

OTDK Tanulmány

KÜLSZÍNI FEJTÉSŰ BÁNYAGÉP TARTÓSZERKEZETÉNEK
FELÚJÍTÁSA ÉS PRÓBATERHELÉSE

Galambos Gábor
építőmérnök, MSc hallgató

Konzulens:
Dr. Vanya Csilla
okl. építőmérnök, adjunktus

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani a Mátrai Erőmű ZRt-nek, hogy engedélyezték a téma feldolgozását és hozzájárultak a tanulmány megszületéséhez. Köszönettel tartozom a METAL Kft. részéről Koren Andrásnak és Handzó Péternek a tanulmányom elkészítésében és szakmai fejlődésemben nyújtott kiemelkedő segítségükért. Továbbá szeretném megköszönni a Metallicus Kft. részéről Berkecz Józsefnek a tanulmány írása során adott szakmai észrevételeiért és útmutatásáért.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
1.1. A tanulmány rövid ismertetése	3
1.2. A külfejtéses bányászati technológia ismertetése.....	4
1.3. A bánya bemutatása	5
1.4. A tüzeset	7
1.4.1. A tűz kialakulásának oka	8
1.4.2. A tűz keletkezésének helye és kiterjedése	9
1.5. A tűzkárt szenvedett gép ismertetése.....	11
1.5.1. Geometria, alap adatok	11
1.5.2. Működés, funkció	12
1.5.3. Tartószerkezeti kialakítás	12
2. Tartószerkezet vizsgálata	17
2.1. Helyszíni keménységmérés	20
2.2. Mágnesezhető poros eljárás.....	21
2.3. Metallográfiai vizsgálat	22
3. Tartószerkezet megerősítése	22
3.1. A gép szerelőállásba való vonultatása	23
3.2. Köztisztalag tartószerkezetének megerősítése.....	23
3.3. Ellensúlygém tartószerkezetének megerősítése.....	25
4. Ellenőrző mérések.....	27
4.1. Nyúlásmérő bélyeges mérések	28
4.1.1. A mérés előkészítése.....	30
4.1.2. A mérés.....	31
4.1.3. A mérési eredmények kiértékelése	37
4.2. Főgép súlypontmérése	42
4.2.1. A mérés előkészítése.....	43

4.2.2.	A mérés	44
4.2.3.	A mérési eredmények kiértékelése	44
5.	A tanulmány összegzése	45
6.	Hivatkozások.....	46
7.	Mellékletek.....	49

1. Bevezetés

1.1. A tanulmány rövid ismertetése

A tanulmányban a visontai külszíni fejtésű bányában működő hányóképző gép leégése okán elvégzett tartószerkezet vizsgálati, megerősítési, és próbaterhelési módszerekről adok részletes bemutatást. A tanulmány elején be fogom mutatni a külszíni fejtés tulajdonságait, és rövid kitérőt teszek ezen bányászati technológia sajátosságaira. Fontosnak tartom ismertetni a leégett gép egyedi szerkezeti megoldásait, ezért a gép összetett statikai rendszerével részletesebben foglalkozom. A tűz okozta károsodások értelmezéséhez és vizsgálatához elengedhetetlen, hogy ismerjük a gép tartószerkezetét.

Röviden ki fogok térni a tűz keletkezésének okára, illetve a tüzeset után a gép tartószerkezetének állapotvizsgálatára. Itt lényegre törően ismertetni szeretném a manapság járatos vizsgálati módszereket mind a helyszínen, mind pedig laboratóriumban végzett formáját. Bemutatom, milyen tervezési problémák merülhetnek fel egy közel 40 éve tervezett és épített bányagép szerkezetének felújításánál, és milyen új igények jönnek elő a megrendelő által.

Részletesen foglalkozom a gép újra termelésbe állítása előtt elvégzett próbaterhelések módszereivel, illetve bemutatom és kiértékelem a mérések során kapott eredményeket. Megvizsgálom, hogy milyen mértékben igazolják a próbaterhelésből kapott eredmények a statikus tervezők által számítottakat.

Hazai szabványok csak általánosságban rögzítenek előírásokat és adnak útmutatást a szerkezetek felújítását és próbaterheléseit illetően és főleg csak épületekre vonatkozóan. Mivel sem hazai, sem pedig külföldi szabványok nem rögzítik és nem is adnak ajánlást az ilyen speciális szerkezetek próbaterhelésének módszereire, így tanulmányom elsőként ad eligazítást erre vonatkozóan. Tanulmányom összefoglalásaként a kiértékelt eredmények és az elvégzett próbaterhelések alapján néhány ajánlást teszek a különleges szerkezetek próbaterheléseit illetően.

1.2. A külfejtéses bányászati technológia ismertetése

A külfejtéses bányászati technológia lényege, hogy a kitermelendő anyag felett elhelyezkedő meddőrétegeket (agyag, homok, kövek, iszap, stb.) először el kell távolítani, hogy a mélyebben fekvő hasznos anyaghoz hozzájussanak, majd a meddőanyagot vissza kell tölteni a nyitott bányagödörbe [1]. Ahogy az egyik külfejtési mező kimerült, úgy halad tovább a bánya és a kitermelt meddőt az előző terület gödrébe töltik vissza. A bányagödört teraszosan alakítják ki, melynek oka, hogy ne alakuljon ki túlzottan magas egybefüggő földfal, mely könnyen elveszítheti állékonyságát. A teraszok magassága általában 8-15 m, a bánya teljes mélysége meghaladhatja az 40-60 m-t is [2]. Az 1. ábrán egy teraszosan kialakított szénbánya látható.



1. ábra Visontai szénbánya teraszos kialakítása [3]

A külfejtésű bányákban többféle, speciális gép végzi a kitermelést, mely gépek tömege nem ritkán eléri a 2000-3000 tonnát (a világon a legnagyobb gépek tömege meghaladja a 10000 tonnát is). A bánya frontvonalán (és egyben a legalsó szinteken) dolgoznak az úgynevezett marótárcsás kotrók, melyeknek feladata a meddő letermelése. Ezen letermelt meddőt az egész bányát behálózó szállítoszalag rendszerre juttatják, ezáltal eljut a betemetni kívánt bányarészig, ahol a hánýóképző gépek - ahogyan azt a nevük is mutatja - "lehánýják" a bányából felhozott meddőt. A hasznos anyag kitermelése hasonlóképp történik, annyi különbséggel, hogy a kitermelést merítéklétrás kotrógépek végzik, amelyekkel akár 1 méternél kisebb vastagságú lignit réteg is fejthető. A szállítoszalag az anyagot a közelben lévő erőműbe szállítja. A meddőt és a hasznos anyagot különálló szalagrendszerek szállítják. A

hasznos anyag kitermelése és a meddő letermelése akkor működik a leghatékonyabban, ha a folyamatokat egyes gépekből összeállított, úgynevezett gépkombinációk végzik. Egy marótárcsás gépkombinációra mutat példát a 2. ábra.

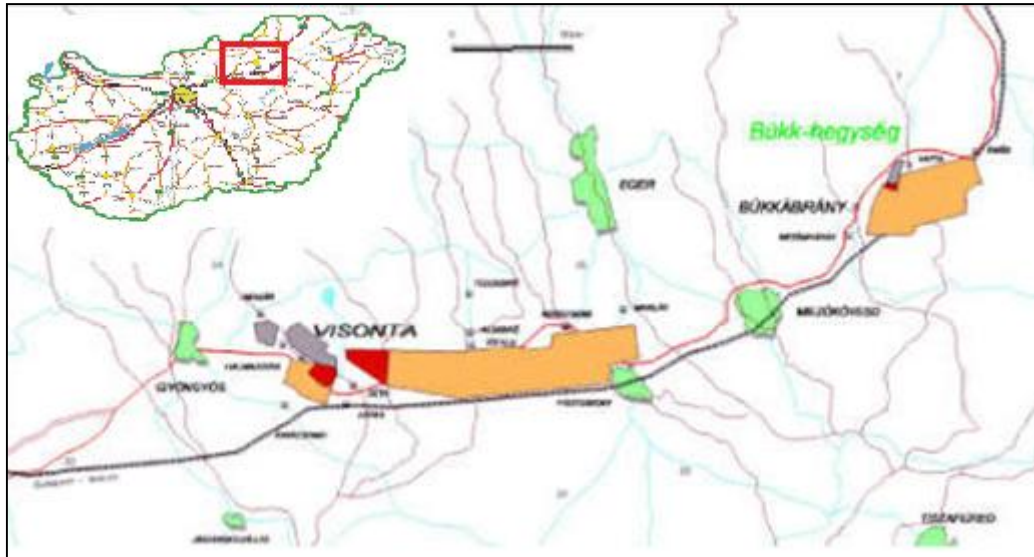


2. ábra Marótárcsás gépkombináció

A képen jól látszik, hogy a marótárcsás kotró a piros színnel jelzett szalagra szedi fel az anyagot, majd a szalagról egy surrantó segítségével átdobja az ellensúlyoldalon lévő zöld színnel jelölt szalagra. Ez a folyamat egy gépen belül játszódik le. Ezután az anyag a szalagkocsi marótárcsás gép felöli végén lévő kék színnel jelölt szalagra kerül, amelyen keresztül egy újabb surrantó beiktatásával átadódik a szalagra (barna). A bányában kiépített szalagrendszer segítségével pedig a bánya bármely részére el lehet juttatni az anyagot. Egy ehhez hasonló általános gépkombináció akár 150-200 méter hosszú is lehet, ezzel nagyban megnövelve a bánya hatékonyságát és kapacitását.

1.3. A bánya bemutatása

Magyarországon a Mátrai Erőmű Zrt. (ME Zrt.) tulajdonában lévő bányákban találkozhatunk külfejtéses bányászati technológiával. A ME Zrt. egyik bányája Visontán, a másik pedig Bükkábrányban található. Az Észak-Magyarországon végighúzódó közel 1 milliárd tonnás lignitállományt ebben a két nyitott bányában hozzák a felszínre. A kitermelt lignitet a visontai erőműben villamos energiává alakítják, ezzel a magyar nemzetgazdaság villamosenergia-fogyasztásának körülbelül 13%-át biztosítják [4].



3. ábra Mátrai Erőmű Zrt. tulajdonában lévő két bánya [4]

A szén jövesztése merítéklétrás kotrógépekkel történik. A merítéklétrás és marótárcsás gépek a meddőt és a lignitet szállítószalagra adják. A bányában kiépített fronti, padka-és hányóoldali szállítószalagok szalagrendszereket alkotnak. A visontai bányákból szállítószalagon keresztül érkezik a lignit a törőorra, majd az erőműbe. A bükkábrányi bányából a törőmű után a lignit a vasúti feladást biztosító széntérre kerül, ahonnan 55-60 tonnás vasúti kocsik segítségével juttatják a szenet a visontai erőműbe [4].



4. ábra Merítéklétrás bányagép képes a földről felkaparni a szenet [5]

A bányában működő nagygépek kivétel nélkül önjáróak, azaz saját láncalpokon közlekednek. A visontai bányában 6 munkaszinten 5 marótárcsás, 2 merítéklétrás kotrógép és 3 hányóképző bányagép üzemel napi 24 órában a hét 7 napján. Ilyen üzemidő mellett belátható, hogy a bányagépek leterheltsége igen nagy. Innen egyenesen következik, hogy

bármely gép kiesése súlyos teljesítési lemaradást okozhat a bányának. Ennek bekövetkezésének esélyét a minimálisra szorítva a ME Zrt. teljes körűen felszerelt karbantartási egységgel rendelkezik, akik képesek szinte minden javítási munkát belsőleg elvégezni. Ám van olyan, amikor az elkerülhetetlen bekövetkezik. Ez történt 2014. május 8-án is, amikor egy éjszakai műszak folyamán a HK8 jelzésű hányóképző bányagép szállítószalaga lángra kapott.



5. ábra A HK8 jelzésű hányóképző bányagép távlati képe

1.4. A tűzeset

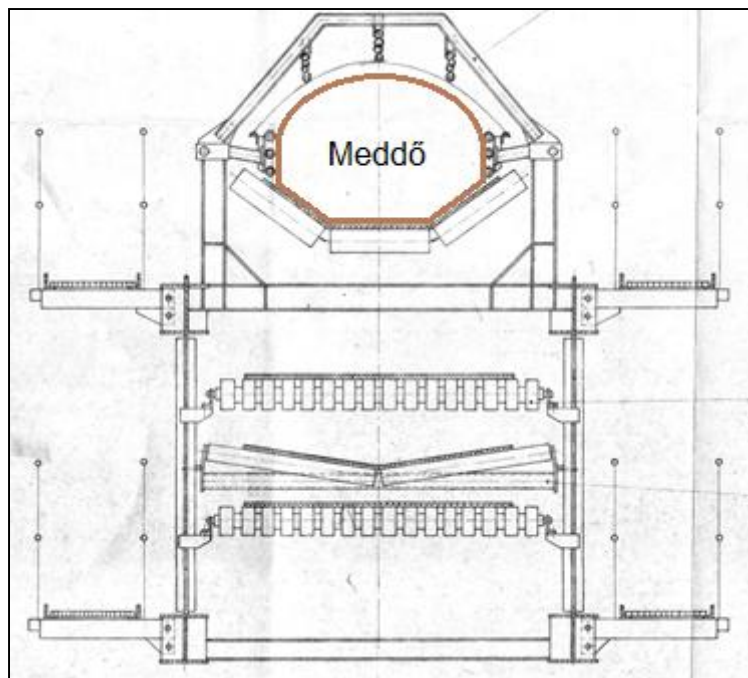
A HK8 jelzésű hányóképző bányagép a visontai bánya déli részén kapott lángra a hajnali órákban. A bányagép oltását a bánya létesítményi tűzoltói kezdték meg, majd a helyszínre érkeztek a hatvani és az egri hivatásos tűzoltók. A katasztrófavédelmi szolgálat is a helyszínre vonult, akik átvették a tűzoltás irányítását. A tűzoltók a gépet áramtalanították és a tüzet több órán keresztül oltották [6]. A 6. ábrán a kigyulladt gép látható, a helyszínre vonult tűzoltókkal.



6. ábra A tűzbeborult HK8-as bányagép [6]

1.4.1. A tűz kialakulásának oka

Az 1.2 pontban ismertettem egy általános gépkombináció működését és bemutattam, hogy a gépkombináción és a gépen belül is több szalag van kialakítva. Ezek a szalagok kb. 5 m/s-os sebességgel szállítják az anyagot és a gép tartószerkezetére felszerelt görgők által vannak megvezetve. A görgők és szalagok elhelyezése látható a 7. ábrán, amely a HK8-as egy általános keresztmetszetét mutatja.



7. ábra HK8 általános keresztmetszete



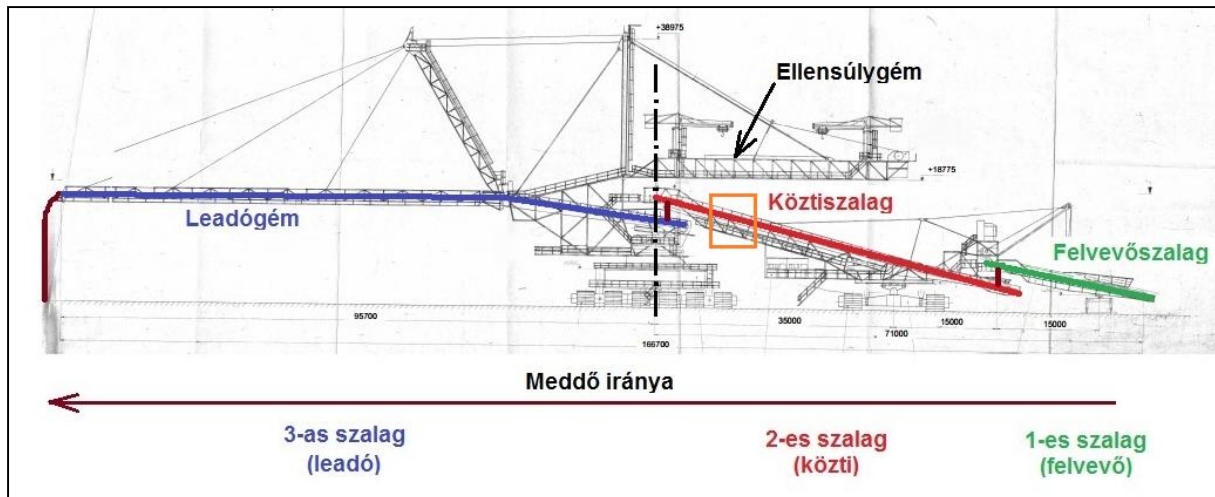
8. ábra Felül a sima felületű görgők, míg alul a háttérben takarva látszik a bordás kialakítású görgő

A görgők csapágyazottak, melyeknek felülete lehet sima vagy bordázott. A felületi kialakítás attól függ, hogy a szalag mely ágát vezeti meg a görgő. Az anyag szállítási irányában lévő szalagág megvezetésére sima felületű görgőket, míg a visszatérő (már üres) szalagág megvezetésére a bordás kialakítású görgőket alkalmazzák. Ennek oka, hogy a bordázott kialakítás segíti a szalagon maradt felesleges anyag lemorzsolódását, így a szalag tisztítását. A szalag tisztításának és a félrehulló anyag kezelésének statikai szempontból is fontos szerepe van, mivel a felesleges anyagteher azaz a szalagról lehulló, a gép részein összegyűlő anyagteher jelentős mértékű tud lenni.

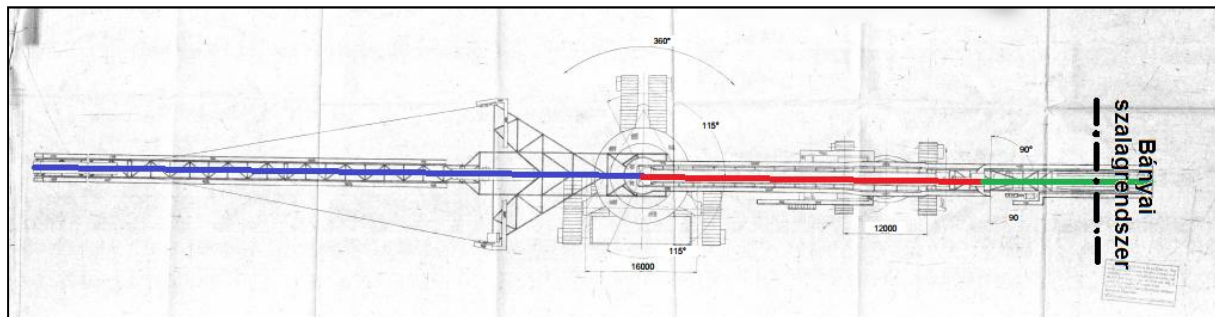
A tűz kialakulásának oka az egyik, visszatérő szalagágon lévő bordázott görgő meghibásodása volt. A görgő a csapágy meghibásodása folytán beragadt, viszont a szalag nem állt le és ugyanolyan sebességgel próbálta forgatni a görgőket. A görgő és a szalag között fellépő súrlódásból rövid idő alatt elég nagy hő keletkezett ahhoz, hogy lángra lobbantsa a gumi anyagú szalagot.

1.4.2. A tűz keletkezésének helye és kiterjedése

A tűz keletkezésének helye az úgynevezett köztiszalag közepén volt. A 9. ábrán a gépkombináció látható oldalnézetben, a narancssárga négyzet pedig a meghibásodott görgő körülbelüli helyzetét jelöli.



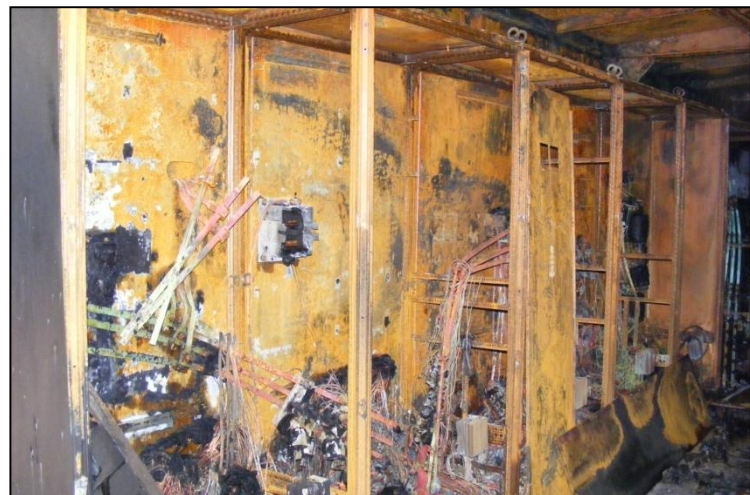
9. ábra HK8 Általános terv - Oldalnézet



10. ábra HK8 Általános terv - Felülnézet

(A 9. ábrán használt szalagok számozására és a gép egyes részeinek elnevezésére a tanulmány további részében vissza fogok hivatkozni.)

A szalag meggyulladás után a tűz továbbterjedt az anyag haladási irányával megegyezően. A tűz elérte a 2-es és a 3-as szalag átadási pontját, ahol is az átadó surrantó¹ mint egy kürtőként működött, ezáltal a tűz még jobban felerősödött és tovább terjedt felfelé. A károkat az is növelte, hogy a gép a tüzeset idején éppen a 10. ábrán



11. ábra Kiegett elektromos ház belülről

¹ Úgy kell elképzelni, mint egy tölcseért. Az egyik szalag a rajta érkező anyagot nekilöki az átadó surrantó falának, majd az rávezeti a másik szalagra.

látható pozícióban volt, amikor is a gépkombináció szinte vonatban² állt. Ebben a helyzetben az ellensúly gémen lévő elektromos ház (E-ház) pontosan a tűz keletkezésének helye fölött volt. Az elektromos házban található, illetve az ide tartó kábelek burkolatai gyorsan lángra kaptak a nagy hőhatástól, ezzel jelentős károkat okozva.

A 9. ábrán feketével jelölt függőleges tengely körül a gép képes mindkét irányban elfordulni körülbelül 115°-ot. A tűz észlelése után a gépen dolgozó személyzet megpróbálta elfordítani a leadó gémet az akkori pozíciójából, de biztonsági okokból erre már nem volt elég idejük.

Összefoglalva a tűzkár érintette a köztiszalagot, annak középétől kezdve egészen a fejrészig, ahol is súlyos károkat okozott az acélszerkezetben. Továbbá a tűz érintette az ellensúlygém acélszerkezetét és a teljes elektromos házat, illetve az elektromos kábeleket.

1.5. A tűzkárt szenvedett gép ismertetése

1.5.1. Geometria, alap adatok

A tanulmányom témájául szolgáló gép tehát egy hányóképző bányagép, melynek feladata a bánya mélyebben fekvő részeiből felérkezett meddő deponálása. A gépet 1973-ban az NDK béli Takraf tröszt tervezte. A cég azóta megszűnt, egyes részegységei azonban továbbra is működnek és külfejtési gépek tervezésével foglalkoznak. A gép geometriai adatait az 1. számú melléklet tartalmazza, illetve néhány fontosabb műszaki adata az 1. táblázatban található.

Elméleti szállítási teljesítmény	6300 m³/h
Elméleti tömeg	1500 t
Beépített villamos teljesítmény	2500 kW
Gyártó	Köthen
Gyártási év	1976
Gép hossza	~ 167 m

1. táblázat HK8 műszaki adatai [8]

² Szakmában használatos kifejezés, jelentése, hogy a szalagok egy tengelyben helyezkednek el.

1.5.2. Működés, funkció

A gépkombináció három szalagból áll. A meddő útja szempontjából vizsgálva a rendszert, a 12. ábrán látható 1-es szalag veszi fel a bányában lévő szalagrendszerről a meddőt, majd az A pontban átadja a 2-es szalagra. Ezen az ágon a meddő eljut egészen a főgépig, ahol átkerül a B átadási pontban a 3-as szalagra. A 3-as szalag egészen végig viszi a meddőt a leadógémen, majd a C pontban leszórja a végleges helyzetébe.



12. ábra HK8 gépkombináció szalag szakaszai

1.5.3. Tartószerkezeti kialakítás

Ebben a fejezetben már szeretnék rátérni a statikus mérnök szempontjából fontos részre, a gép acél tartószerkezetének kialakítására, a statikai megfontolásokra, amely alapján a gépet megtervezték.

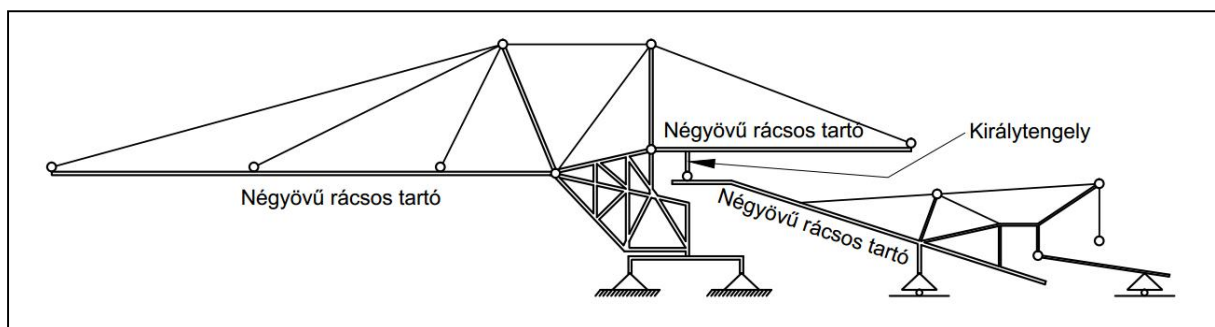
A gépkombináció két nagyobb egységből tevődik össze, az 1-es és a 2-es szalagot hordozó szerkezet külön lánctalppal rendelkezik, míg a 3-as szalagot tartó szerkezetet (a főgépet) nagyobb és erősebb lánctalpak hordozzák. A két egység bár külön lánctalpakon közlekedik, mégsem függetlenek egymástól. A főgép felépítményére támaszkodik a köztiszalag és a királytengellyel össze vannak kapcsolva. A királytengely statikai szerepe, hogy a köztiszalagnak függőleges és vízszintes támaszt nyújt, miközben engedi mindhárom (x,y,z) tengely körüli elfordulását (14. ábra). A függőleges tengely körüli elfordulás arra szolgál, hogy a két gép különböző, a meddő szórásához szükséges pozíciókba állhasson. Ezzel ellentétben a két vízszintes tengely körüli elfordulást engedő csuklók statikus csuklók.

Szerepük annyiban merül ki, hogy a gépek működéséből adódó többlet igénybevételek (pl. a két gép külön láncalpon való vonulásából - talajegyenetlenség - adódó kényszer erők) itt le tudnak épülni. Ez a statikus csuklók által engedett kis elfordulásokkal történik, így a gép nem feszül be. A gépkombináció statikai modellje függ attól, hogy üzemi vagy nem üzemi állapotban van a gép. Üzemi állapotban a gép szalagrendszere szállítja az anyagot és az 1-es szalag veszi fel az anyagot a bánya lentebbi munkaszintjeiről érkező szalagrendszerről.



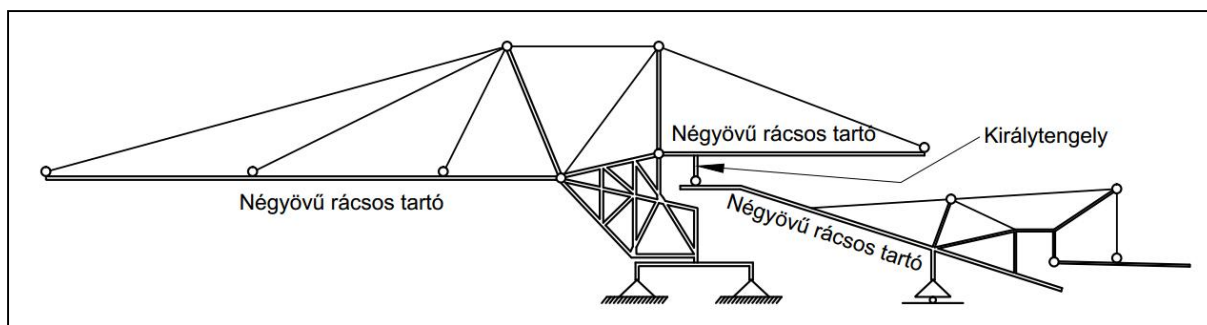
13. ábra Felvevőszalag letámaszt a segédszerkezetre és a csörlő kötele laza

Ekkor a felvevőszalag a 13. ábrán látható módon letámaszt a szalagrendszer felett közlekedő segédszerkezetre és a gép statikai modellje a 14. ábrán látható módon alakul.



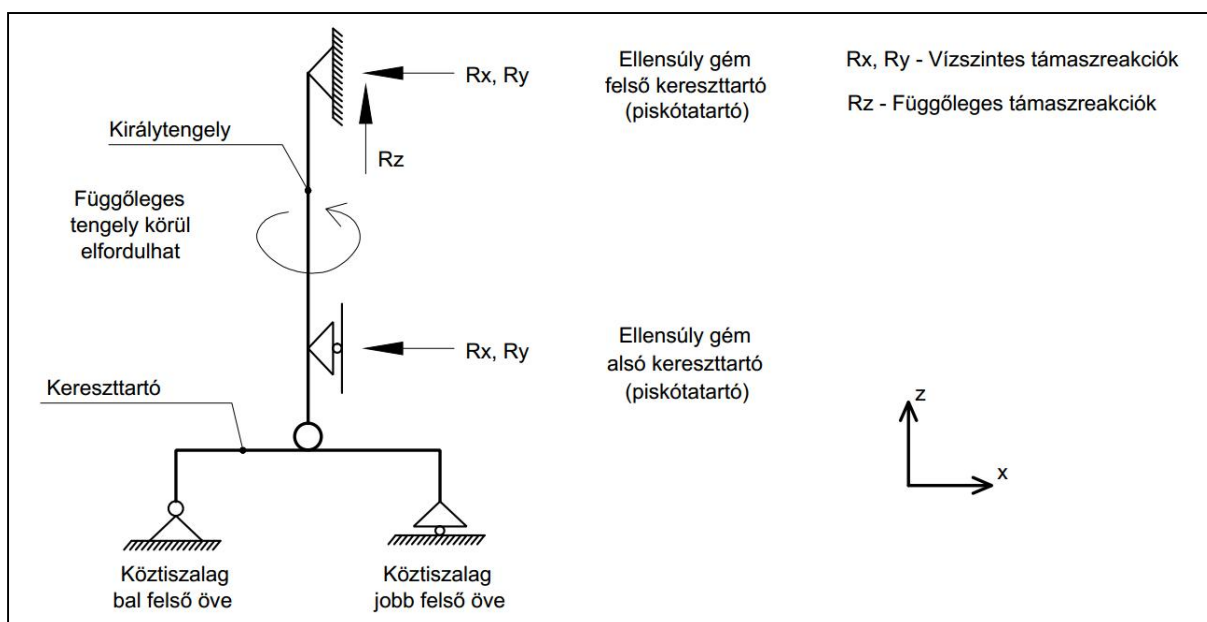
14. ábra Gép statikai modellje üzemi állapotban

Nem üzemi állapotban a gépkombináció vonulási pozícióba áll, ekkor a szalagok nem üzemelnek és a gép felkészül a vonulásra. A köztiszalag saját csörlőrendszere segítségével megemeli a felvevőszalagot, ezáltal a gépkombináció végén lévő támasz megszűnik. A gépkombináció vonulási pozíciójában a gép statikai modellje a 15. ábrán látható módon változik.



15. ábra Gép statikai modellje vonulási pozícióban

A gép tartószerkezeti rendszere többnyire kéttámaszú tartókból van összerakva, így maga a köztisztalag is kéttámaszú tartóként közelíthető meg, mely az eddigiekben részletezett királytengely által csuklósan kapcsolódik a főgéphez.



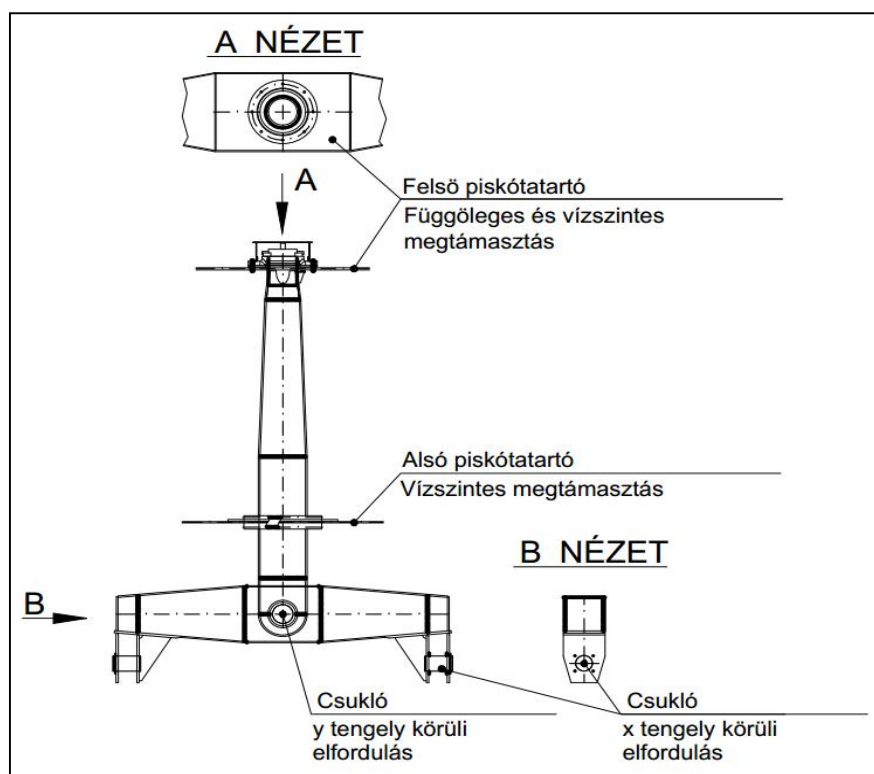
16. ábra Királytengely működése

Ha kicsit elkezdjük vizsgálni a királytengely környékét statikai megfontolások alapján, és szétbontjuk a szerkezetet, akkor a következő megállapításokat tehetjük:

- A királytengely megfogási viszonyait vizsgálva látszik, hogy az egy határozott kéttámaszú tartó, melynek erőjátéka így egyértelmű és tisztázott.
- A keresztartó igazából egy kétsuklós keret, egyik oldalt fix megtámasztással, míg a másik oldali támasz vízszintes erőt nem tud felvenni. A keresztartót középen (a királytengely csatlakozásánál) egy függőleges és egy vízszintes erő terhelheti. Tehát megállapítható, hogy ez egy statikailag határozott szerkezet.

Ezek a statikai megfontolások elsősorban arra szolgálnak, hogy ne keletkezzenek többlet igénybevételek a gép működése, mozgása következtében. Erre tökéletesen alkalmas ez a kialakítás. Másodsorban amikor a gépet tervezték (1973) nem voltak olyan célszoftverek, mint manapság, melyekkel könnyen és gyorsan számolhatóak lettek volna a különböző bonyolult megfogási viszonyok. Így a tervezők törekedtek a tiszta erőjáték megvalósítására, és ezzel a szerkezet bonyolultságának minimalizálására.

Természetesen ahhoz, hogy az eddig bemutatott statikai vázzal és peremfeltételekkel tudjanak számolni a mérnökök, a megfogási viszonyokat a valóságban is ki kellett alakítani. Ezt mutatja meg a 17. és 18. ábra.

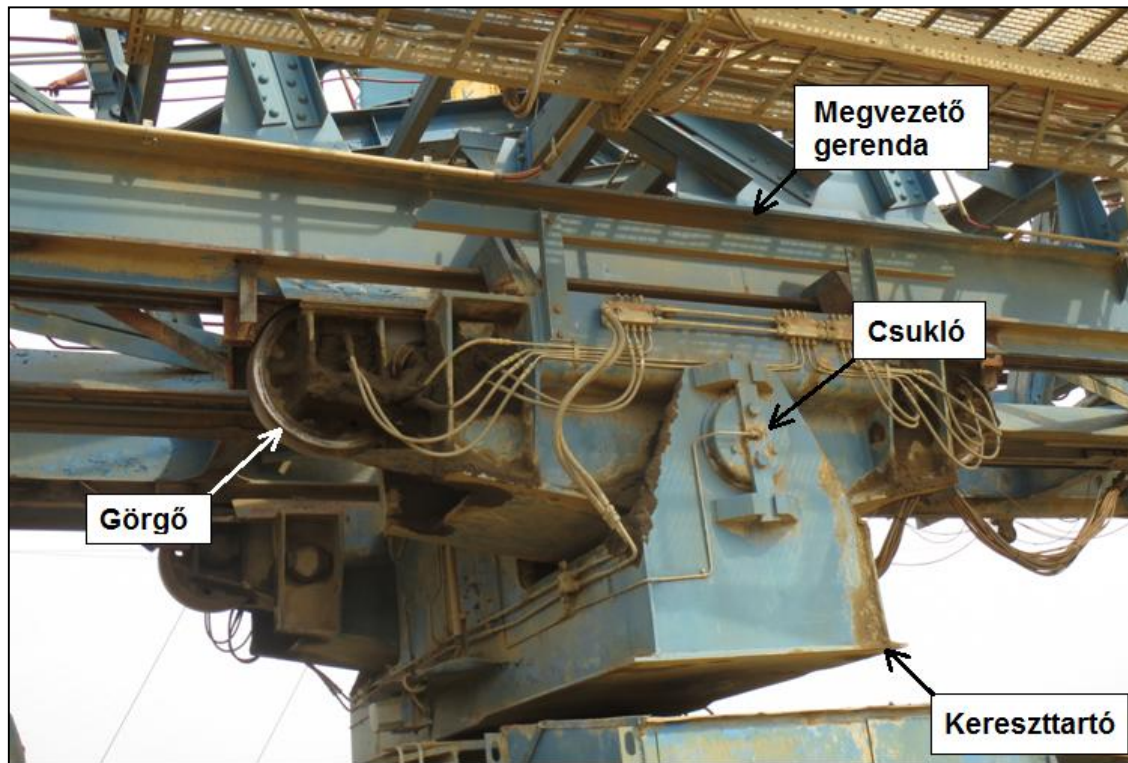


17. ábra Királytengely és a keresztartó tervezett kialakítása



18. ábra Baloldali képen az y tengely körüli elfordulást, míg a jobboldali képen az x tengely körüli elfordulást biztosító csukló

Az eddig leírt megoldások szükségesek, de nem elégségesek ahhoz, hogy a gép a többlet igénybevételeket le tudja adni és egyáltalán ne feszülhessen be. A 14. és 15. ábrán látható, hogy a köztiszalag lánctalpnál lévő támasza görgőként van ábrázolva. Azaz nem vehet fel vízszintes erőt és engednie kell a szerkezet elfordulását. A támasz szerkezeti kialakítását mutatja a 19. ábra.



19. ábra Csúszó (gördülő) kapcsolat a köztiszalag lánctaljánál

Alulról felfelé haladva a szerkezet úgy épül fel, hogy az alépítményre (lánctalp) a keresztartóról adódnak át a terhek. A keresztartóra csuklós kialakítással (statikus csukló) kétoldalt támaszkodik a négy-négy darab görgő megfogására alkalmas szerkezet. Ezekre a görgőkre (kerekekre) támaszkodik a felszerkezetre felerősített két darab I keresztmetszetű gerenda. Ezek a gerendák a görgőkön el tudnak mozogni a szalagtengellyel párhuzamosan. A keresztirányú erőket az egyik oldal peremes kerekei veszik fel. Az I gerendák két végén természetesen végütközők találhatók, hogy a szerkezet még véletlenül se tudjon leesni a támaszról. Látszik tehát, hogy a görgős megtámasztási viszony minden feltételét kielégíti ezen szerkezeti kialakítás.

Ebben a fejezetben részletesen bemutattam a vizsgált gép statikai rendszerét, egyedi megoldásait. Az alapos bemutatásra azért volt szükség, mivel a tanulmányom további részében ezt a gépet (azon belül is a köztiszalagot) fogom a tüzeset okán részletesen vizsgálni.

2. Tartószerkezet vizsgálata

A tüzeset bekövetkezése után első lépésben természetesen a biztosító szakértője vizsgálta és véleményezte a gépet. A ME Zrt. a tartószerkezet szakértésével és annak felújítási-megerősítési terveinek elkészítésével a METAL Szerkezet- és Géptervező-fejlesztő Kft-t bízta meg. A cég által végzett helyszíni szemrevételezés során megállapításra került:

- A tűzkárban a legjobban a köztiszalag fejrésze sérült, továbbá a négyövíű rácsos tartó felső vízszintes síkú szélrácsai. A főtartók károsodásának mértéke szemrevételezéssel nem volt megállapítható.
- A doboz keresztmetszetű királytengely az öv-gerinc varrat mentén körülbelül két méter hosszon szétnyílt a benne hő hatására keletkezett túlnyomás miatt.
- Az ellensúlygém szintén négyövíű rácsos tartójának a királytengely környezetében lévő alsó és felső szélrácsai nagymértékű deformációkat szenvedtek. A főtartók károsodásának mértéke szemrevételezéssel nem volt megállapítható.
- Az ellensúlygémen elhelyezett elektromos ház teljesen leégett, tartószerkezete is súlyosan megrongálódott.
- A másodlagos szerkezetek (járórácsok, korlátok) szintén sérültek.



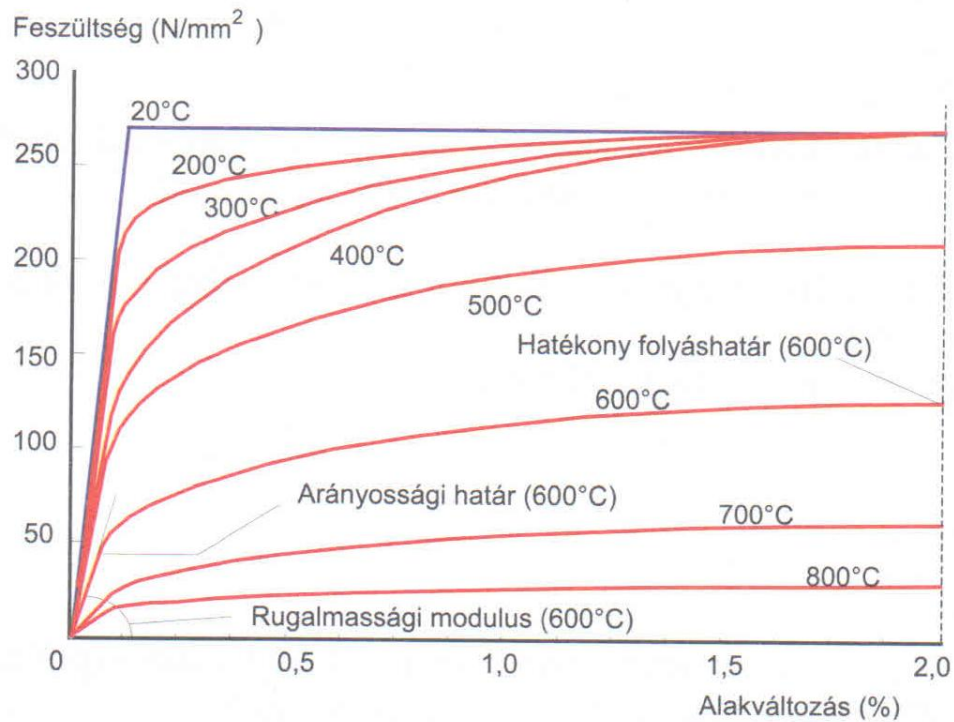
20. ábra Baloldali képen a köztiszalag fejrésze, míg a jobboldalt egy szélrács deformációja látható



21. ábra A két gépet összekapcsoló királytengely doboz keresztmetszetű szelvénye a varrat mentén teljesen szétnyílt

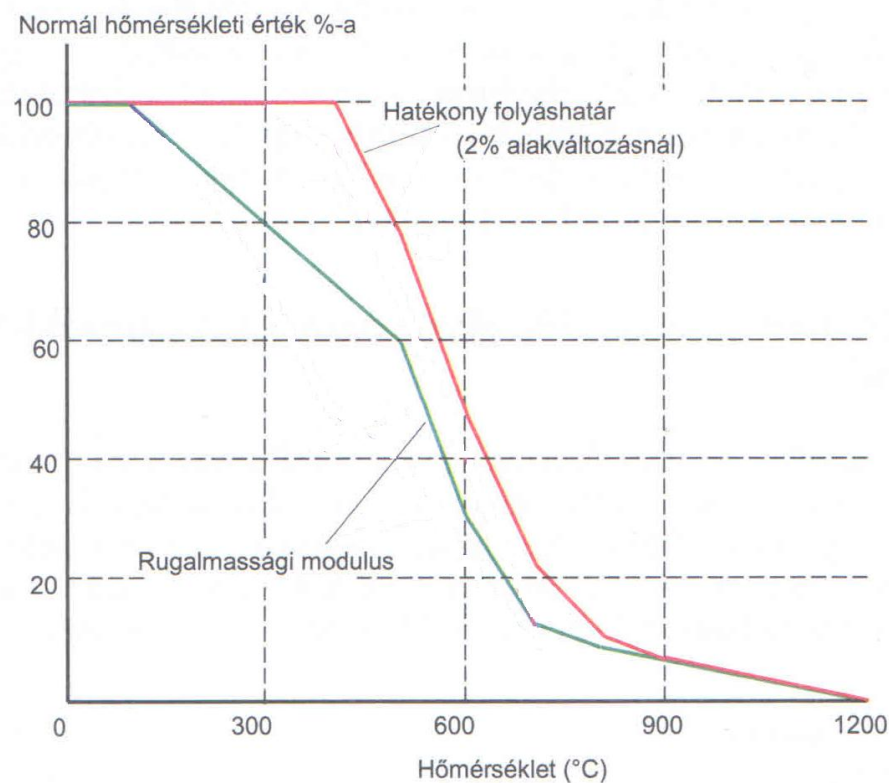
A helyszíni szemrevételezést szerkezeti anyagvizsgálat követte. A vizsgálat elvégzésével a GRAVITAS Bányagépészeti Vizsgáló Állomás Kft. lett megbízva. A vizsgálat célja az volt, hogy megállapítsák, milyen mértékben sérültek az egyes szerkezeti elemek és milyen mértékben romlottak az acél mechanikai tulajdonságai.

Az acélok tűzhatásra igen érzékenyen reagálnak. A nagy hő hatására folyamatosan romlanak az acél szilárdsági és merevségi jellemzői. A szerkezeti acél folyáshatára 400 °C feletti hőmérsékleten csökkenni kezd, és 700-800 °C-on elkezd az anyag kristályszerkezete átalakulni [7]. A 22. ábra egy σ - ϵ diagramot mutat, melyen látható az acélok folyáshatárának és rugalmassági modulusának változása a hőmérséklet függvényében.



22. ábra Acél feszültség-alakváltozás diagramja különböző feszültségeken [7]

A rugalmassági modulus leépülése már 100 °C-on elkezdődik [7]. A 23. ábrán a folyáshatár és a rugalmassági modulus változása látható a hőmérséklet függvényében.



23. ábra Acélok folyáshatárának és rugalmassági modulusának változása a hőmérséklet függvényében [7]

A Gravitás Kft. az alábbi vizsgálatok elvégzésével határozta meg az anyag tűzteher miatt megváltozott mechanikai tulajdonságait [8]:

- helyszíni keménységméréssel,
- a fő tartószerkezeti elemek és azok hegesztésein elvégzett mágnesezhető poros eljárással,
- a helyszínen vett mintadarabokkal laborban elvégzett metallográfiai (mikroszkópos) vizsgálattal

2.1. Helyszíni keménységmérés

A helyszíni keménységmérés során közel 70 helyen végeztek vizsgálatokat [8]. Többek között a királytengelyen és környékén, a köztiszalag négyövíű rácsos tartójának főtartóin, illetve szélrácsokon, továbbá az ellensúlygém 1-3 keresztartóin. A vizsgálatot dinamikus módszerrel végezték, melynek lényege, hogy az ütőmű meghatározott rugóerővel a vizsgálandó felületre pattintja a kalapácsot, miközben a készülék méri a kalapács becsapódási és visszapattanási sebességét, amely adott anyagtípust figyelembe véve összehozható a keménységgel. A mért keménységet a készülék kijelzőjéről lehet leolvasni. Az értékek megkaphatók Brinell, Vickers, vagy Rockwell keménységben. Az így kapott például Vickers-keménység pedig szoros korrelációban van a szakítószilárdsággal, az tehát könnyen meghatározható. A dinamikus mérési módszer alkalmas a hegesztési varratok vizsgálatára is [9].

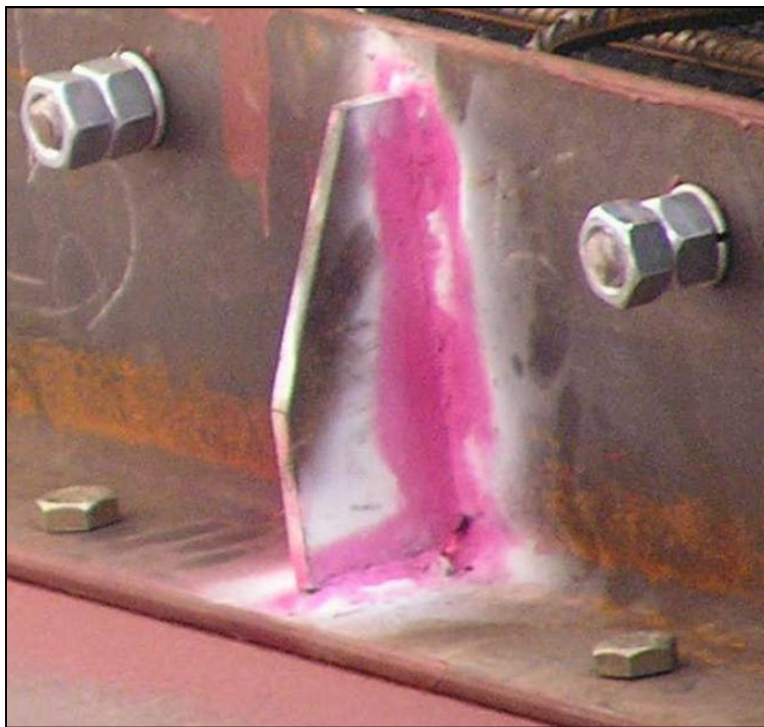


24. ábra Dinamikus keménységvizsgáló eszköz [9]

Az gép acél tartószerkezetének eredeti anyagminősége St.52, amely szilárdsága alapján az MSZ EN 1993-1-1:2005 szabvány szerinti S355JR anyagminőségnek felel meg. Ez viszont nem vonatkozik a szélrácsokra, mivel azokat St.37-es anyagminőségben gyártották le, amely az előbb említett szabvány szerint az S235JR anyagminőségnek felel meg. A helyszínen elvégzett keménységmérési vizsgálatok igazolták az eredeti anyagminőségeket. A vizsgálat során megállapításra került, hogy ahol a szerkezet nem teljesíti az S355JR anyagminőséghez tartozó keménységi paramétereket, azokon a helyeken az anyag legfeljebb az S235JR anyagminőségnek feleltethető meg [8].

2.2. Mágnesezhető poros eljárás

A mágnesezhető poros eljárás egy roncsolásmentes vizsgálati módszer, melynek lényege, hogy a felületen, vagy a felület közelében lévő szabad szemmel nem látható folytonossági hiányokat (pl. repedéseket) kimutassa. A vizsgálat azon alapul, hogy a felületi és felület közeli folytonossági hiányok a létrehozott mágneses tér erővonalait megzavarják. Ha egy ferromágneses anyag valamely keresztmetszetében felületszerű eltérés jelentkezik, akkor ezen a helyen a mágneses erővonalak elhajlanak, a mágneses tér kiszélesedik [10]. Hogy a repedések jól láthatóak legyenek, ezért a ferromágneses tulajdonságú szemcséket fluoreszkáló anyaggal színezik. Főleg acélszerkezetek és varrataik ellenőrzésére alkalmazzák.

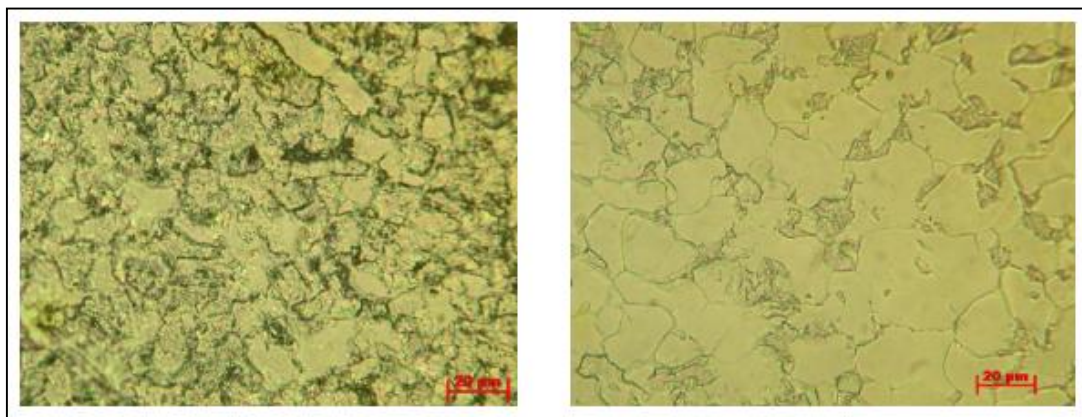


25. ábra Diafragma sarokvarratának fluoreszkáló mágnesezhető poros vizsgálata

2.3. Metallográfiai vizsgálat

Metallográfiai vizsgálat során a helyszínen vett, szerkezetre jellemző mintadarabból a laboratóriumban síksiszolatot készítenek, majd mikroszkópos vizsgálat segítségével meghatározzák az anyagban esetlegesen fellépett szövetszerkezeti károsodást, átrendeződést. A vizsgálat továbbá alkalmas az anyagot alkotó fázisok mennyiségének, milyenségének, szemcsenagyságának és szemcseeloszlásának megismerésére [11]. Ezen információk birtokában következtetni lehet például a vizsgált anyag keménységére.

A HK8-as vizsgálata során 4 helyről lett minta véve [8]. Ezek közül egy az úgynevezett referenciaminta. Ezen állapítják meg az előzőekben leírt tulajdonságait az anyagnak, majd a további 3 mintánál a referenciamintához képest lévő eltéréseket vizsgálják.



26. ábra Bal oldalon a referencia hely csiszolata, míg jobboldalt az ellensúlygém 1. keresztartójából vett enyhén átkristályosodott minta [8]

A mintavételi helyek pedig az alábbiak voltak [8]:

- királytengely keresztartó
- ellensúlygém jobb oldali főtartó övlemeze
- ellensúlygém 1. keresztartó övlemeze

3. Tartószerkezet megerősítése

Az előző fejezetben bemutatott vizsgálati módszerekkel elvégzett, az anyagminőségre vonatkozó adatok birtokában a METAL Kft. már konkrét eredményekkel rendelkezett a tartószerkezet állapotát illetően. Az adatok alapján látszott, hogy az eddig sejtettekén túl az ellensúlygém első 3 keresztartóját is cserélni kell. A feladatot nehezítette, hogy a gép a jelenlegi helyén nem maradhatott, onnan el kellett vonulnia a bánya szélén lévő szerelőállásba.

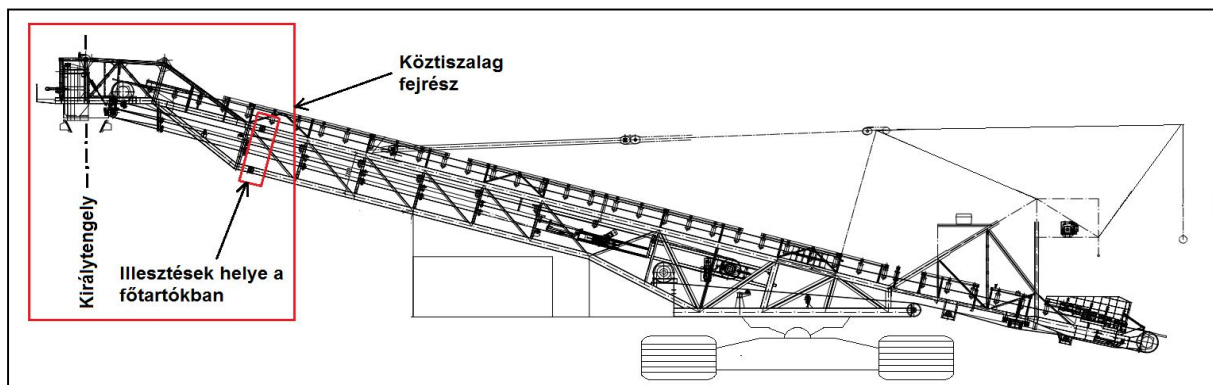
3.1. A gép szerelőállásba való vonultatása

A tervezőknek egy olyan megerősítési tervet kellett készíteniük, melyben meghatározták a vonuláshoz feltétlenül cserélendő, valamint a megerősítendő szerkezeti elemeket, továbbá bizonyos feltételekhez kötötték a közel 800 méteres táv megtételét. Többek között előírták, hogy csak megfelelő időjárási (szélerősség) körülmények között, és maximum 2%-os lejtőn történhet a vonulás. A vonulás előtt cserélendő elemek közé tartozott a szétnyílt királytengely a keresztartójával, illetve a köztiszalag négyövíű rácsos tartójának felső síkban lévő szélrácsai. Az eredeti tervdokumentációk csak hiányosan álltak a ME Zrt. rendelkezésére, így az új elemek legyártásához új kiviteli tervdokumentáció készült. A tervezés folyamán a méreteket többször is helyszíni szemle alkalmával ellenőrizték, a méretbeli pontosság maximalizálása érdekében.

A szükséges tartószerkezeti megerősítés után a gép készen állt a vonulásra. Mivel az elektromos ház teljesen leégett (a gép mozgásához szükséges elektromos ellátást biztosító irányító helyiség is itt volt megtalálható), így a gép vonulásához szükséges elektromos kábelek nagy része nem állt rendelkezésre. Ezért a vonulást a gép mellől távirányítással oldották meg, és így hangolták össze a gép mozgását. A 800 méter megtétele összesen két napot vett igénybe.

3.2. Köztiszalag tartószerkezetének megerősítése

Amint a gép elérte a szerelőállást, a gépet három helyen alátámasztották. A szerkezetet az ellensúlygém végén, a köztiszalag közepén és a leadógém tövénél dúcolták alá a szerelési munkák elvégzésének idejére. A vonuláshoz beépített királytengelyt ezután kiszerelték, mivel az anyagvizsgálatok után megállapításra került, hogy a köztiszalag teljes fejrésze cserére szorul.



27. ábra Köztiszalag oldalnézete a felújítás során feldolgozott terven

A fejrész közelében a főtartókon gerinc-és övlemez hevederes szegecselt illesztés volt kialakítva. Ez lehetővé tette, hogy az egész fejrészt a kapcsolat roncsolásos oldásával egyben leemeljék. A kisserelt fejrészt mutatja a 28. és 29. ábra.



28. ábra A kisserelt fejrész



29. ábra A kisserelt fejrész 2.

Az új, már beszerelt fejrészt pedig a 30. ábra mutatja. A régi szegecselt kapcsolat helyett a manapság járatos illesztett csavaros kapcsolatra, az eredeti hevederlemez

kapcsolat mintájára. Az ilyen típusú, öv-és gerinclemezen elhelyezett hevederes kapcsolat előnye, hogy az I keresztmetszetű tartóban keletkező erőt tisztán át tudja vezetni.



30. ábra Új fejrész már beszerelt állapotban

Általánosan jellemző volt, hogy az új szerkezetek beszerelésénél az addig szegecselt kapcsolatokat illesztett csavaros kialakítás váltotta fel, néhol pedig hegesztéses kapcsolási módot alkalmaztak.

3.3. *Ellensúlygém tartószerkezetének megerősítése*

Az ellensúlygém a királytengelyt a négyövé rúcsos tartó alsó és felső síkjában megfogó "piskótatartókat" egyaránt cserélni kellett az őket ért hőhatástól fellépő anyagminőség romlás miatt. Továbbá a még két szomszédos, alul I keresztmetszetű, felül pedig dupla L vasból kialakított keresztartókat is. A tartókat viszont statikai okok miatt nem lehetett egyszerre kicserélni, segédszerkezetet kellett tervezni és a csere idejére azt beszerelni. A művelet elvégzéséhez négy darab szerelőgerenda készült, melyet együttesen kellett felhasználni az egy tengelyben lévő keresztartók cseréjéhez. A négy szerelőgerendából kettő az alsó síkra, míg kettő a felső síkra került, vízszintes helyzetüket tekintve pedig a cserélendő keresztartó jobb- és baloldalán 1-1 szerelőgerenda helyezkedett el. A 31. ábra szemlélteti a szerelőgerendák helyzetét szerelés közben, illetve a 32. ábra mutatja a kicserélt piskótatartót.

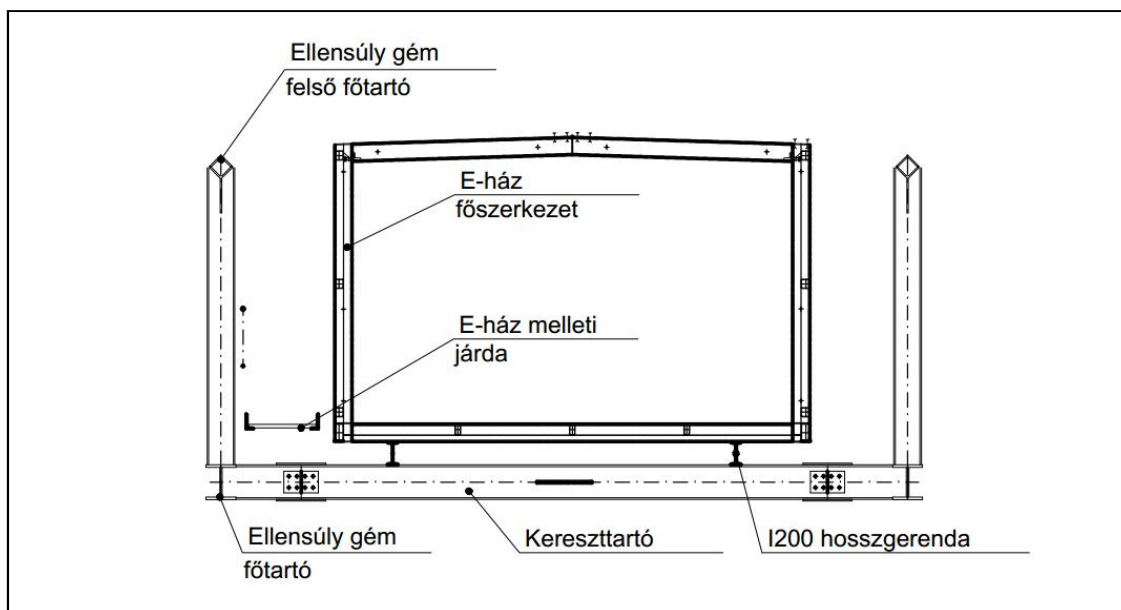


31. ábra Baloldali képen az alsó, míg a jobboldali képen a felső síkon elhelyezett szerelőgerendák láthatók



32. ábra A kiserelt "piskótatartó"

Az ellensúlygémén a teljes E-ház cseréje szükséges volt, mivel az elektromos kábelek miatt az teljesen leégett. Az új E-ház síkbeli statikai modellje egy zárt keret. Ezt a kialakítást az indokolta, hogy az E-ház tartószerkezetét az alatta hosszában lévő két I 200-as gerendára kellett ráültetni, melyek kisebb tengelytávolsággal voltak elhelyezve, mint az E-ház szélessége. A két I 200-as hosszgerenda pedig az ellensúlygém alsó kereszttartóira van ráültetve, ahogy ezt a 33. ábra mutatja.



33. ábra Ellensúlygém általános keresztmetszet az E-háznál [16]

Az E-ház szerkezete, amely 7 keretállásból áll, két helyen dilatációval lett kialakítva. Ennek oka, hogy a teljes szerkezetet előre gyártották le és a helyszínen emelték be, viszont az egészben való beemelés kivitelezhetetlen volt. Az egyetlen elfogadható megoldás, hogy a szerkezetet három, nagyjából egyforma blokként emelik be és a dilatációnál, amikor már a teljes szerkezet a helyén van, összekapcsolják őket. A tervezésénél a ME Zrt. részéről felmerült továbbá az igény, hogy a két szélső blokk levehető tetős konstrukcióval készüljön, mivel az elektromos berendezéseket máshogy nem tudják be-, illetve kiemelni.

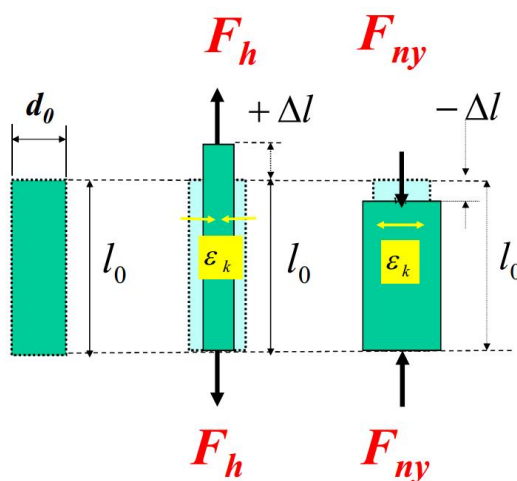
Az E-házzal kapcsolatos végleges szerkezeti megoldásokat ezen tanulmány részletesebben nem ismerteti.

4. Ellenőrző mérések

Próbaterhelések végrehajtásával igazolni kellett, hogy a beépített új szerkezeti elemek a számítottaknak megfelelő igénybevételeket kapnak, továbbá, hogy a nem cserélt részekben nem indul meg a képlékenyedési folyamat. A terhelési lépcsőkben növekvő és csökkenő terhek hatására a szerkezetnek mindvégig lineárisan kell viselkednie. A felvett statikai modell és a szerkezetben keletkező feszültségek igazolására kétféle, a gép működése során sokszor előforduló üzemi teher szimulálása lett betervezve. Az elvégzett átalakítások miatt, melyek néhol súlyvesztéssel, néhol pedig súlynövekedéssel jártak, szükség volt egy globális stabilitási vizsgálatra is. Ehhez meg kellett határozni a teljes gép súlypontját, melyet először számítással, majd szintén a számítások igazolása végett helyszíni vizsgálattal is elvégzésre került.

4.1. Nyúlásmérő bélyeges mérések

A tartószerkezetben ébredő feszültségek meghatározására nyúlásmérő bélyegek kerültek alkalmazásra. Mint ismeretes, feszültségeket csak közvetett módszerrel lehet mérni. A szerkezet alakváltozásából, megnyúlásaiból a Hooke-törvény segítségével egyenesen lehet számolni a szerkezetben ébredő feszültségeket a jól ismert $\sigma = \varepsilon \cdot E$ képlet alapján. Ahol E az acél rugalmassági modulusa, míg $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ a fajlagos nyúlás nagysága, dimenzió nélküli szám [m/m]. A nyúlásmérő bélyeg lényege, hogy ha egy testre kellő szilárdságú ragasztóval felhelyezik, akkor a bélyeg együtt deformálódik a testtel. A bélyeg fém huzalokat tartalmaz, melyeknek csökken vagy nő az elektromos vezetőképességük, attól függően, hogy a bélyeg megnyúlik, vagy összemegy. Ha egy elektromos vezető (pl. egy alumínium huzal) a rugalmassági határán belül hosszirányban megnyúlik, egyúttal kontrahál is, tehát csökken a keresztmetszete [12]. A lecsökkent keresztmetszet miatt csökken a vezetőképessége, tehát nő a vezető ellenállása. Hasonló folyamat zajlik le, ha egy vezetőt nyomás ér, akkor a vezető kihajlás nélkül összenyomódik, keresztmetszete megnő, azaz az ellenállása lecsökken. Amennyiben ismerjük a bélyeg vezetőjének anyagát, akkor a Poisson-tényező segítségével a keresztirányú fajlagos alakváltozás számítható az $\varepsilon_k = -\nu \cdot \varepsilon$ képletből, ahol ν a Poisson-tényező.



34. ábra A vezető megnyúlásai [13]

A megnyúlás mértéke lineáris összefüggésben van a vezető ellenállásának megváltozásával. Tudjuk, hogy a vezető villamos ellenállása:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Ahol:

l - a vezető hossza

A - a vezető keresztmetszeti területe

ρ - a vezető fajlagos ellenállása

Az összefüggés pedig [13]:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon$$

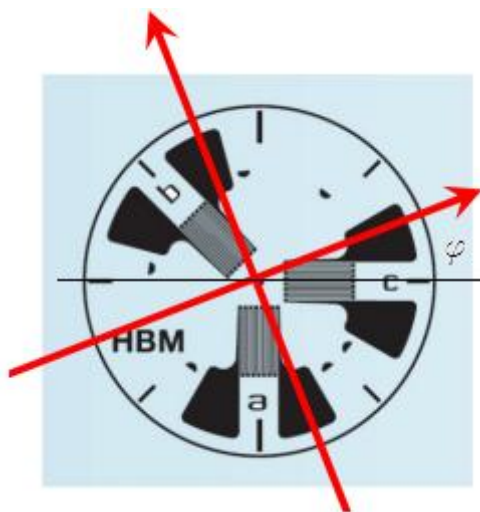
Ahol:

k - a bélyegtényező (nyúlási tényező)

ΔR - az ellenállás megváltozása a nyúlás hatására

A k bélyegtényező a vezető anyagától függő tényező. Ha ismerjük a vezető anyagát, akkor annak tudjuk k értékét is.

A nyúlásmérő bélyegek alkalmazása nagyban függ a szerkezetben lévő feszültségi állapotoktól. Síkbeli feszültségi állapot esetén a főfeszültségek és így a főnyúlások iránya előzetes számítások alapján ismert. Ilyenkor két nyúlásmérő bélyeg segítségével, melyeket a főnyúlások irányába ragasztanak fel, a teljes nyúlási állapot meghatározható. Amennyiben a főnyúlások iránya nem ismert (bonyolult térbeli feszültségállapot esetén), akkor az úgynevezett rozetta alkalmazásával a mért nyúlásokból a főirányok és a főnyúlások nagysága meghatározható. A rozetta három, egymáshoz képest meghatározott szöggel elforgatott nyúlásmérő bélyegből áll. A mért nyúlásokból Mohr-körök segítségével kiszűrhető, vagy a nyúlási tenzorból kiszámítható a főtengelynek a c tengellyel bezárt φ szöge [12].

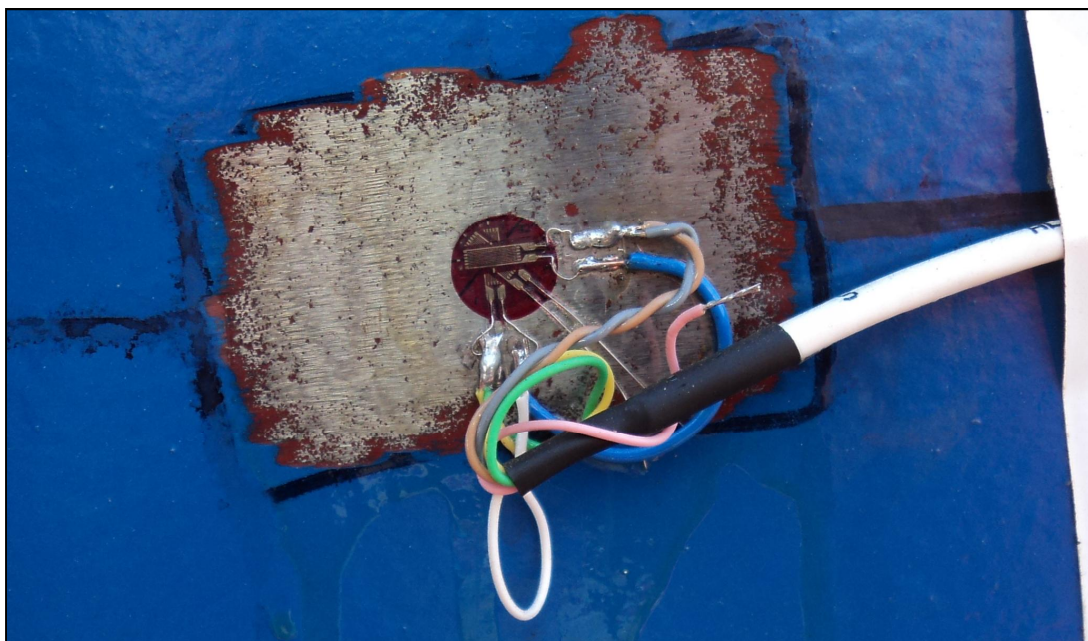


35. ábra 45°-os rozetta [13]

4.1.1. A mérés előkészítése

A vizsgálat előkészítésének első lépése a nyúlásmérő bélyegek helyének meghatározása volt. A tervezők összesen 24 db bélyeg felhelyezése mellett döntöttek. A bélyegek közül 12 db a köztiszalag újonnan gyártott fejrészére, 8 db a köztiszalag négy nem cserélt főtartójára, míg a maradék 4 db a felvevőszalag felkötését szolgáló úgynevezett zugpántra került. A nyúlásmérő bélyegek pontos helyeit a 2. és 3. számú mellékletek tartalmazzák.

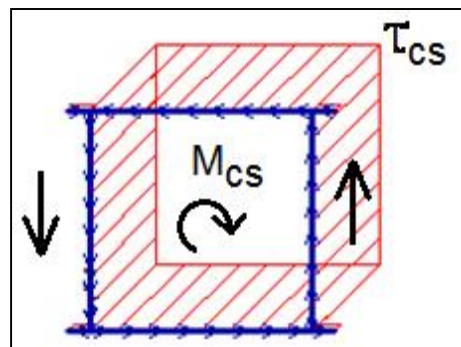
A próbaterhelések során elvégzett mérések adatainak rögzítésére és összesítésére a Hexium Műszaki Fejlesztő Kft-t bízták meg. Először statikus méréseket akartak elvégezni, azaz minden bélyegnél csak egyszer rögzítettek volna adatot. Azonban a helyszíni mérés során kiderült, hogy a szerkezet folyamatos lengései és rezgései miatt az nem adna pontos eredményt. Ezért a kiugró eredmények kiszűrése érdekében a többszöri, folyamatos adatrögzítés mellett döntöttek. A bélyegekben lévő meggyúlásokat egy 10-15 másodperces időtávon rögzítették, amikor is a célszoftver 0.2 másodpercenként adatokat tárol el egy adattáblába. Ebből a kiértékelés során egy jellemző értéket választottak a további feldolgozáshoz. A bélyegek felragasztása fémtisztára csiszolt felületre történt, majd rugalmas és vízálló poliuretán lakkal került bevonásra [15].



36. ábra Felragasztott nyúlásmérő bélyeg

A köztiszalag acélszerkezete statikai szempontból rácsos tartónak minősül, azaz a rúdjaiban - a csomópontoktól megfelelő távolságra - kizárólag tengelyirányú erők

ébredhetnek. Ha a szerkezetünkben csak ilyen erők működnek, akkor elméletileg elég lenne egy bélyeget elhelyezni úgy, hogy a bélyegben lévő vezetők párhuzamosan legyenek az 1. főfeszültségi iránnyal, mivel számítás nélkül is ismerjük annak irányát (tartó hossz tengelyével párhuzamos). A 36. ábrán viszont látszik, hogy nem egy, hanem három bélyeg van egymásra ragasztva, azaz az előzőekben megismert



37. ábra Doboz km. csavarási ellenállása

rozetta lett alkalmazva. A legfelső bélyeg az erő irányával megegyezően van elhelyezve. A legalsó, rá merőlegesen elhelyezett bélyeg a hőmérséklet miatti zavaró hatásokat kompenzálja a mérésekben. Amennyit a kompenzáló bélyeg hosszirányban alakváltozik, ugyanannyit kontrahál a főirányban elhelyezett bélyeg, csak ellentétes előjellel. Tehát a két mérés kiejti egymást. A 36. ábrán az is látszik, hogy a harmadik, 45°-ban elhelyezett bélyeg nincsen bekötve. Ennek oka, hogy itt a főirány ismert volt, annak meghatározására nem volt szükség. A bélyegek elhelyezéséről általánosságban elmondható volt, hogy azok a rudak súlyvonalába kerültek. Ennek oka, hogy a szerkezet vízszintes rácsozása a gép hossz tengelyére nem szimmetrikus, így a gerendák kapnak valamennyi csavarási igénybevételt is a teszterhekből. Ha a bélyegeket a semleges tengely közelében helyezzük el, akkor a csavarási igénybevételből nem keletkezik megnyúlás a bélyegekben, csak a tengelyirányú erőkből. Azonban ahol doboz keresztmetszetű tartó van, ott ezt nem lehet ilyen egyszerűen kompenzálni. Az ilyen tartók a csavarásból származó nyírást a gerincekkel és öveikkel egyaránt ellensúlyozzák, emiatt is nagy a csavarási ellenállásuk. Ha megnézzük, akkor csavarás hatására a nyírófeszültség az övekben és a gerincekben is konstans, viszont az irányuk ellentétes. Tehát ha felhelyezünk egy-egy bélyeget a két gerincre, akkor a nyírásfolyam ellentétes iránya miatt, azok abszolút értékben egyforma, de ellentétes előjelű eredményt adnak. Így a mérési adatokból kiejthetők a csavarás hatásából a szerkezetbe kerülő kis nyírási igénybevételek.

A nyúlásmérő bélyegek kábeleit három darab, egyenként 8 csatornás műszerrel lettek összekötve a köztisztalag egyik villamos helyiségében kialakított, mérési adatgyűjtő helyen.

4.1.2. A mérés

A bélyeges ellenőrző mérések során két olyan állapot került szimulálásra, melyek a gép élete során jellemzően előfordulnak.

a.) 1. tesztheher:

Az 1. tesztheher egy szinte folyamatos állapotot szimulál, amikor is a köztiszalagon rajta van az anyagteher, tehát a gép üzemszerűen működik. Statikai szempontból ez egy kvázi statikus megoszló terhelés. Kvázi statikus, mivel az anyagteher alapján véve mozgó teher, de a szabvány szerint egy dinamikus faktorról felszorozott közelítő értékkel van figyelembe véve a dinamikai hatása. Erre láthatunk példát hidak járműterheinél, illetve a híddaruk számításánál. A helyi adottságokból következik, hogy az anyagterhet folyamatos megoszló teherként nem lehetett szimulálni, viszont hasonló alakváltozást lehet elérni a köztiszalagon, ha a megoszló terhelést egy előre meghatározott ponton koncentrált erővel helyettesítik. Ennek nagysága körülbelül megegyezett a köztiszalagon lévő anyagteherrel (~ 30 tonna = 300 kN). A teherátadási pontnak valahol a köztiszalag közepénél kellett lennie (mezőközépen), mivel az közelíti legjobban a megoszló terhelés nyomatóki ábráját. A tesztheher pontos helyzete és a hatására létrejövő alakváltozás megfigyelhető a köztiszalag statikai vázán, melyet a 4. melléklet tartalmaz. A ME Zrt. birtokában volt 3 db, egyenként körülbelül 10 tonnás (100 kN) T keresztmetszetű vasbeton elem, melyek egy acélból készített keretszerkezettel lettek összefogva.



38. ábra Acél keretszerkezettel összefogott 3 db vasbeton T panel

A 38. ábrán látható a vasbeton elemek alatt elhelyezett két keresztirányú tartó, melyeknek emelőfüleibe a két kötéllágot be lett fűzve. Ezek a kötélek lettek átfűzve a köztiszalag alsó főtartói felett. A vasbeton tesztheher alatt elhelyezésre került 4 db hidraulikus sajtó, melyek kinyomott állásban tartották a vasbeton elemeket. A sajtók leengedésével folyamatosan át

lehet adni a terhelést a gépnek. A tényleges kötélterők mérésre kerültek a terhelési folyamat közben.



39. ábra Baloldalt a keresztartó alatt elhelyezett hidraulikus sajtók, míg jobboldalt az alsó főtartón átdobott egyik kötélág látható

A terhelési lépcsőket a tervezők előre meghatározták, melyet a 2. táblázat tartalmaz. Ebből kiderül, hogy a mérési pontosság növelése érdekében a fel- és leterhelési folyamat kétszer került elvégzésre. A gépre a mérések megkezdése előtt 10 tonna (főfalanként 5 tonna) előterhelés lett elhelyezve, majd a mérőbéllyegek nullázása erre a terhelésre történt meg. Ezt a mérési adatoknál kellett figyelembe venni, hiszen a mérőbéllyegek csak a relatív megnyúlást tudják mérni. A szimmetrikus terhelés biztosítása érdekében a kötélágakba mindkét oldalt dinamométer (rugós erőmérő) került beiktatásra. A hidraulikus sajtók korlátai miatt a maximális felterhelés 28 tonna lett, melyből a mérési adatok szempontjából lejön a 10 tonna előterhelés, így a nyúlásmérő béllyegek maximum 18 tonna terhelés hatására végbement nyúlásokat mértek.

Terhelési lépcső sorszama	Tervezett terhelés [tonna, 10 kN]	Valós terhelés [tonna, 10 kN]
1	10	0
2	20	10
3	26	16
4	30	18
5	26	16
6	10	0
7	20	10
8	26	16
9	30	18
10	26	16
11	20	10
12	10	0

2. táblázat 1. tesztheher tervezett és elvégzett terhelési lépcsői

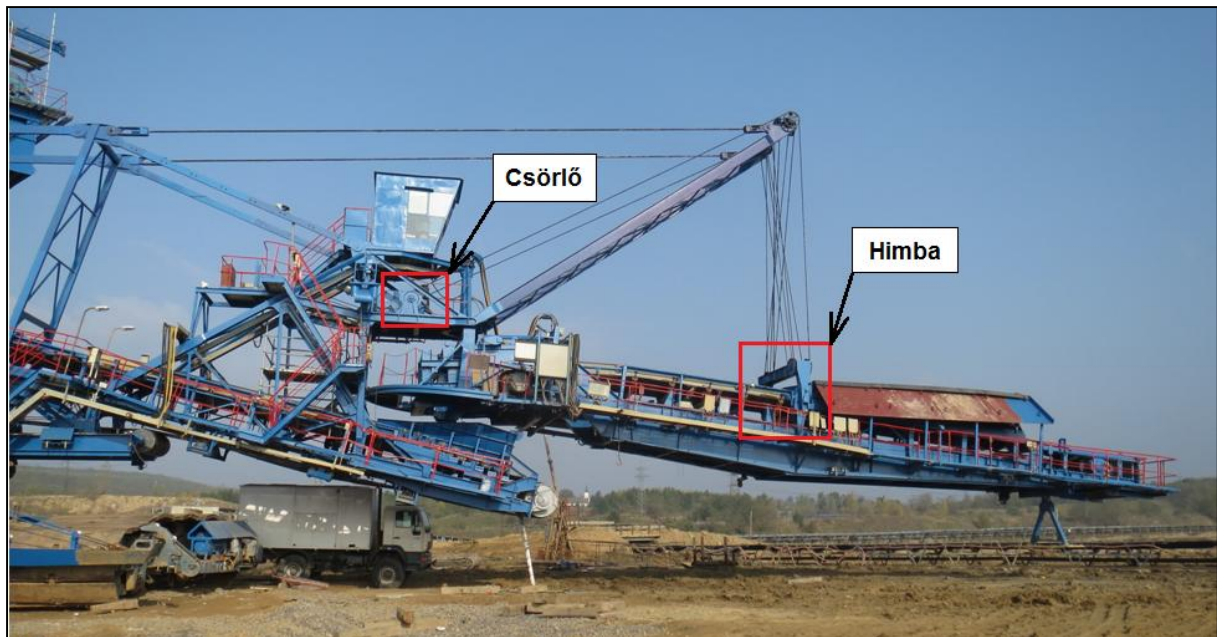


40. ábra Baloldali képen a kötélágon közbeiktatott digitális erőmérő, míg a jobboldali képen az adatrögzítő állomás látható

Minden terhelési lépcső beállása után a bélyegek nyúlásáról 10-15 másodperces adatrögzítés készült. Az adatokat két számítógépen rögzítették és a bélyegek által mért adatok rögtön megjelenítésre kerültek a képernyőn. Így a szerkezetben ébredő igénybevételek folyamatosan ellenőrizhetők voltak.

a.) 2. tesztheher:

A sorrendben másodikként elvégzett próbaterhelés az 1-es (felvevő) szalag emelése volt. A gépnek van olyan nem üzemi állapota, amikor a vonulás miatt a felvevőszalagot a gép saját csörlője segítségével felemeli. Ekkor a hátsó részen lévő felkötésen és a zugpánton keresztül az igénybevételek eljutnak egészen a köztiszalag fejrészig. A tesztheher hatására létrejövő alakváltozás megfigyelhető a köztiszalag statikai vázán, melyet az 5. melléklet tartalmaz. A vizsgálat elvégzését indokolta, hogy ezen tesztheher hatására a zugpántban így mérhető igénybevételek keletkeznek, amelyek az 1. tesztheher hatására nem jöttek létre. Továbbá a felvevőszalag súlya a gép létesítése óta végzett kisebb átalakítások miatt sem volt biztos, a próbaterhelésből erre is adatokat lehetett kapni.



41. ábra Felvevőszalag tartószerkezetére akasztott himba

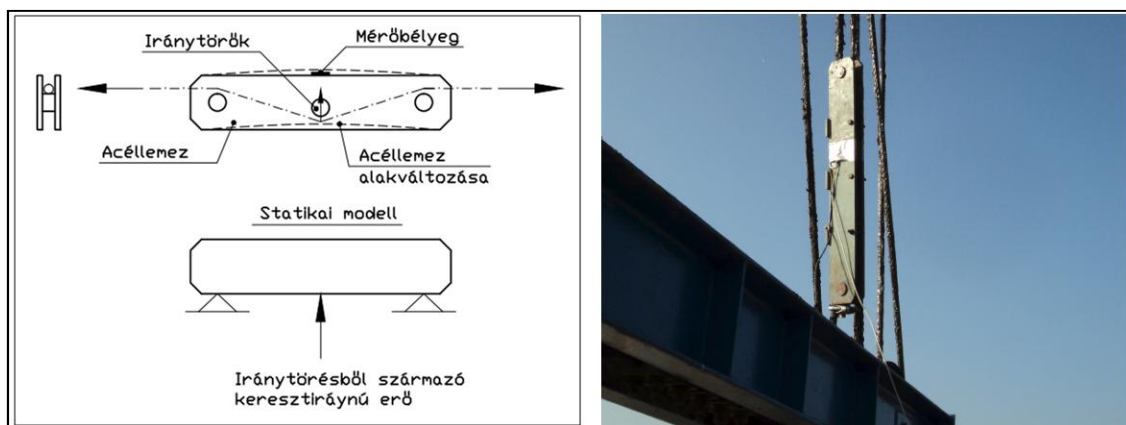
A 41. ábrán látszik, hogy a felvevőszalag tartószerkezetére akasztott himba és egy elektromos meghajtású csörlő segítségével emeli fel a köztiszalag a felvevőszalagot. A himbán és az oszlopon elhelyezett kötélkorongok arra szolgálnak, hogy a kötélen keletkező erőt szétosszák. Összesen 10 kötélágra van szétosztva a felvevőszalag súlya.



42. ábra Kötélkorongok sokszorozzák a kötélágakat az oszlopon

A felvevőszalag súlyát a kötélterő mérésével lehetett pontosan meghatározni. A köteleket viszont megbontani nem lehetett, így az 1. teszthez nem lehetett használni dinamométereket beiktatása nem volt lehetséges. Beépítésre került a himba közelében a fix kötélágra (ugyanis ezek a

kötélágak a csörlő beindításával elmozdulnak, viszont van egy darab fixáló kötélag) egy olyan kötélerőmérő, mely a kötel megszakítása nélkül elhelyezhető volt. Ennek a mérőműszernek a lényege, hogy két vastag lemez közé 3 db, a kötel irányának megtörésére szolgáló acélhengert építenek be. A kötel az iránytörésben ki akar egyenesedni és ezt az erőt lehet mérni. Ebből az értékből, a megtörés szögéből és a vektorokból visszaszámolható a kötelben ébredő erő. Az eljárást leegyszerűsíti, ha az acéllemez alá hosszirányban nyúlásmérő bélyeget helyeznek. Elmondható, hogy a bélyegben keletkező megnyúlás kizárólag az acéllemez hajlításából adódik, mivel a bélyeg a lemez szélsőszálaban van elhelyezve.



43. ábra Baloldali képen a kötélerőmérő elvi vázlata, míg a jobboldali képen a felszerelt kötélerőmérő látható

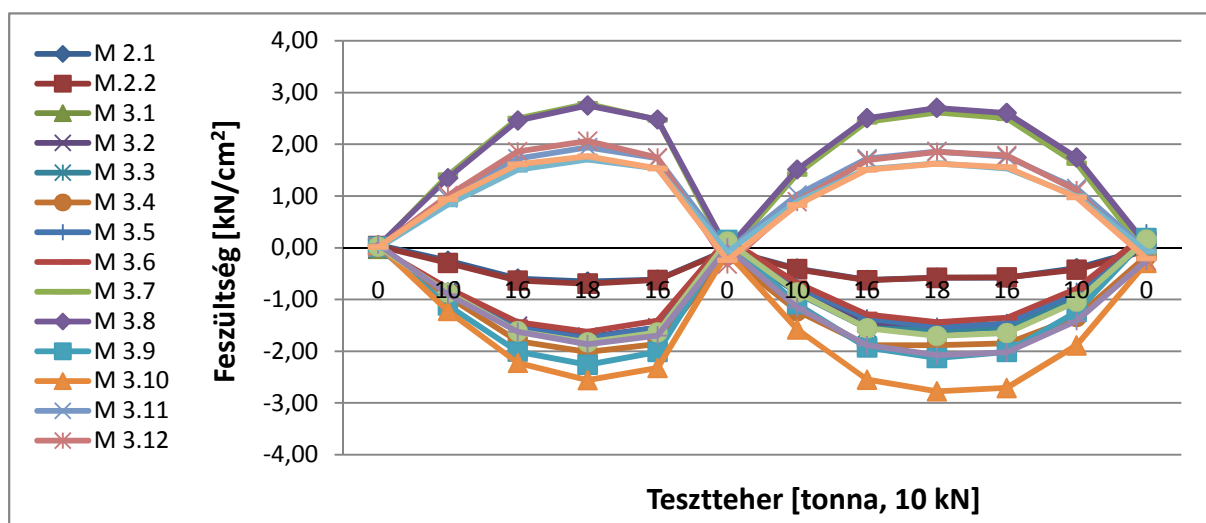
A próbaterhelés előtt egy ismert tömegű próbatesten (7.8 tonna) lemérték az azt megemelő (a himbán lévő kötéllal azonos tulajdonságú) kötéltre felhelyezett mérőműszeren lévő bélyeg nyúlásait. A kötélerőhöz tartozó nyúlás innentől ismert volt, így egy átszorzással a próbaterhelés során könnyen meghatározható volt a kötélagban keletkező erő nagysága.

Terheletlen állapotban a felvevőszalag letámaszkodik a talajra és a 14. ábrán látható statikai modell áll elő. Ennél az állapotnál történt meg a nyúlásmérő bélyegek nullázása. A terhelési lépcsőket ennél a próbaterhelésnél nem lehetett előre meghatározni, mivel a csörlőt nem lehet olyan finoman kezelni, hogy az egyenletes teherfelvétellel tudja emelni a felvevő szalagot. A ME Zrt. a legjobb gépkezelőjét biztosította a próbaterheléshez, így a két föl-és leterhelési folyamat közel azonos lépcsőkben lett elvégezve. A nyúlásmérő bélyegek adatainak rögzítése ugyanúgy történt, mint az 1. teszthez. A kötélerőmérőn elhelyezett bélyeg adatai statikus méréssel kerültek rögzítésre, tehát egy leolvasás történt.

4.1.3. A mérési eredmények kiértékelése

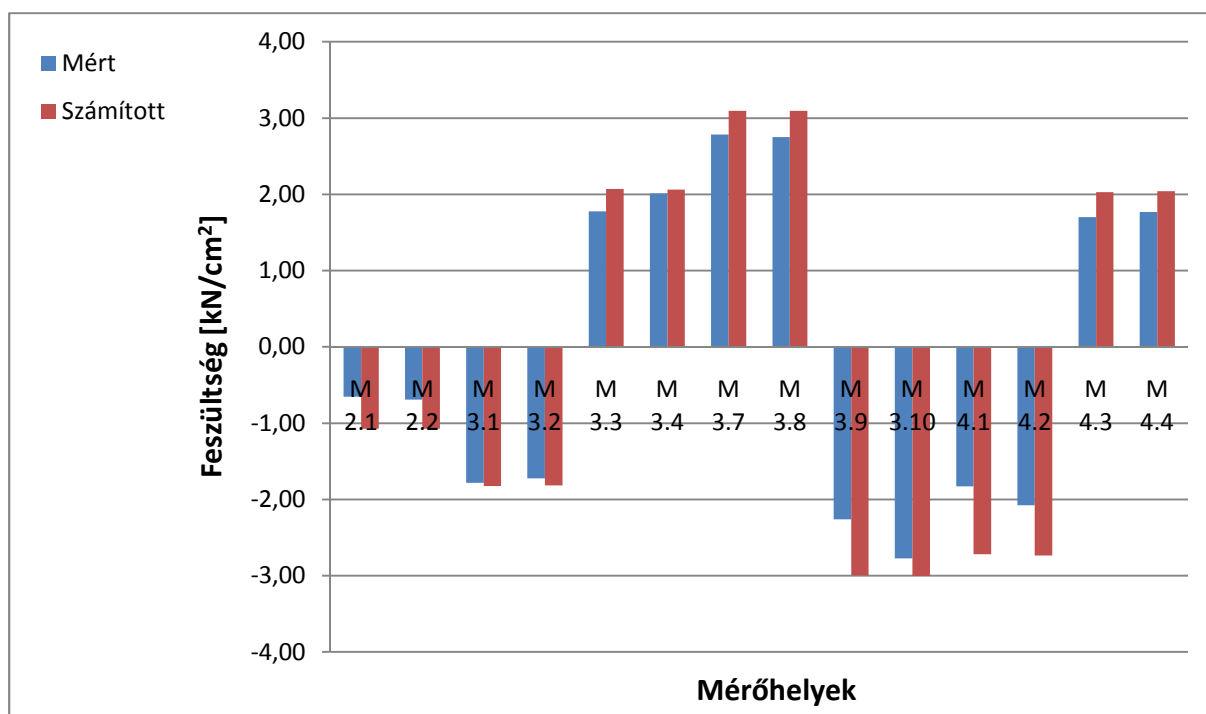
A mérések elvégzése után előzetesen ki lehetett jelenteni, hogy a szerkezetben képlékeny alakváltozások nem indultak meg, illetve semmilyen aggodalomra okot adó eltérés nem volt tapasztalható az eredményekben. A METAL Kft. tervezői a Hexium Kft.-től három napon belül megkapták a feldolgozott eredményeket. A vizsgálati jelentés szerint [15] a 10-15 másodperig tartó rögzítések által elmentett körülbelül 500-700 adat közül minden bélyegnél a 60. (jellemző) adatot vették mértékadónak. A két tesztheher mérési eredményeit a kiértékelésem során együtt fogom kezelni, továbbá hivatkozni fogok a tesztheherhez tartozó számított eredményekre, melyek a 6-9. mellékletben találhatók (a mellékletekben az 1. tesztheherhez tartozó értékek 30 tonna összterhelésre vonatkoznak).

A 44. ábra a fejrészen és környékén elhelyezett (kivéve a 4.x sorozatú) nyúlásmérő bélyegek által mért értékeket mutatja, az 1. tesztheher mindkét fel- és leterhelési lépcsőjénél. Ezen a diagramon megállapítható, hogy a felhelyezett mérőbélyegek közül egyik sem mutat képlékenyedésre utaló jelet.



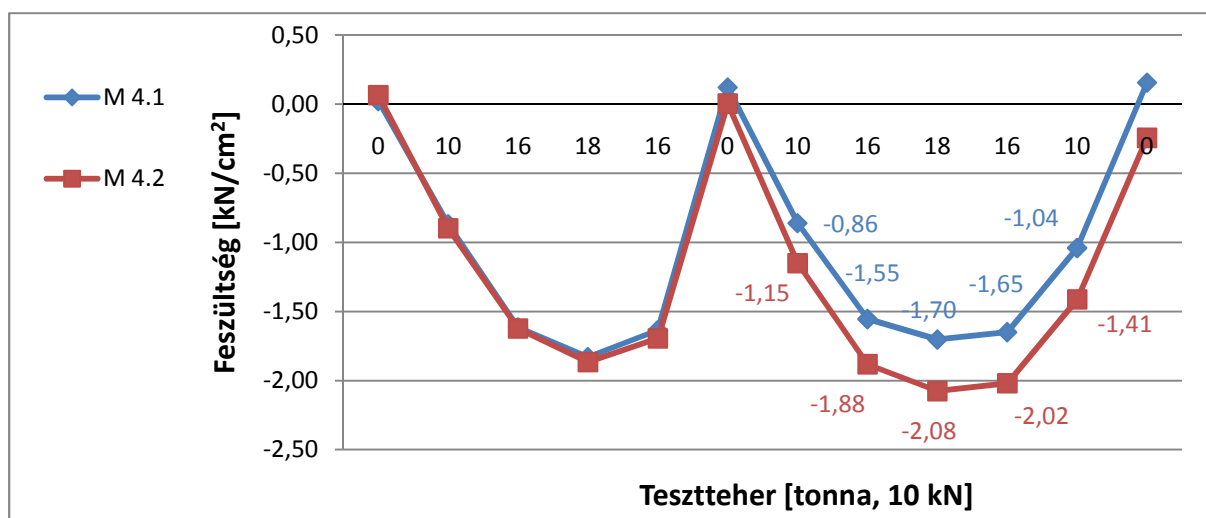
44. ábra Mérőbélyegek által meghatározott feszültségi értékek a terhelési lépcsők függvényében, az 1. tesztheher esetében

A mért és a számított eredmények összehasonlításánál látszik, hogy a mért eredmények sehol nem haladják meg a rúdmodellen számítottakat. Továbbá az is elmondható, hogy a mért és számított eredmények közötti differencia általában 15%-on belüli.

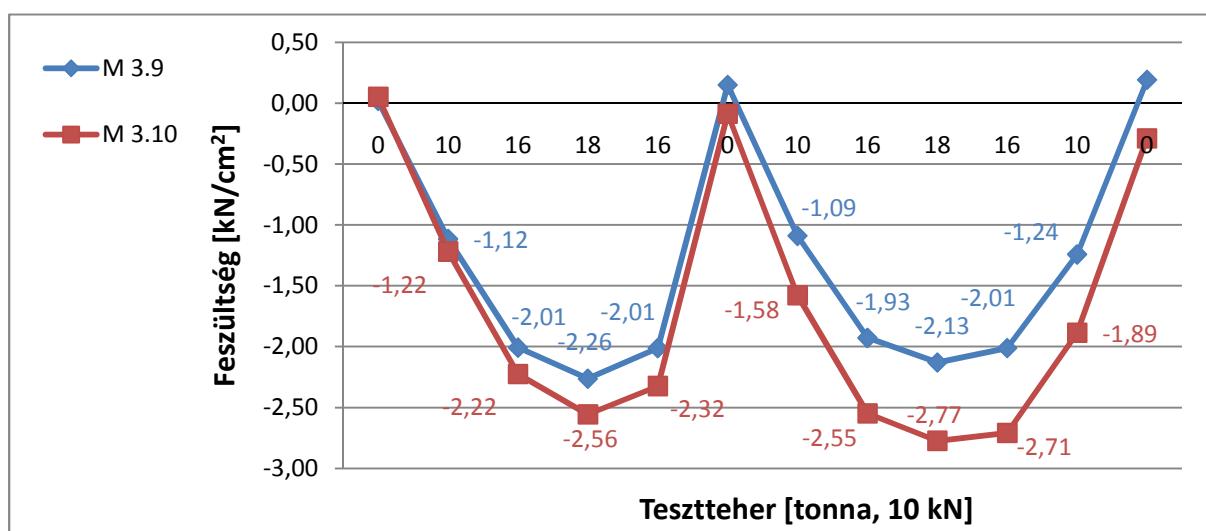


45. ábra Mért és számított értékek összehasonlítása az egyes mérőhelyeken

Kiugró eltérések (55-65%) tapasztalhatók a királytengely környékén. Ennek oka feltehetőleg a rúdmodell közelítésének pontatlansága illetve az, hogy az itt mért értékek viszonylag kicsik voltak, így kis pontatlanság százalékosan nagy eltérést eredményezett. Itt pontosabb közelítésre lenne szükség a valóság modellezéséhez, azaz egy héjmodell előállítására volna szükséges. Ezt viszont nem indokolják a mérések és a számítások során kapott alacsony feszültségi értékek (0.7 kN/cm^2). További kiugró eltérések vannak (49% és 32%) az M 4.1 - M 4.2 és az M 3.9 - M 3.10 mérőpontoknál. Ezeken a helyeken nem érvényes a királytengelynél való magyarázat, hiszen a négy mérőhely a két felső főtartón került felragasztása, ahol nem lehet magyarázat a rúdmodellel való téves közelítés. Továbbá nem csak a számított adatoktól való eltérés a kiugró ezen a helyen, hanem a két főtartó közötti eltérés is.



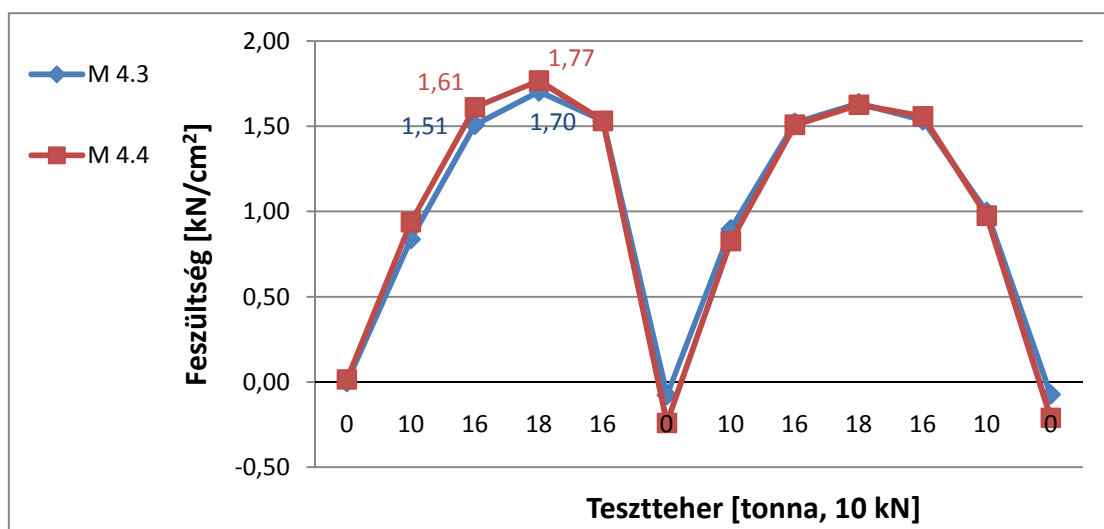
46. ábra M 4.1 és M 4.2 mérési hely közötti eltérés az 1. teszttehernél



47. ábra M 3.9 és M 3.10 mérési hely közötti eltérés az 1. teszttehernél

A mért adatok alapján a két főtartóban keletkező feszültségek között körülbelül 25-40%-os különbség jelenik meg, viszont a számított adatok szinte teljes szimmetriát mutatnak. Erre a jelenségre magyarázat lehet, hogy:

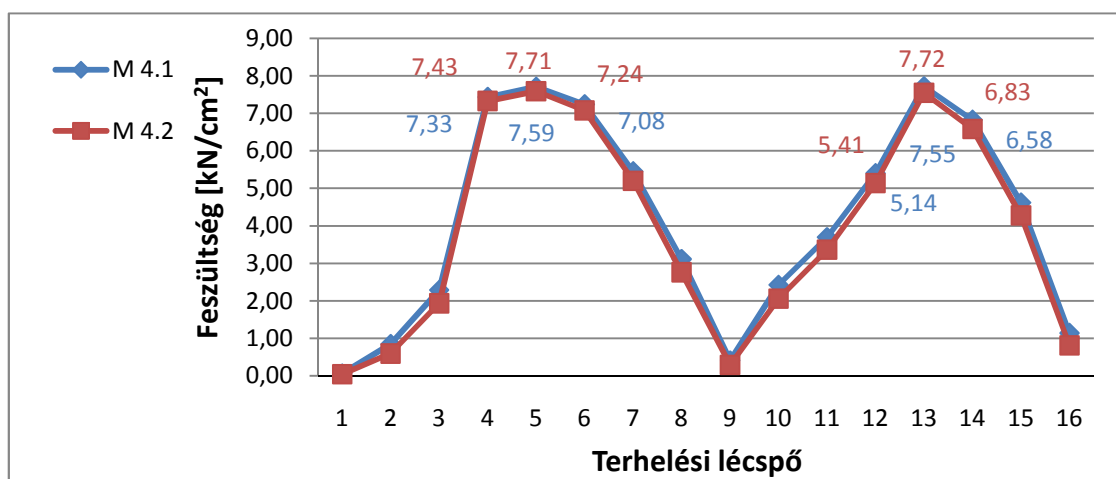
- A két főtartó nem egyforma keresztmetszeti méretekkel rendelkezik, bár ezt cáfolja, hogy ilyen mértékű különbség csak szembetűnő méretkülönbségeknél alakulna ki, amely a helyszíni szemlék során nem volt tapasztalható.
- A terhelés átadása a szerkezetre a hidraulikus sajtók tehermentesítésével történt. A művelet pontatlanságából adódóan kialakulhatott olyan eset, amikor a két kötélágban lévő erők között eltérés mutatkozott, így a szerkezet aszimmetrikus terhelést kapott. Ekkor a két felső főtartóban sem ugyanaz az igénybevétel ébred. Ezt viszont nem támasztja alá az erőbevezetés környékén elhelyezett mérőbéllyegek adatai, melyet a 46. ábra mutat.



48. ábra M 4.3 és M 4.4 mérési hely közötti eltérés 10%-on belüli az 1. teszttehernél

Látszik, hogy az M 4.3 és M 4.4 mérőpontok adatai szinte végig nagyon hasonló értékeket mutatnak. A legnagyobb eltérés is bőven 10%-on belüli. Továbbá az aszimmetrikus terhelésnek a többi bélyegen mért értékeknél is meg kellene jelennie, amely a mérési adatok között nem tapasztalható.

- A nem cserélt szerkezeti elemek között van a két szóban forgó főtartó is. A tűz hatására a hőmérséklet függvényében csökken az acél rugalmassági modulusa (2. fejezet 22. és 23. ábra). Elképzelhető, hogy a két főtartó más tűzterhelést kapott és más mértékben csökkent a rugalmassági modulusuk.
- Lehetséges magyarázat, hogy a mérőbélyegek alacsony nyúlási értékeken nem olyan pontosak, mint nagyobb nyúlások esetén. A 2. tesztteher hatására nagyobb feszültségek ébredtek a vizsgált helyeken. A mérőbélyegek adataiból az is kitűnik, hogy míg az 1. tesztteher hatására megvannak az eltérések, úgy a 2. teszttehernél lecsökkennek a különbségek 5%-os eltérésen belülre.

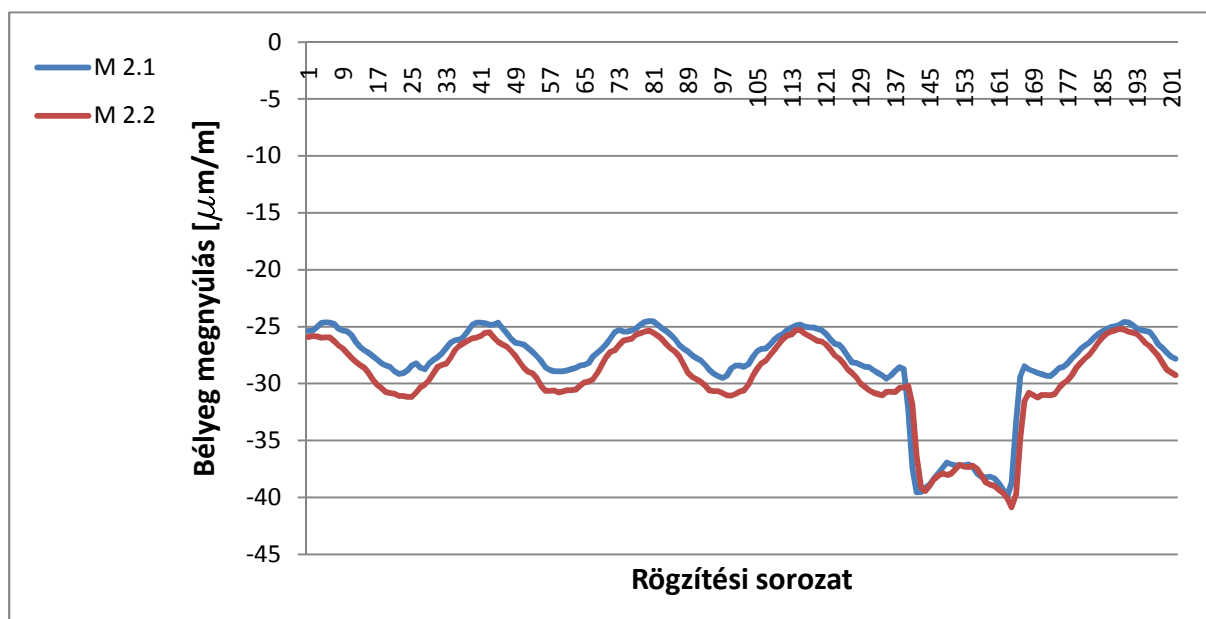


49. ábra Kis eltérések mutatkoznak az M 4.1 és M 4.2 mérési helyek között a 2. teszttehernél

A 49. ábrán megfigyelhető, hogy a két főtartóban keletkező feszültségek szépen egymásra takarnak, csak kis mértékben térnek el.

A két főtartóban tapasztalt feszültségkülönbségek és a számított értékektől való viszonylag nagy eltérések nem adnak aggodalomra okot, mivel látszik, hogy az anyagteher hatására a szerkezetben alacsony feszültségek ébrednek. Így megállapítható, hogy ez a jelenség nem veszélyezteti a szerkezet teherbírását és stabilitását sem.

További érdekes jelenség figyelhető meg a mérési adatok alapján, mely az 50. ábrán látszik. A szögletes alakú letörés az adatrögzítés folyamán a terhelési lépcső után volt több esetben is észlelhető. A kiugró adatok magyarázata feltehetően a királytengelynél lévő két statikus csapnál keresendő. Miután a szerkezet megkapta a terhelést, amely az eddigiekben leírtak alapján lehetett aszimmetrikus is, a szerkezetben megpróbáltak kiegyenlítődni a csavarásból adódó befeszülések. Ahogy az 1.5.3. pontban rámutattam, a kényszerekből származó igénybevételek a királytengelynél tudnak leépülni és ezt nagyon jól szemlélteti az 50. ábra. A letörés a mérési diagramban feltehetően az egyik statikus csap megmozdulásából adódik.

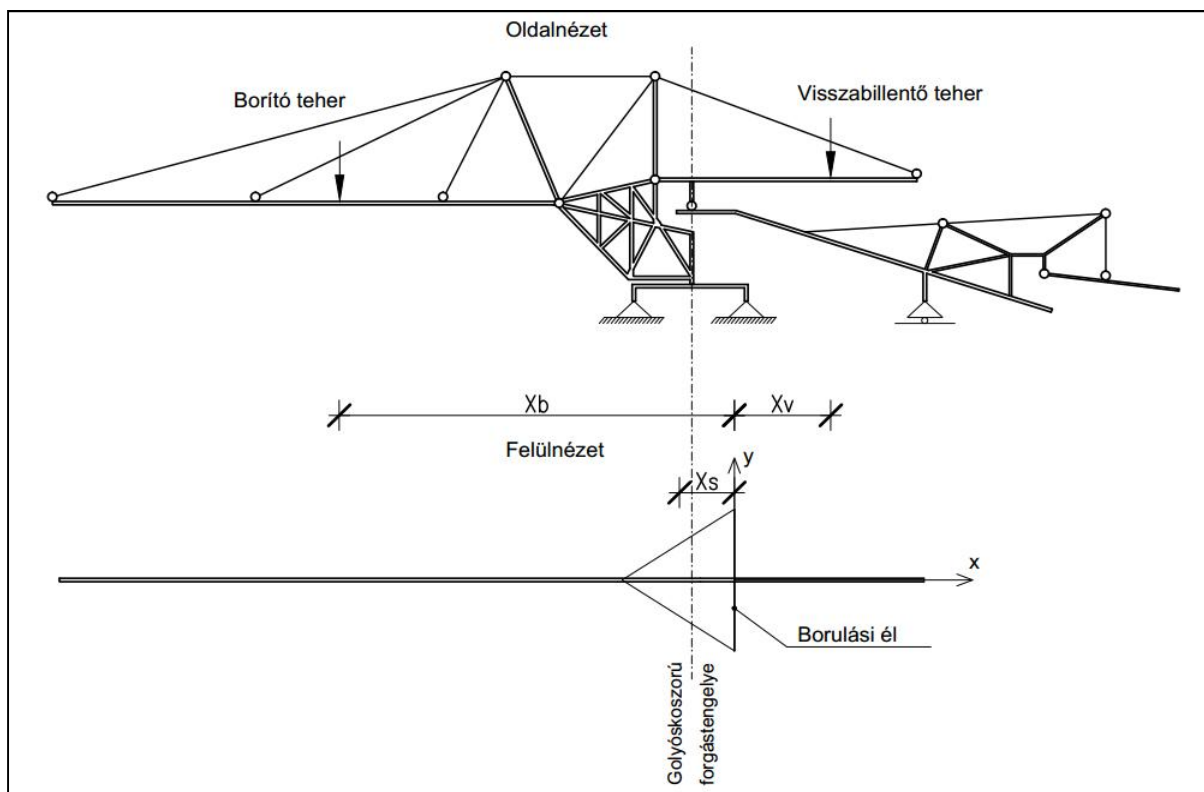


50. ábra Téglalap alakú letörés az M 2.1 és M 2.2 mérési helyek adataiban az 1. teszttehernél

4.2. Főgép súlypontmérése

A súlypontmérés során a főgép stabilitását vizsgálták, mely során igazolni kellett a számított súlypont valós helyzetét. A mérés elvégzését az E-ház súlyának növekedése és az új, ellensúlygém kialakított szerelődaru indokolta. A súlypont bizonyos határértékeknél nagyobb eltérése a golyóskoszorú forgástengelyétől a teljes gép borulását okozná. A súlypontszámítás a gép 10. és 12. ábrákon látható állapotában történt, ekkor a köztiszalag a gép főtengelyébe áll és a felvevőszalag vonulási helyzetbe van emelve. Ezáltal a 13. ábrán látható statikai modell áll elő.

A gép 3 sajtponttal rendelkezik, melyek alá hidraulikus sajtokat elhelyezve a gép teljes felépítménye megemelhető. A 3 sajtpont által meghatározott háromszög ellensúly gém felőli élére, mint borulási élre került kiszámításra a borulási és a hozzá tartozó visszabillentő nyomaték, ahol is a borulási nyomaték a leadógém felőli terhekből származik. Egy egyszerű súlypontszámítás elvégzése után meghatározható, hogy a felvett borulási éltől milyen távolságra van a gép jelenlegi súlypontja. Ezt összehasonlítva a golyóskoszorú forgástengelye és borulási él közti távolsággal kiadódik, hogy mekkora a súlypont külpontossága, továbbá kiszámítható, hogy mekkora nyomaték terheli a golyóskoszorút. Amennyiben határértéken túli nyomaték hatna, úgy az a golyóskoszorú tönkremeneteléhez vezetne.



51. ábra Súlypont meghatározás

Az 51. ábra alapján látszik, hogy a súlypont helye:

$$x_s = \frac{\text{Borító teher} \cdot x_b + \text{Visszabillentő teher} \cdot x_v}{\text{Borító teher} + \text{Visszabillentő teher}}$$

Ahol x_b és x_v a súlypontszámítás szabályai szerint előjeles értékek, a felvett x-y koordinátarendszer helyzetétől függően.

4.2.1. A mérés előkészítése

A súlypontméréshez a gép az előző pontban leírt helyzetébe fordult, hogy a felépítményen és az alépítményen lévő sajtópontok egymás felett legyenek. A leadógém elejének környékére (előre pontosan meghatározott távolságra) az anyagterhet és elpiszkolódást szimuláló, 6 tonnás koncentrált teher került. Az emelési lépcsők meghatározását nagyban korlátozták a golyóskoszorú felett kialakított borulásgátlók³. A borulásgátló és a golyóskoszorú között néhol még a 10 mm távolság sem volt meg. A mérés előkészületeként az emelési pontok alá elhelyezésre kerültek az egyenként 500 tonna teherbírású és 300 mm-es dugattyúfej átmérőjű munkahengerrel rendelkező hidraulikus sajtók. Az emelési magasságot a borulásgátlókra szerelt, a golyóskoszorú felemelkedésének mértékét jelző indikátor órák voltak hivatottak jelezni.



52. ábra Baloldali képen a golyóskoszorú feletti borulásgátló, míg a jobboldali képen a felszerelt indikátor óra látható

³ Funkciója, nevéből adódóan, hogy megakadályozza a gép leborulását az alépítményről.

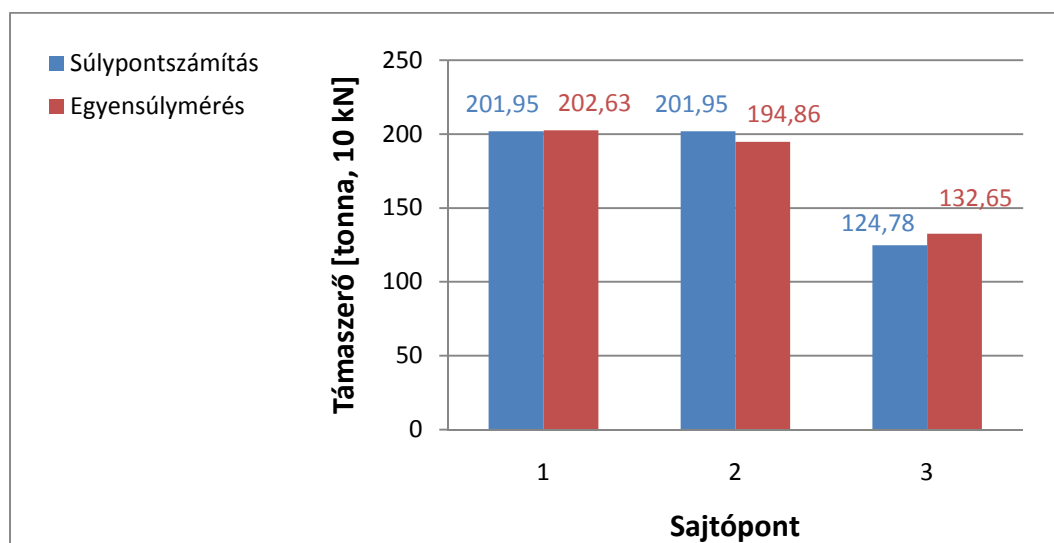
4.2.2. A mérés

A mérés során az indikátor órák sejtetően nem megfelelő működése miatt az emelési magasságok a hidraulikus sajtóknál beállított mérőskálákön kerültek leolvasásra. Az előre betervezett emelési lépcsők az előbbiekben említett helyhiány miatt folyamatosan módosultak a mérés során. A módosult emelési lépcsők megtalálhatóak a 10. mellékletben.

Minden emelési/süllyesztési lépcsőnél mindhárom sajtónál leolvasásra kerültek a nyomási és a tényleges emelési értékek, melyek mérési jegyzőkönyvben lettek rögzítve. A mérés során folyamatos ellenőrzés alatt voltak a golyóskoszorú és a borulásgátlók közti hézagok, amennyiben a hézag közel nullára csökkent, úgy az emelés mértéke a tervezők által rögtön módosításra került.

4.2.3. A mérési eredmények kiértékelése

A mérésből kapott, sajtóknál leolvasott nyomási adatok a munkahenger átmérőjének ismeretében átváltásra kerültek tonnára. A mérési jegyzőkönyvet a 10. melléklet tartalmazza, melyből látszik, hogy az emelésből és süllyesztésből adódó értékek folyamatosan bizonyos mértékben eltérnek. Ez abból adódik, hogy a süllyesztés után valamivel kisebb (belső ellenállások, súrlódás miatt) a nyomás a hidraulikus sajtóban, mint az emelés után. A süllyesztési és emelési értékek külön átlagolásra kerültek, majd a két kapott érték átlagából lettek megállapítva az összehasonlításra kerülő nyomási értékek. A mérési jegyzőkönyvből kiderül, hogy a mért és számított értékek között az eltérés 6 %-on belüli, tehát az eltérés megfelelő.



53. ábra A sajtópontok mért és számított értékeinek összehasonlítása

A mérési adatokból látszik, hogy az 1. és 2. sajtópontnál keletkezett támaszerők nagyobbak, mint a 3. pontnál lévő, továbbá az is megfigyelhető, hogy az 1. és 2. támaszerők között is van körülbelül 4% eltérés. Ebből következik, hogy a gép farnehéz és kis mértékben az 1. sajtópont felé dől. A vizsgálati jelentés [14] alapján kijelenthető, hogy a súlypont jelenlegi helyzete a gép stabilitását nem veszélyezteti, így az ellensúlyhoz hozzájárulni nem kell.

5. A tanulmány összegzése

A visontai bányában lévő, HK8 jelzésű hányóképző bányagépen elvégzett próbaterhelések azt mutatták, hogy a gép újra termelésbe állítható, illetve a gép mindenben kielégíti a DIN 22261 szabvány vonatkozó előírásait. Megállapításra került, hogy a gép a tervben meghatározott teherbírási és stabilitási követelményeknek megfelel.

A gép ellenőrző méréseinek kiértékelése után, az alábbi észrevételeket, ajánlásokat teszem az ilyen speciális tartószerkezetek próbaterheléseire vonatkozóan:

- A tartószerkezet mérésének előkészítésénél, amennyiben az nyúlásmérő bélyegekkel történik, figyelembe kell venni a szerkezet rezgésekre és lengésekre való érzékenységet. Amennyiben a szerkezet ilyen hatásokra érzékeny, úgy az adatok rögzítésénél nem statikus, hanem folyamatos adatrögzítést célszerű választani és abból egy jellemző értéket figyelembe venni.
- A teszterhek meghatározásánál olyan terheket célszerű szimulálni, melyből a tartószerkezet globális viselkedésére választ kapunk továbbá amelyek a szerkezet élete során többször előfordulnak, legyen az üzemi vagy akár nem üzemi állapot.
- Az eredmények értékelésénél fontos figyelembe venni, hogy az adott teszterhek mekkora igénybevételeket okozott a szerkezetben. Amennyiben kis igénybevételeknél vannak nagyobb fokú (de még 40-50% alatti) eltérések a mért és a számított értékek között, úgy a hiba fakadhat a kis elmozdulások méréséből adódó pontatlanságból.
- Amennyiben a mért és a számított értékek között nagyobb eltérések mutatkoznak, ott célszerű lehet a tartószerkezet szimulálására felállított modell újraértékelése. A tartószerkezet rúdmodellként való felvétele nem mindig közelíti megfelelően a valóságot, van ahol célszerű választás a héjmodell felépítése.

6. Hivatkozások

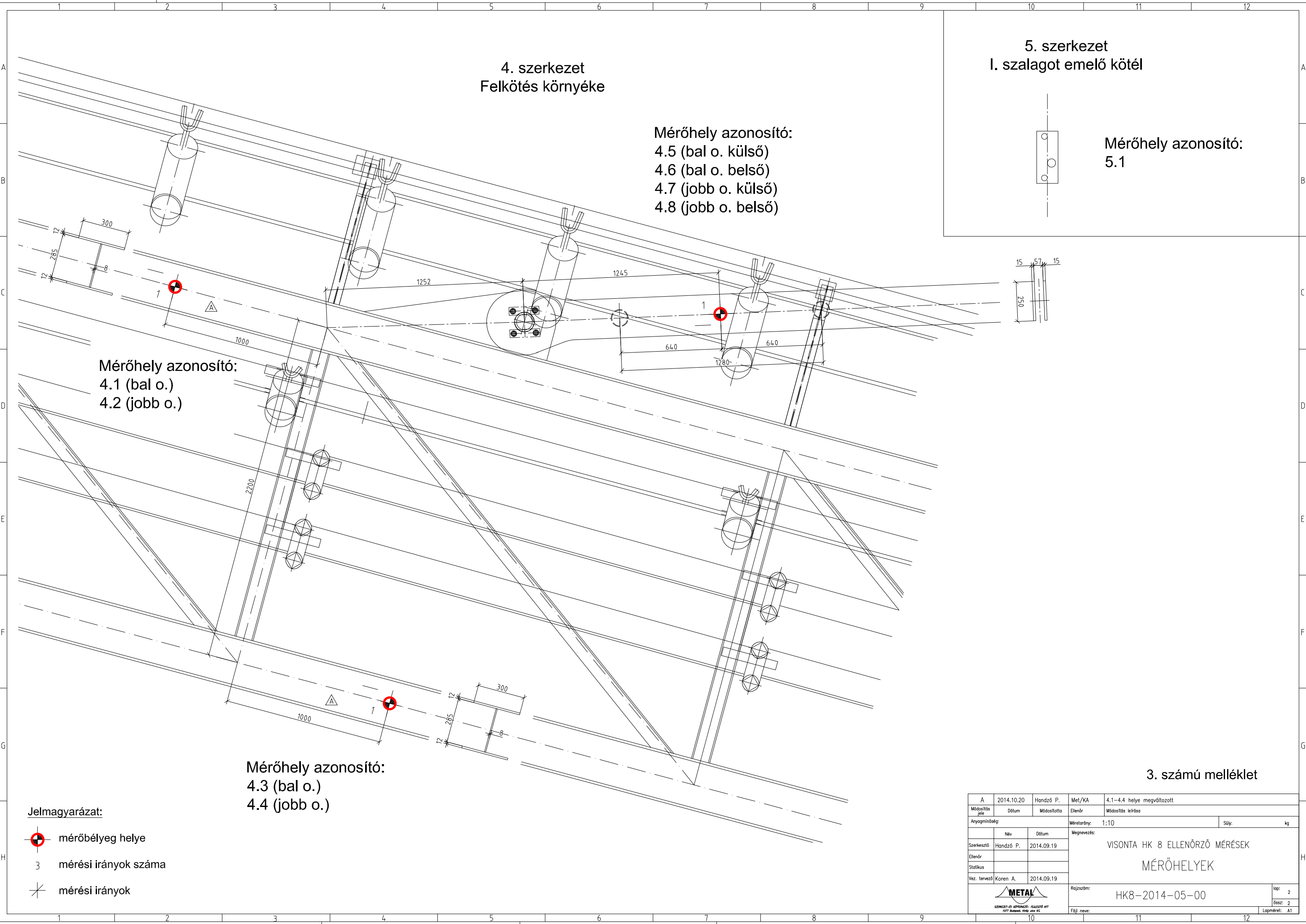
- [1] „Bányászat”. (2014). Wikipedia.com
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Bányászat>.
(2014.11.23).
- [2] „Külfejtés”. (2014). Wikipedia.com
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Külfejtés>.
(2014.11.23).
- [3] Fotópályázat. (2014). Fotoklikk.hu
<http://www.fotoklikk.hu/sites/default/files/imagecache/large800/sites/default/files/fotopalyazat/20090116/010790.jpg>.
(2014.11.23).
- [4] „Rólunk”. (2014). Mátrai Erőmű ZRt. hivatalos honlapja.
<http://www.mert.hu>.
(2014.11.23).
- [5] „Bucket Chain Excavators”. (2014). Tenova Takraf hivatalos honlapja.
http://www.takraf.com/en/Products/Mining_Equipments/bucketchainexcavator.htm.
(2014.11.23).
- [6] „Hatalmas tűz: kigyulladt egy negyven méter magas bányagép - Fotó”. (2014). HEOL online hírportál.
<http://www.heol.hu/heves/kek-hirek-bulvar/hatalmas-tuz-kigyulladt-egy-negyven-meter-magas-banyagep-foto-552174>.
(2014.11.23).
- [7] dr. Balázs L. György, dr. Horváth László, Kulcsár Béla, dr. Lublós Éva, Maros József, Mészöly Tamás, Sas Viktor, dr. Takács Lajos, dr. Vigh László Gergely.
Szerkezetek tervezése tűzterherre az MSZ EN szerint (beton, vasbeton, acél, fa).
Budapest: PL Innovációs Kft. 2010. 174 p.
ISBN: 978-615-5093-02-9
- [8] Szilvássy Zsolt.
Acélszerkezet-vizsgálati jegyzőkönyv a Mátrai Erőmű ZRt. Visontai bányájában
üzemelő HK-8 hányóképző berendezés közti (2-es) szalagjának és ellensúly
gémjének tüzeset utáni részleges felülvizsgálatáról.
Visonta: GRAVITAS Bányagépészeti Vizsgáló Állomás Kft. 2014. 18 p.
Témaszám: 506-14.

- [9] Pogonyi István.
Roncsolásos anyagvizsgálatok 2. Keménységmérések.
Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet. (2014). 40 p. Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések követelménymodul.
http://109.74.55.19/tananyagok/tananyagok/5_0225_009_101215.pdf.
Követelménymodul száma: 0225-06. (2014.11.23).
- [10] Pogonyi István.
Roncsolásmentes vizsgálati módszerek. Hibakereső vizsgálatok.
Budapest: Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet. (2014). 51 p. Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések követelménymodul.
http://109.74.55.19/tananyagok/tananyagok/5_0225_011_101215.pdf.
Követelménymodul száma: 0225-06. (2014.11.23).
- [11] Cseh-Bognár Sándor.
Metallográfiai vizsgálatok.
Budapest: ATESTOR Kft 1016 Budapest, Aladár utca 19. 2014. 23 p.
http://www.atestor.hu/editor_up/up/egyeb/2012_01/16/132671554730168934/Metallografia.pdf.
(2014.11.23).
- [12] „Nyúlásmérő bélyeg”. (2014). Wikipedia.com
http://hu.wikipedia.org/wiki/Nyúlásmérő_bélyeg.
(2014.11.23).
- [13] Dr. Petróczki Károly PhD.
Bevezetés a nyúlásmérő bélyeges mérés technikába.
Szent István Egyetem, Gödöllő, Gépészmérnöki Kar Folyamatmérnöki Intézet Méréstechnika Tanszék. (2014). 46 p.
http://www.hbmiroda.hu/save/uplpdf/34-hbm_nyulasmero_belyeg_tanfolyam_pk_ea.pdf.
(2014.11.23).
- [14] Handzó Péter, Koren András.
HK 8 hárompontos egyensúlymérés vizsgálati jelentés.
Budapest: METAL Szerkezet- és Géptervező-fejlesztő Kft. 2014. 10 p.
Megrendelő: ME Zrt. Visontai bányauzem.

-
- [15] Prof. Dr. Kováts László Dezső.
Vizsgálati jelentés A Visontai Bányaüzem HK-8 gép acélszerkezetén végzett nyúlásmérő bélyeges mérésekről
Budapest: HEXIUM Műszaki Fejlesztő Kft. 2014. 20 p.
Témaszám: 2014H0120.
- [16] Vezető tervező: Koren András.
Tervcím: E-ház tartószerkezet. Rajzszám: HK8-2014-03-02-D.
Budapest: Metallicus Mérnöki Tervező Kft. 2014. 1 p.
Munka: HK 8 Helyreállítás

OTDK Tanulmány

7. MELLÉKLETEK



4. szerkezet
Felkötés környéke

Mérőhely azonosító:
4.5 (bal o. külső)
4.6 (bal o. belső)
4.7 (jobb o. külső)
4.8 (jobb o. belső)

Mérőhely azonosító:
4.1 (bal o.)
4.2 (jobb o.)

Mérőhely azonosító:
4.3 (bal o.)
4.4 (jobb o.)

5. szerkezet
I. szalagot emelő kötél

Mérőhely azonosító:
5.1

- Jelmagyarázat:
- mérőhelyek helye
 - mérési irányok száma
 - mérési irányok

3. számú melléklet

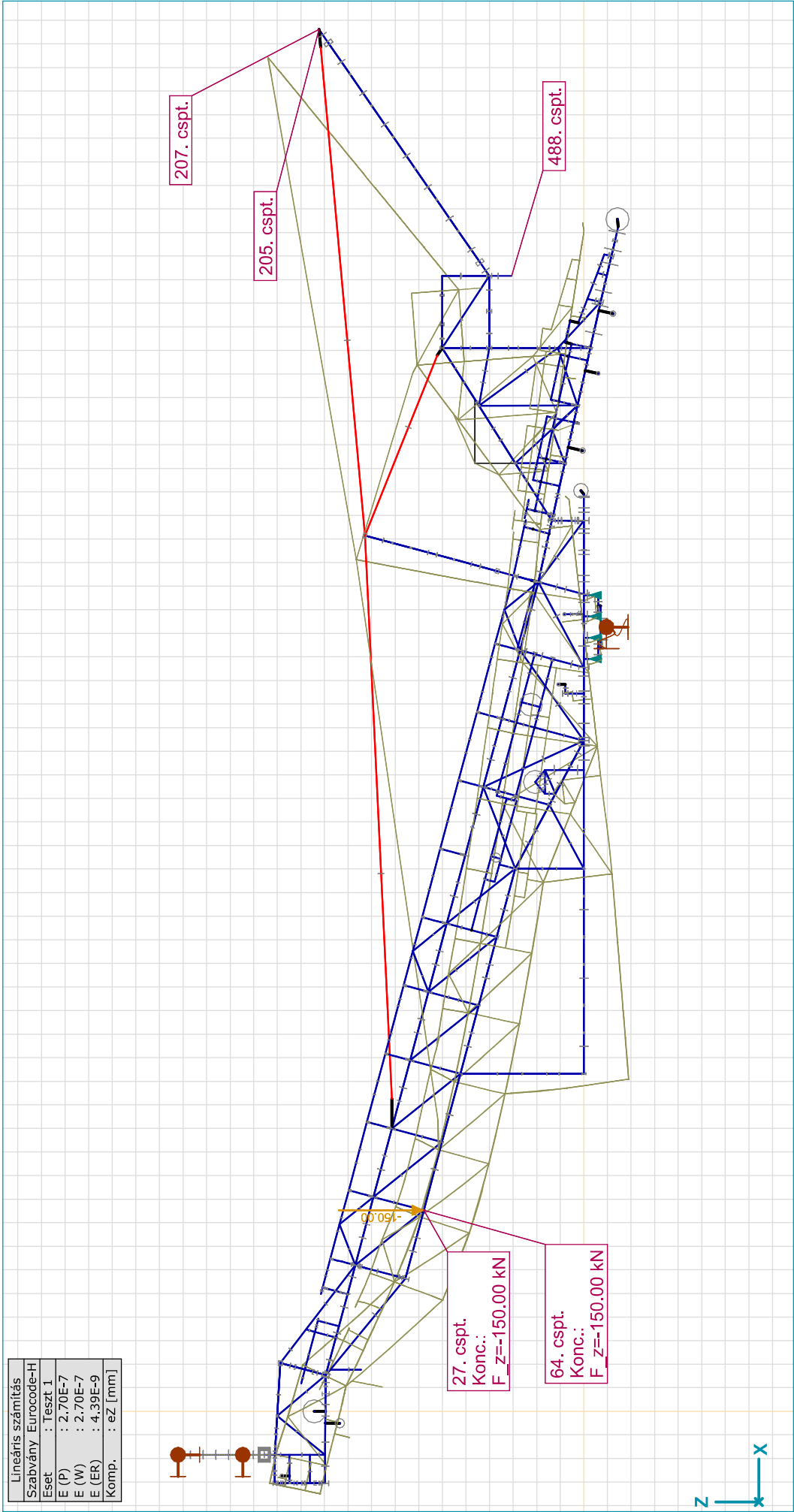
A	2014.10.20	Handzó P.	Met/KA	4.1–4.4 helye megváltozott
Módosítás jele	Dátum	Módosította	Ellenőr	Módosítás leírása
Anyagminőség:			Méretarány: 1:10	Súly: kg
Név		Dátum	Megnevezés:	
Szerkesztő	Handzó P.	2014.09.19	VISONTA HK 8 ELLENŐRZŐ MÉRÉSEK MÉRŐHELYEK	
Ellenőr				
Statikus				
Vez. tervező	Koren A.	2014.09.19	Rajzszám:	
			HK8–2014–05–00	
Főj. neve:			Lap: 2	Össz: 2
			Lapméret: A1	

Munka: HK 8 hányóképző - Ellenőrző mérőbéllyeges mérés

Tervező: Metal kft.

Modell: köztisztalag testt.axs

2014.10.29.

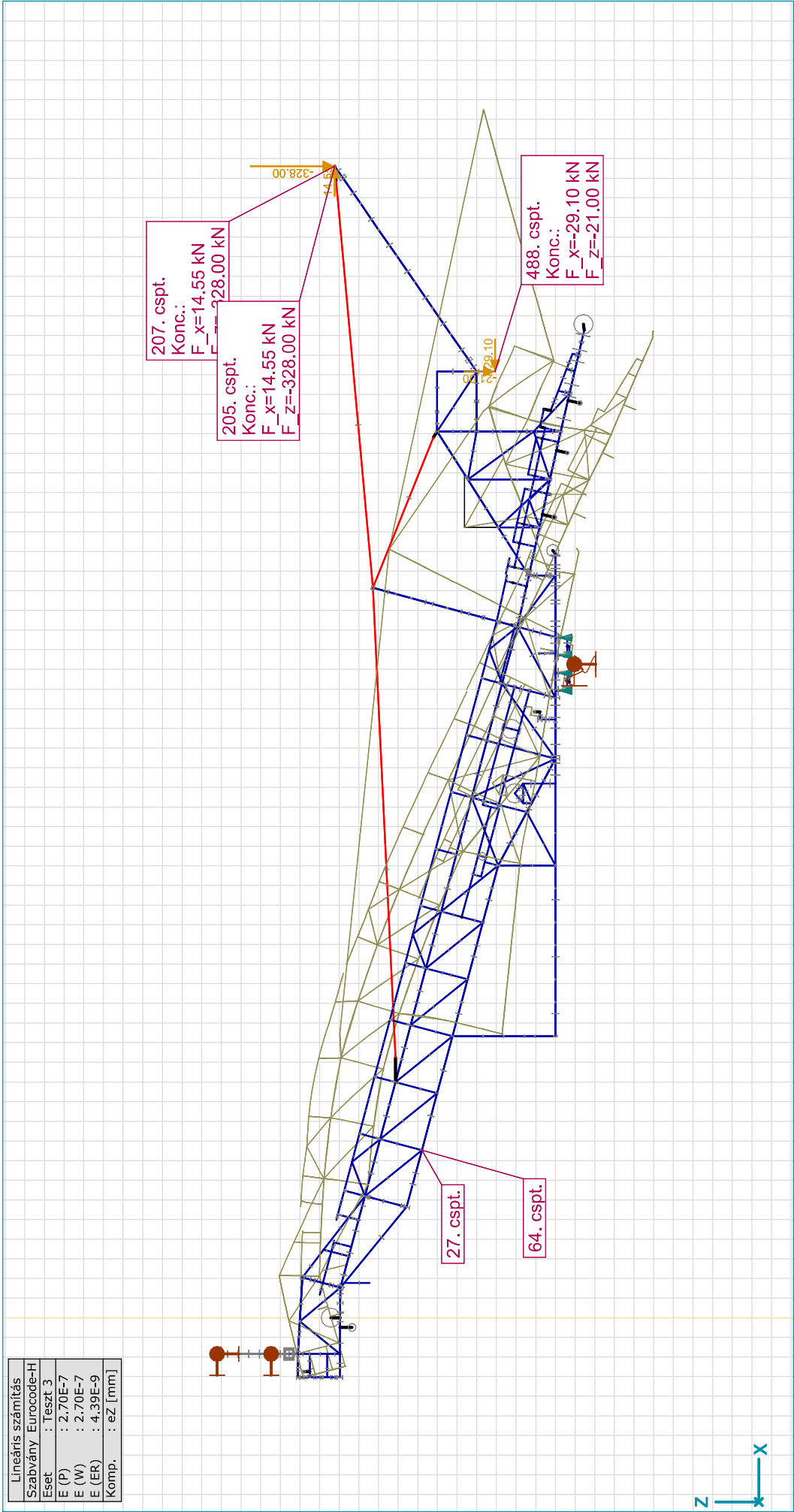


Munka: HK 8 hányóképző - Ellenőrző mérőbéllyeges mérés

Tervező: Metal Kft.

Modell: köztisztalag testt.axs

2014.10.29.



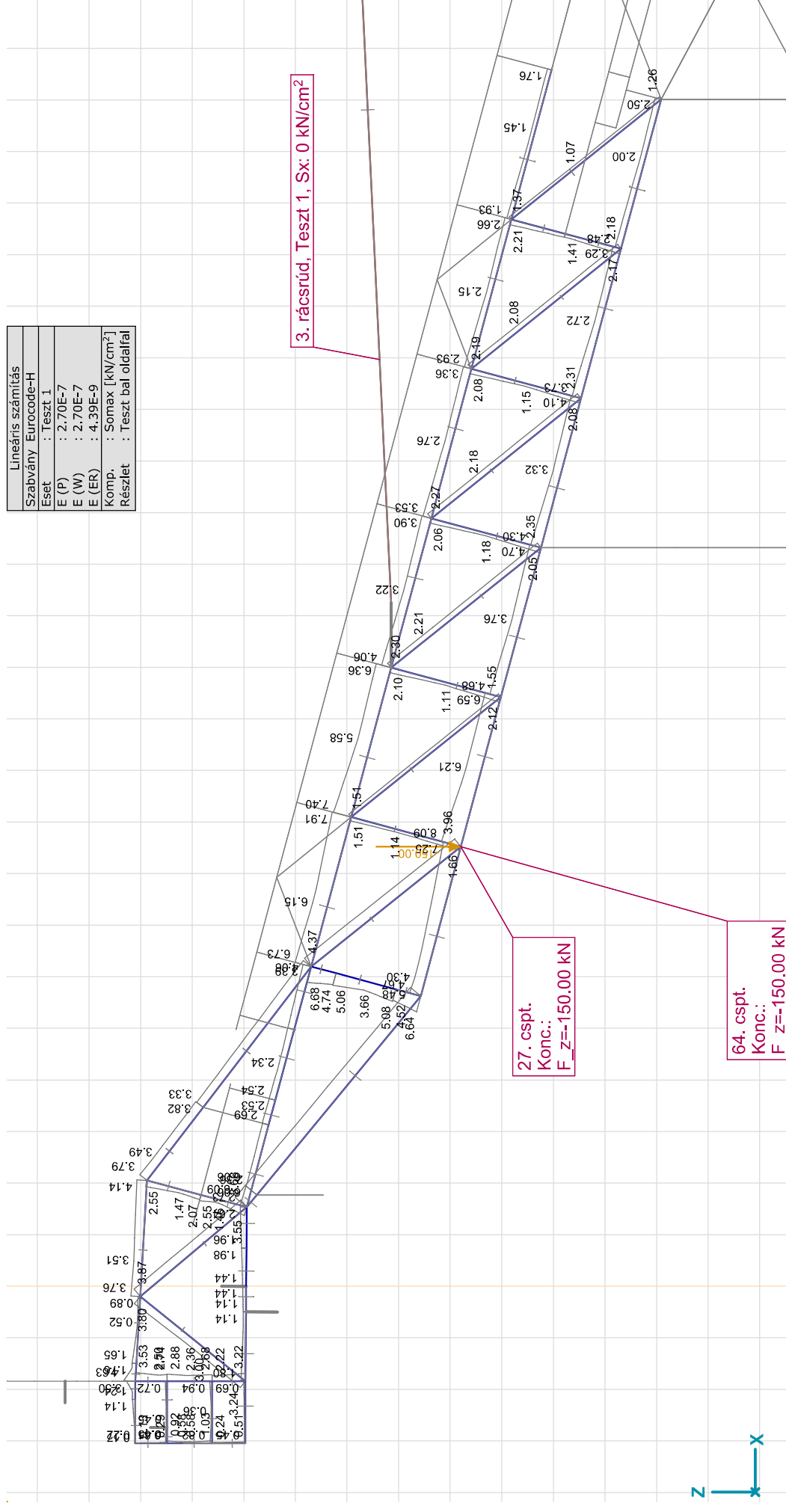
Munka: HK 8 hányóképző - Ellenőrző mérőbélyeges mérés

Tervező: Metal kft.

Modell: köztisztaság tesz-1120.axs

2014.11.20.

Lineáris számítás	
Szabvány	Eurocode-H
Eset	: Teszt 1
E (P)	: 2.70E-7
E (W)	: 2.70E-7
E (ER)	: 4.39E-9
Komp.	: Somax [kN/cm ²]
Részlet	: Teszt bal oldalfal



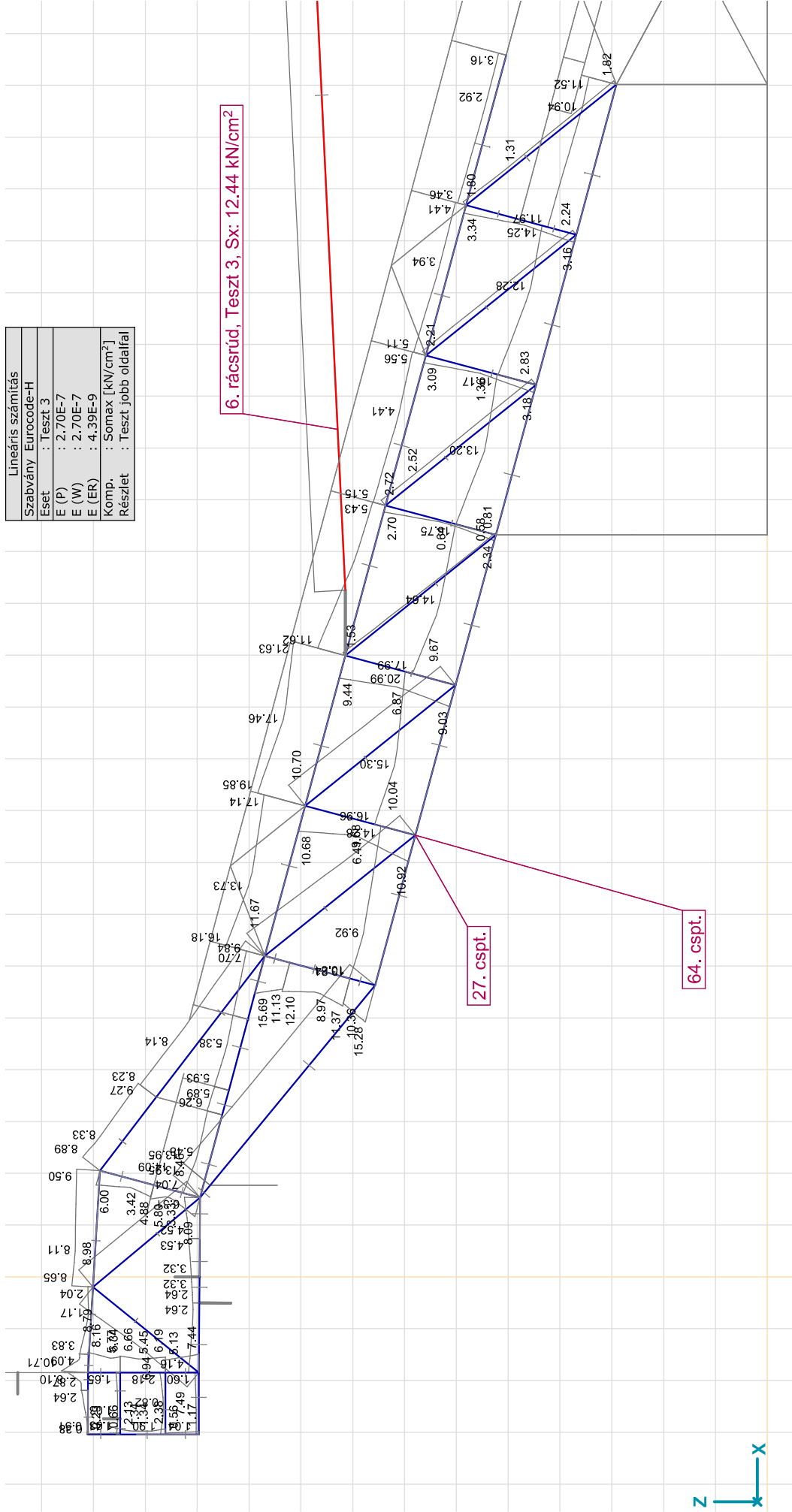
Teszt bal oldalfal, linedris, Teszt 1, Somax, Diagram, Elölnézet

Munka: HK 8 hányóképző - Ellenőrző mérőbéllyeges mérés

Tervező: Metal kft.

Modell: köztiszalag teszt-1120.axs

2014.11.20.



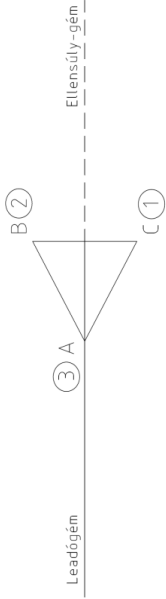
Teszt jobb oldalal, lineáris, Teszt 3, Smax, Diagram, Előnézet

Sajtópontok vázlata:

Mérés dátuma: 2014.11.06

Mérési sorozat száma: 1

Szélesség: 3.9 m/s



hidraulika henger átmérő: 300 mm

A= 706.86 cm²

1 bar sajtonyomás= 0.7069 to

S.sz.	(3) A			(2) B			(1) C		
	Absz. mag. [mm]	Nyomás [bar]	Támaszerő [to]	Absz. mag. [mm]	Nyomás [bar]	Támaszerő [to]	Absz. mag. [mm]	Nyomás [bar]	Támaszerő [to]
1	5	180	127.23	5	260	183.78	5	300	212.06
2	8.5	200	141.37	10	310	219.13	10	290	204.99
3	3	170	120.17	5	280	197.92	5	275	194.39
4	6	200	141.37	8	300	212.06	8	300	212.06
5	3	175	123.70	5	260	183.78	5	275	194.39
6	8	205	144.91	8	290	204.99	10	305	215.59
7	4	190	134.30	4	250	176.71	4	270	190.85
9	6	200	141.37	6	280	197.92	6	305	215.59
Mért átlag:			190.00	132.65	278.75	194.86	290.00	202.63	530.14

8	1	140	98.96	1	180	127.23	1	140	98.96
Számított érték:			176.53	124.78	285.70	201.95	285.70	201.95	
Számított / Mért:			0.94	0.94	1.04	1.04	1.00	1.00	