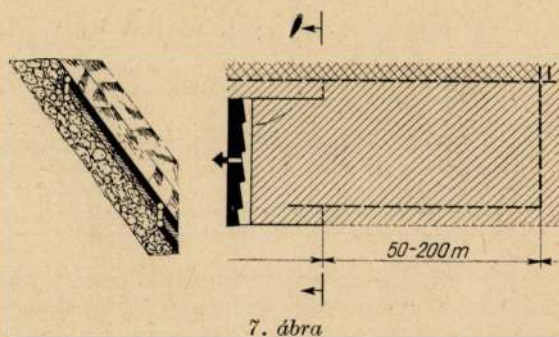
6. ábra

a fent említett légvezetési elv maradéktalan betartása érdekében az összekötés szintes harántvágat. Ha a dőlésszög $8-10^\circ$, akkor ez a haránt viszonylag rövid.

Eddig kéttelepés előfordulásokról esett szó. Természetesen hasonló a helyzet akkor is, ha három vagy több egymáshoz közel eső telep fordul elő. Hasonló a helyzet akkor is, ha vastagabb, két vagy több szeletben lefejthető telepünk van.

Problematikus az egytelepes előfordulás, ha egy szelettel lefejthető. Elvileg a vágatok környékén ebben az esetben is létrehozható a feszültségzegény zóna. Most a folyosót az omlásban vagy a feküben, esetleg félig a feküben kell kiépíteni (6. ábra). Ez természetesen meddőmunkával jár.

A 4. ábra szerinti telepítés esetében 200 m-ként kellene egy-egy folyosót meddőben kiépíteni. Le-



7. ábra

gyen a folyosó szelvénye 6 m^2 , a telepvastagság 2 m. Ez azt jelenti, hogy a kivájt meddő térfogata a kinyerhető szén térfogatának 1,5%-a. Ezzel szemben áll a folyosó környékének feszültségmentes állapota, a fenntartási munka nagymérvű csökkenése, a biztonságos szállítás és lézellátás.

Meredek előfordulások esetében, szintműveléses rendszerben a telepítés elve a lényegét illetően nem változik. A 7. ábra két egymáshoz közel fekvő telepben mutatja be a telepítés elvét. A felső telep lefejtése mezőbe halad, az alsó telepben ezt követi a fejtési folyosó kihajtása már feszültségzegény zónában. A felső telepben a fejtési folyosók hossza és ennek megfelelően nyitvatartási ideje tetszés szerint szabályozható. A szakaszhatárokon kihajtott rövid keresztvágatok távolsága általában 50—200 m. Nem változik az elv akkor sem, ha nem kettő, hanem több egymáshoz közelfekvő telep található. A legfelső telep lefejtése után az alsó telep vagy telepek lefejtése haladhat szintén a mezőbe vagy hazafelé.

Célunk az volt, hogy néhány alapvető elvet rögzítsünk annak a módszernek a megtalálásához, amellyel az áthárított nyomás káros és romboló hatását lehet lényegesen csökkenteni. Technológiai részletekbe természetesen nem bocsátkoztunk.

**Lapunk példányonként
megvásárolható:**

V., Váci utca 10.

V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. sz. alatti

HÍRLAP-BOLTOKBAN