

IPCC rendszerek alkalmazásának lehetőségei hazai kőbányákban

Utilisation potential of IPCC systems in hungarian stone quarries

KAUFMANN Ákos¹, TOMPA Richárd²

Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet,
3515 Miskolc – Egyetemváros ^{1,2}

Abstract

In-pit crushing and conveying technologies have been used in large-scale, high-capacity ore and coal mines since the mid-1950s, but have only recently begun to become more widespread in other mining areas. Changes in the technical, economic, environmental and legal conditions of mining may make IPCC systems applicable in Hungarian quarry industry. In the course of my work, I analyzed the applicability of each type and highlighted two variants that can meet the needs.

Kulcsszavak: IPCC, rakodás, szállítás, kőbányászat, kibocsátás

1. Bevezetés

Az elmúlt években nemzetközi szinten rohamosan elkezdett terjedni az in-pit crushing and conveying (továbbiakban IPCC) vagyis a termelési frontot követő törési és szállító technológia, ami kiválthatja a hagyományos kotró-dömper (shovel and truck, továbbiakban S&T) rakodási-szállítási technológiát.

Első sorban érc- és szénbányákra, a kifejezetten a nagy szállítási távolságok leküzdésére fejlesztették, de a fejlődő technológiák, a kibocsátáscsökkentés, jogszabályi változások hatására, akár a magyar kőbányászatban is érdemes lehet ezeket az alternatív megoldásokat megfontolni a hagyományos módszerek mellett.

A hazai kőbányák jelentős része mind termelés mind kiterjedés szempontjából kisméretűnek számít, de a nagyobb kiterjedésű és termelési kapacitású kőbányák esetében, részben vagy tisztán elektromos meghajtású termelőeszközökkel jelentős megtakarítás és/vagy kibocsátáscsökkentés érhető el.

A munkám egy félmobil és egy teljesen mobil IPCC rendszer működését tekinti át, illetve ajánlást ad, hogy különböző geometriai, közetminőségi faktorok alapján melyik rendszer, milyen körülmények közt lehet használható sikeresen.

2. IPCC rendszerek bemutatása

2.1. IPCC rendszerek működésének alapelvei

Az IPCC rendszerek alapelve, hogy a kitermelt anyagot minél inkább a feldolgozási lánc elején, már szállítózsalaggal szállítható méretűvé törjük, és ilyen módon juttassák a lánc további feldolgozási szakaszára, majd a hányóképzésre úgy, hogy egyáltalán ne, vagy a lehető legrövidebb távon kelljen alkalmazni dömpereket, teherautókat. [1]

Az IPCC megoldások nem új keletűek, de a modern világ iparral szembeni elvárásai miatt sok tekintetben mostanra lettek az előnyei olyan hangsúlyosak, hogy a bányászati cégek komolyan elkezdtek gondolkodni IPCC megoldásokon, a tervezési és üzemeltetési szempontból sokkal egyszerűbb és rugalmas S&T helyett, köszönhetően a jelentős beruházási igénynek inkább a régi, jól bevált megoldások mellett döntenek. A mai világ egyre szigorodó környezetvédelmi, munkabiztonsági előírásai, illetve a digitalizáció egyre nagyobb térnyerése miatt azonban a régi módszerek egy része kiváltható lenne, ráadásul a könnyen elérhető jó minőségű ércelelőhelyek számának csökkenése miatt egyre nagyobb befektetéssel, alacsonyabb minőségű nyersanyagokat termelnek, ezért új megoldások felé kell fordulni. Az IPCC rendszerek nagymértékben segíthetnek csökkenteni – többek közt – a bányabeli szállítás energiaigényét, költségeit, és a CO₂ kibocsátását, így a bányászat karbonlábnyomát. [2, 3]

A nagymértékű automatizálásnak köszönhetően, létszámcsökkenés érhető el a bányauzemekben, hiszen csökken a termelés során alkalmazott szállítógépek száma és az egyébként is rendelkezésre álló, képzett

csapatnak kell a karbantartási felügyeletet biztosítani a technológián, és megelőző beavatkozásokkal biztosítani a szinte teljesen automatizált rendszer folyamatos működését.

2.2. IPCC rendszerek típusai

2.2.1. Állandó IPCC rendszer (fixed IPCC, továbbiakban FIPCC)

Az előtörő üzem ugyan a bányában van, de helyváltásra nem képes. Egész élettartama alatt egy helyben áll, ezért a beruháznál nagyon körültekintően kell a helyét megválasztani, hogy legalább 20 éves viszonylatban, vagy ha a bánya élettartama kevesebb, akkor az élettartam alatt is gazdaságos szállítással működtethető legyen. Sok magyar bánya előtörése felfogható ilyennek, például Tállyán nagyon látványosan FIPCC sémájú az előtörés.

2.2.2. Félig állandó IPCC rendszer (semi-fixed IPCC, továbbiakban SFIPCC)

Az előtörő üzem a bányában van, és áthelyezhető, de csak a technológia részben vagy egészben történő szétszerelésével. Tipikusan 5-10 évente helyezhető át gazdaságosan, ezért a helyválasztásnál ajánlott optimális teherösszegyűjtési pontokat figyelembe venni.

2.2.3. Félig mobil IPCC rendszer (semi-mobile IPCC, továbbiakban SMIPCC)

Az előtörés megbontás nélkül áthelyezhető, de folyamatos termeléskövetésre nem képes. Vagy csúsztatással, vagy saját járószerkezettel lehet mozgatni, tipikusan 3-5 évente gazdaságos áthelyezni. Saját véleményem szerint érdemes „blokkokat” létrehozni a bányában, ahonnan minimális szállítással eljuttatjuk a törőhöz az anyagot, majd, ha az egyik blokkot letermeltük, a következőhöz beállni. Ajánlott szállítótutakat optimalizálni, és előnyös 3D környezetben tervezni a bányát.

2.2.4. Teljesen mobil IPCC (fully-mobile IPCC, továbbiakban FMIPCC)

Az üzem folyamatos helyváltásra képes, a teherautós szállítást akár teljesen eliminálva, közvetlenül a kotrógép/rakodógép tudja feladni a bányászott anyagot a törőre. Szállítótutak nincsenek, de karbantartótutakat kell tartani, illetve folyamatos felügyelet és 3D tervezés ajánlott, a szállítószalagok optimális elvezetése miatt. Egész más bányászati szemléletet kíván, mint bármelyik másik rendszer, leginkább folyamatos termelési mód-szerekhez hasonlatos. [4]

3. SMIPCC előtörés

Az elemzéseim alapján egyik IPCC lehetőség kisebb kőbányákban egy félmobil, szántalpakon álló, de lehorgonyozható technológia, amit „blokkos” termeléssel célszerű működtetni.

3.1. Blokkos termelés

A blokkos termelés annyit tesz, hogy a bányát a termelés megtervezésekor a rendszer gazdaságos áttelepítései közötti idő alatt kitermelhető méretű blokkokra kell szedni úgy, hogy a dömp(er)ek fordulóideje a blokk egyik pontjából sem legyen több, mint amennyivel az adott üzem adott mennyiségű dömp(er)rel a cél anyagáramot biztosítani tudja.

Vagyis, ha például egy bányában 500 tonna anyagot kell az előtörésnek biztosítani óránként, és erre van egy darab 55 tonna teherbírású Komatsu HD-465-8 dömp(er), akkor ezzel: $500/55=9,0909$ vagyis 10 fordulót kell tenni óránként. Így $60/10=6$ perc van egy fordulót teljesíteni, amit nem lehet átlépni a blokk egyik pontjából sem.

$$t_f = \frac{60}{|f|}, f = \frac{A}{d}, \quad (1)$$

ahol:

- t_f : a maximális fordulóidő [min],
- f : az elvárt anyagáramhoz szükséges fordulók száma [db],
- A : az elvárt anyagáram [t/h],
- d : a szállítójármű teherbírása [t].

Ez, figyelembe véve a rakodás, döntés, és szállítás időtartamát, meghatároz egy területet, ahonnan a lehelyezett SMIPCC technológiára termelhetünk. A területen fekvő szállítási útvonalak maximális hossza arányos a maximális fordulódővel, és a szállítójármű átlagsebességével.

$$s_{max} = v_{\text{átl}} \times \left[\frac{(t_f - t_r - t_d)}{2} \right] \quad (2)$$

ahol:

- s_{max} : a szállítási útvonal maximális hossza [m]
- $v_{\text{átl}}$: a szállítójármű átlagsebessége (kis távolságok miatt ajánlott figyelembe venni az elindulást és megállást is) [m/s]
- t_r : a szállítójármű megrakodásának ideje [s]
- t_d : a szállítójármű bedöntőbe való döntésének ideje [s].

Ha a gazdaságosan termelhető terület nagyobb, mint amekkorát a meghatározott számú dömpert így képes elszállítani (vagyis, ha az elvárt fordulódő teljesíthetetlenül kicsi, a jármű nem tud megrakodni és visszaérni), több dömpert kell termelésbe állítani. A bányában viszont 3 dimenzióban kell gondolkodni, a technológiát érdemes úgy elhelyezni, hogy a hozzá kapcsolt blokkból lefelé lehessen szállítani. Egy blokkba több termelőszint is tartozhat, és az optimális szállítóutak tervezése létfontosságú.

3.2. Árok kialakítása

Az SMIPCC rendszerek egy sajátossága, hogy a törőt érdemes a termelőszintek alá elhelyezni, hogy a legalsó szintről való szállításnál se kelljen a dömpereknek emelkedőn felfelé szállítani. Ezért, ha nincs a termelőszintek alatt megfelelő nagyságú terület, érdemes egy árkot kialakítani a technológia tervezett helyén, és abba besüllyeszteni azt. Így mivel a szállítószalag a gravitáció ellenében történő szállításnál is effektívebb, mint a dömperek, az üzemeltetési költségek csökkenthetők.



1. ábra: Az ajánlott árokkialakítás sematikus ábrája.[5]

3.3. A technológia előnyei és hátrányai

3.3.1. Előnyök

- Redukált működési költség hagyományos S&T termeléshez képest
- Kisebb veszélyzóna a bányában.
- Flexibilitás, több frontról való termelés lehetősége.
- Könnyű adaptáció.
- Könnyebb átállítás teljesen elektromos termelésre.
- Redukált CO₂, SO₂, NO_x kibocsátás.
- Jelentős automatizáció
- Kisebb humán munkaerőigény.

3.3.2. Hátrányok

- Magasabb tőkebefektetés, mint hagyományos S&T termelésnél.
- Porterhelés továbbra is megmarad, (de kisebb, mint az S&T esetében.)
- Zajterhelés továbbra is megmarad, (de kisebb, mint az S&T esetében.)
- Folyamatos és jól képzett felügyelet szükséges az üzemeltetéshez.
- Áthelyezés nehéz és időigényes művelet.

4. FMIPCC előtörés

4.1. A rendszer bemutatása

Az FMIPCC rendszerek a szállítójárműveket teljesen elhagyva, egy magától helyváltoztatásra képes mobil előtörési rendszerrel működnek, amelyek töretét aztán mobilszalagok, nagyobb méretű kitermeléseknél szalaghidak továbbítanak, majd egy áthelyezhető szalagpályára adnak, ami további feldolgozásra továbbítja az anyagot.

Mivel a kotrón kívül minden berendezés össze van kötve szalagrendszerrel, egy a szalagvázra erősített segédvázon elvezetett nagyfeszültségű vezetékkel a teljes rendszert lehet táplálni, és a törőről a kotróhoz egy leágazást létrehozni. Így a teljes termelési lánc elektromossá tehető, nagyban lecsökkentve ezzel a bánya helyi CO₂ (és NO_x) kibocsátását, illetve olcsóbb is, mint akár a dízelüzemű hagyományos gépekkel való termelés, mind az elektromos (BEV) dömperekkel történő, mivel itt nem kell drága nagyteljesítményű akkumulátorpak-
kokat beszerezni.

A Metso Outotec Lokotrack-Lokolink rendszere egy jelenleg létező és működő megoldás kőbányák FMIPCC módszerrel történő művelésére. Ez egy mobiltörőből és két egymáshoz kapcsolt mobilszalagból áll, amik egyik végén a törőhöz, másikon egy léptethető kihordószalaghoz vannak kapcsolva. A mobilszalagok mindkét végponton és a két szalag közti átadásnál is csuklószerűen képesek elforogni, így a törő meglehetősen nagy területet képes ellátni áthelyezés nélkül. Ha szinten belül kell áthelyezni, a kihordószalag mentén síneken mozgatható a technológia, ha pedig a kihordószalagot kell előretolni, a Lokolink szalagok képesek lekapcsolódni, és akár a törővel együtt mozogva másik termelőhelyre átmenni. [6]



2. ábra: Az ausztrál Boral Peppertree bánya Metso gyártmányú FMIPCC előtörése. [7]

4.2. A technológia előnyei és hátrányai

4.2.1. Előnyök

- Csökkentett működési költség fix előtörésekhez képest.
- Nagymértékű standardizáltság.
- Üzembiztonság.
- Csökkentett porterhelés
- Csökkentett zajterhelés.
- CO₂, SO₂, NO_x kibocsátás minimális.
- Automatizáció, „digitális bánya”.
- Munkabiztonság.
- Gyors áthelyezés.

4.2.2. Hátrányok

- Magas tőkebefektetés.
- Nem flexibilis, egyszerre csak egy fronton folyik termelés
- Folyamatos gépészeti ellenőrzés szükségessége a termelési láncon.
- Üzemi tapasztalat, know-how hiánya.
- A személyzet teljes átképzése

5. Következtetések

Az IPCC rendszerek egy teljesen újfajta szemléletet jelentenek a bányászat számára. Ugyan az első in-pit crushing technológia már 1956-ban létrejött Németországban, sokáig nem volt tényleges előnye a sokkal egyszerűbb és flexibilisebb S&T-vel szemben. Az energiaárak változása, környezetvédelem és a munkabiztonság előtérbe kerülése, a technikai fejlődés viszont szükségessé teszi a hagyományos bányászati módszerek létjogosultságának újraértékelését, és új, a előírásoknak könnyedén megfelelő, ezen kívül fenntartható, biztonságos, és automatizált termelési lehetőségeknek figyelembevételét.

Ez azonban nem azt jelenti, hogy minden kitermelésnek új IPCC technológiákat kell bevezetni, a kitermelt érc/közettést, az elektromos energia ára és hozzáférhetősége, és a bánya addigi kialakítása nagyban meghatározza ezen előtörések használati lehetőségeit. Ha például egy ércbányában inhomogén ércet termelnek, több szinten folyik a termelés és nincs a közelben nagyteljesítményű villamoshálózat, egy FMIPCC semmiképp, de egy SMIPCC technológia is nehezen állja meg a helyét, olcsóbban és hatékonyabban lehet dömperekkel szállítani.

A diffúz porkibocsátás a bányáknál fő probléma a lakott területek közelsége, vagy védett területek miatt, amit minimálisra lehet csökkenteni egy FMIPCC előtöréssel, illetve a zajterhelés csökkentésével lehetőség nyílik kockázatmentes éjszakai termelés megszervezésére is, ha azt a felvevőpiac kívánja.

A nagyteljesítményű elektromos hálózat a legtöbb hazai nagy termelési kapacitású bányában rendelkezésre áll, és mivel hazánkban jelenleg olcsó az elektromos energia, ezzel jóval gazdaságosabb is a törésoztályozás és az anyagmozgatás, mint dízelüzemű gépekkel. A kibocsátási előírások szigorodása miatt a dízel meghajtást szinte teljesen ki lehet váltani hálózatról működtetett villamos hajtással, kikerülve az alacsony akkumulátorkapacitás szűk keresztmetszetét.

A bányabeli gépjárműforgalom csökkenésével vagy elhagyásával az üzemi területen való közlekedés biztonságosabbá válik, és kevesebb alkalmazottal is el lehet érni ugyanakkora, vagy akár nagyobb termelési kapacitást.

Összességében elmondható, hogy ezen technológiák alkalmazása a kibocsátáscsökkentés, gazdaságosság és munkabiztonság tekintetében is jelentős előnyöket hordoz, így megfontolandó alkalmazása a hazai kőbányászat egyes szegmenseiben.

Irodalomjegyzék

- 4, H. ABBASPOUR ÉS C. DREBESNTEDT, 2019: IPCC systems as a bulk material handling method in mines: a review regarding the technical, economic, environmental, safety and social factors. *A „VIII. International Symposium of Young Researchers TRANSPORT PROBLEMS” c. konferencián megtartott előadás*, Katowice, 2019. június 24-25. (*ResearchGate*)
- 1, M.R.T. MOHAMMADI ÉS TÁRSAI, 2011: Review of the in-pit crushing and conveying (IPCC) system and its case study in copper industry 2—7. 2011 október (*ResearchGate*)
- 5, R.J. THOMPSON (2005): *Surface Strip Coal Mining Handbook*, South African Colliery Managers Association (SACMA), 496 oldal, Johannesburg:
- 7, AGGBUSINESS.COM, 2014: *Boral achieves in-pit crushing solution with design collaboration*, <https://www.aggbusiness.com/feature/boral-achieves-pit-crushing-solution-design-collaboration> letöltés dátuma: 2021.10.23.
- 2, MOGROUP.COM, 2016: *Delivering a step change in operating costs*, <https://www.mogroup.com/insights/blog/mining-and-metals/delivering-a-step-change-in-operating-costs/>, 2016 szeptember 19., letöltés dátuma: 2021.10.26.
- 3, MOGROUP.COM, 2021: *Metso Outotec In-pit crushing and conveying systems (IPCC)*, <https://www.mogroup.com/portfolio/in-pit-crush-and-convey-ipcc/> letöltés dátuma: 2021.10.23.
- 6, MOGROUP.COM, 2021: *Metso Outotec Lokolink conveyors*, <https://www.mogroup.com/portfolio/lokolink/> letöltés dátuma: 2021.10.23.