

# **BIOMASSZA KAZÁNOK TÜZELŐANYAGELLÁTÁSÁNAK LOGISZTIKAI FOLYAMATAI**

Sass Ádám – Gál József

**Abstract:** Tanulmányunk biomasszával működő gőzkazán-rendszer tüzelőanyagának logisztikájáról, annak gyűjtéséről, szállításáról és kezeléséről szól. Bemutatja a szalmabála-kezelési rendszerek lehetséges működését, ideértve a bálák mennyiségének és minőségének ellenőrzését, nyomonkövetési eljárásait, a bálák manipulálását, kezelését, mozgását a keletkezési helytől, a szállító járműveken át a raktárokig, sőt az üzemanyag-előkészítő rendszerig, a szükséges tárolási kapacitások és a szükséges járműforgalom szempontjaiból.

**Abstract:** Our study is about the logistics and handling of fuel for a biomass fuelled steam boiler system. It shows possible solutions for straw bale handling systems including quantity, quality control and overtake procedure of the bales, through manipulation of the bales from the delivery vehicles to storage and from storage to the fuel preparation system of the boilers, to the required storage capacities and vehicle traffic.

*Kulcsszavak:* biomassza, logisztika, energia, környezetvédelem, fenntarthatóság, megújuló energia

*Keywords:* biomass, logistics, energy, environmental protection, sustainability, renewable energy

## **1. Bevezetés**

Az élet számos területén szükség van nagy mennyiségű hőenergiára, legyen az különböző ipari technológia vagy lakóövezetek távfűtési rendszere. A fűtési energiaigény kiszolgálásának egyik tradicionális, de mai napig alkalmazott módja a gőzfűtés vagy melegvizes fűtés, ahol a gőzt és a melegvizet egy vagy több kazánban eltüzelt tüzelőanyagok hőjével állítják elő. A klímaváltozás kedvezőtlen hatásai miatt preferált a CO<sub>2</sub> semleges működés, ezért a biomassza tüzelőanyagként való felhasználása ilyen szempontból jó megoldás lehet (Tóvári–Körmendi, 2014), bár a CO<sub>2</sub> semlegességet hitelt érdemlően csak életciklus elemzéssel lehetne eldönteni, jelen esetben erre nem térünk ki. Ezen ok miatt törekvés a hőtermelő egységek részéről a biomassza tüzelésű kazánok alkalmazása. Biomassza kazánok működtetése esetén kétségkívül az egyik legnagyobb kihívás a tüzelőanyag ellátás megfelelő biztosítása. Ez jóval bonyolultabb, mint például egy gáztüzelésű kazán esetén, ahol a tüzelőanyagot csővezetéseken lehet szállítani. A továbbiakban egy bálázott, lágyszárú mezőgazdasági melléktermékekkel működő, a jövőben telepítendő kazán fűtőanyag ellátás biztosításának lehetséges megoldását mutatjuk be. A telephelyen belüli fő logisztikai feladat a közúton érkező tüzelőanyag bálák eljuttatása a kazán fűtőanyag előkészítő rendszeréhez minden időpillanatban a szükséges mennyiség és minőségben.

## **2. Anyag és módszer**

A biomassza alapú hőenergia előállítás alkalmazási területei szinte korlátlanok azokban az elsődlegesen skandináv országokban, ahonnan a technológiák jellemzően erednek. A hazai biomassza tüzelés – annak ellenére – hogy a mezőgazdasági termelőüzemek (sertéstartók, baromfinevelők, kertészetek,

marhaistállók) és vidéki kistelepülések számára a szakterületükön tapasztalható válság túlélésének, a megmaradásnak az alternatív energiaforrások hasznosítása egyik meghatározó eszköze lehet – még gyerekcipőben jár (Sarusi-Kiss, 2012). Ezen túlmenően Zsótér és szerzőtársai (2020) által megalkotott helyi gazdaságfejlesztési modellbe is jól beilleszthető lenne. Amelyre láttunk már több, gyakorlatban megvalósult jó példát (Zsótér, 2016).

Ezzel összefüggésben elmondható, hogy a biomassza energetikai hasznosítása lehetőséget nyújt a mezőgazdaságban előállított fő- és melléktermékek alternatív (energetikai) hasznosítására (energiatermelés, forgalmazás és felhasználás), ami a mezőgazdaság termékeire épülő gazdasági tevékenység, amely egyaránt hozzájárulhat a mezőgazdaság és a vidékgazdaság fejlődéséhez (Kis, 2007).

Az energetikai célra felhasználható biomassza a vidék számára olyan megújuló természeti erőforrást jelent, melynek gazdasági folyamatokba való integrálása az erőforrások társadalmilag hasznos, gazdaságilag észszerű, ökológiai szempontból is elfogadható kombinációját hozhatja létre, melynek kedvező hatása lehet a vidéki térségek fejlődésére. A biomassza energiacélú felhasználása ugyanis nemcsak energetikai, hanem környezetvédelmi, piaci és a vidéki munkahelyteremtés szempontjából is igen fontos lehetőség a vidék számára (Kis, 2012).

A tervezett biomassza kazán üzem 2 db kazánból álló rendszer, aminek egy közös tüzelőanyag előkészítő rendszere van. A tüzelőanyag előkészítő rendszer áll 1 db bálakocsizóból, 1 db aprító gépből, valamint rédlerekből és csigákból, amelyek az aprított tüzelőanyagot juttatják el a kazán égésterébe. Az energiatermelő berendezések egyenkénti hőteljesítménye 14 MW. A kazánok üzemmenete folyamatos, tehát 24 óra/nap, 7 nap/hét.

Az alkalmazandó biomassza elsősorban szalma bála, ami mezőgazdasági tevékenység során képződő hasznosítható anyag, ezen felül energianád vagy kukoricaszár is szóba jöhet, bálázott formában. Feltételezzük, hogy a szalma bála eredete kizárólagosan Magyarország és csakis közúti beszállítás valósítható meg. Mivel többféle növényi forrásból származó bálákat is fel lehet használni hazánkban, egy átlagos 15 MJ/kg fűtőértéket veszünk figyelembe egy, a különféle gabonafélék (itt mint melléktermék értelmezendő) fűtőértékét vizsgáló tanulmány alapján (Herkowiak et al., 2018). Ez a 15 MJ/kg kellően visszafogott érték a tanulmányban leírtak szerint. A kazán hatásfokának a gyártó által megadott 75%-os értéket tekintjük. A szükséges hőteljesítmény és gőzigény kiszolgálásához ez alapján óránként 8,82 tonna szalma eljuttatása szükséges a tüzelőanyag előkészítő rendszerhez.

Feltételezzük, hogy körbálákkal és ún. Heston (fél-Heston) bálákkal fogunk dolgozni, mivel ezek a leggyakoribb bálázási technológiák. A bálák tulajdonságait az 1. táblázat tartalmazza. A táblázatban szereplő adatok alapján a tervezési értékeket, a bála méretét tekintve 90 x 120 x 240 mm, tömegét tekintve pedig 380 kg értéként határozzuk meg. Itt is konzervatív megközelítést alkalmazunk, nagyobb mérettel, de kisebb tömeggel számolunk. Ennek oka, hogy mozgatni a térfogatot kell, míg fűtőértéke a tömegnek van, tehát mindkét esetben a kedvezőtlen irány felé mozdulunk el a középértékektől. A tömeg az a tömörítéstől függ, tehát a

technológiától (a nedvességtartalmat – a tüzeléstechnikai követelményeket kielégítő – állandó értékűnek tekintve).

1. táblázat: Gyakran használt bála típusok adatai

	Kör bála	Heston-bála
Alak	henger	szögletes
Jellemző súly, kg / db	300 - 500	500 - 600
Jellemző méret, mm x mm x mm	120 – 200 x 120-170	120x130x 120 - 250
Sűrűség, kg (száraz)/ m <sup>3</sup>	110	150
Nedvességtartalom m/m%	14-20	14-20

Forrás: Koppejan–van Loo (2008)

A fenti adatok összesítésével meghatároztuk a logisztikai feladatot, miszerint 2,58 percenként kell egy bálát eljuttatni a kazán tüzelőanyag előkészítő rendszer első eleméhez, a bálakocsizóhoz a nap minden órájában, a hét minden napján.

### 3. Eredmények. A bálamozgatás logisztikája

**Beszállítás és átvétel.** A bálák beszállítására, mint már említettük csak közúton van mód. A közúti beszállítás hétköznapokon valósulhat meg napi 16 órában. Ez a korlátozás a beszállítók telephelyeinek működéséből ered. A közúti szállítás során a tehergépkocsikat az 1. ábra szerinti lehetséges módokon lehet megpakolni bálákkal a szállítójármű és a bála méreteitől függően. Az átvétel során ezt figyelembe kell venni. Átlagosan egy tehergépkocsit 36 bálával lehet megrakni.

A bálák mennyiségi és minőségi átvételét is dokumentálni kell. A mennyiséget nedves súlyban (valójában ez tömeget jelent) és darabszámban mérve kell dokumentálni. A bála minőségi átvételét a nedvességtartalom ellenőrzése jelenti. Jelen esetben a bálánkénti nedvességtartalmat kell meghatározni, mert a beszállított bálák pénzügyi elszámolása nedvességáron kell, hogy történjen. A nedvességtartalom maximálisan megengedhető értéke 20 m/m%. Ezt meghaladó érték esetén a bálát el kell utasítani.

A beszállítás és balaátvételnek ki kell szolgálni a 2,58 perc/bála sebességgel működő kazánrendszert, ezért a méretezést a maximális igényekre kell elvégezni. A beszállítás számokban a következőképpen néz ki (tájékoztató részleges adatok, a további részletek üzleti érdeket sérthetnek):

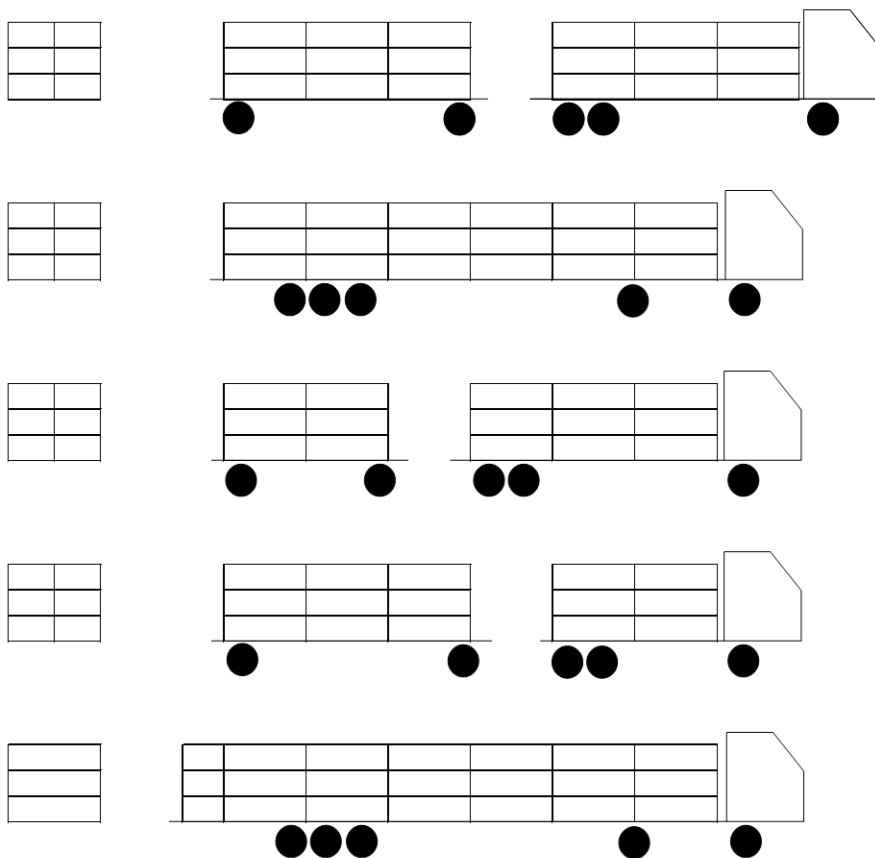
- Heti maximális tüzelőanyag-igény:  $42 \text{ t/h gőz} * 0,21 \text{ t/h szalma} * 24 * 7 = 1482 \text{ t/hét tüzelőanyag}$
- Órai max. tüzelőanyag-igény:  $1482 \text{ t/hét} / 5 \text{ nap} / 16 \text{ h} = 18,5 \text{ t/h}$
- Napi max. bálaigény:  $1482 \text{ t/hét} / 5 \text{ nap} / 0,38 \text{ t/bála} = 780 \text{ bála/nap}$
- Órai max. bálaigény:  $1482 \text{ t/hét} / 5 \text{ nap} / 16 \text{ h} / 0,38 \text{ t/bála} = 47,75 \text{ bála/h}$
- Napi max. tehergépjármű forgalom:  $1482 \text{ t/hét} / 5 \text{ nap} / 0,38 \text{ t/bála} / 36 \text{ bála/kocsi} = 22 \text{ kocsi/nap}$

- Órai max. tehergépjármű forgalom: 1482 t/hét / 5nap / 16h / 0,38 t/bála / 36 bála/kocsi = 1,3 kocsi/h

1. ábra: **Bálák lehetséges elhelyezkedése a szállító járművön (a bálákat téglalapok jelzik)**

Hátulnézet

Oldalnézet



Forrás: Szerzői szerkesztés (2021)

Ebből adódóan 1 óra 20 perc áll rendelkezésre egy teljes szállítmány nedvességmérésére, nettó és bruttó súlymérésére, lepakolására és az esetleges át nem vett bálák visszapakolására.

**Tárolás.** A tüzelőanyag tárolása azért szükséges, mivel a Just-In-Time elv szerinti kiszolgálási rendszer kockázatos egy olyan rendszer esetében, mint egy gőztermelő kazán, hiszen a gőzigény folyamatosan jelentkezik, a rendszer leállítása és újraindítása körülményes és hosszú, így a tüzelőanyagnak is folyamatosan rendelkezésre kell állnia. Másik fontos szempont, hogy a beszállítás nem folyamatos, hanem csak munkanapokon és napi 16 órában van rá lehetőség, míg a tüzelőanyag igény napi 24 órában fenn áll. Ezért a tároló kapacitás meghatározásának a legfontosabb szempontja a folyamatos üzemmenet biztosítása, akár több napos

ünnepek esetén is. A tárolás alapkövetelménye, hogy FIFO (First-In, First-Out) rendszerben történjen a készletezés. Ennek legfontosabb indoka, hogy a bálákban, nedvességtartalmuktól függő sebességgel, hőfejlődéssel járó mikrobiológiai folyamatok (rothadás) indulnak el (Horváth, 2013). A tárolás szempontjából fontos az is, hogy a bálák egymásra helyezhetők, de mindenképpen kötésben kell rakni azokat.

**Bálamozgatás.** A bálamozgatást a közúti szállítójárműről a tárolóig, a tárolóból a tüzelőanyag előkészítő rendszerig, a bálakocsizóig olyan sebességgel kell megoldani, hogy a bálakocsizón maximálisan helyet foglaló 2x6 db bála felhasználási ideje alatt megtörténjen a teljes mozzgatás. A bálamozgatás során fontos az, hogy a felhasznált bálák nedvességtartalma ismert legyen, hiszen a kazán működési fajlagosait csak ismert mennyiségű és minőségű tüzelőanyaggal határozhatjuk meg.

**A kialakított rendszer elemei.** A leírt feladatok és a szigorú követelmény, miszerint 2,58 percenként kell egy bálát a kazánhoz juttatni, komoly kihívást adnak. Az átvétel és minősítés a korábban bemutatott időtartamok alapján nem oldható meg a legegyszerűbb módszerrel, ami a bálák egyedi, kézi mérővel történő minősítése és nehézgépes (homlokrakodó, teleszkópos rakodó) bálamozgatás lenne. Ehhez egy automatizált és kellően gépesített rendszer megvalósítására van szükség. Ezért a bálák lerakodását és mozzgatását egy fixen telepített darurendszer alkalmazásával oldjuk meg.

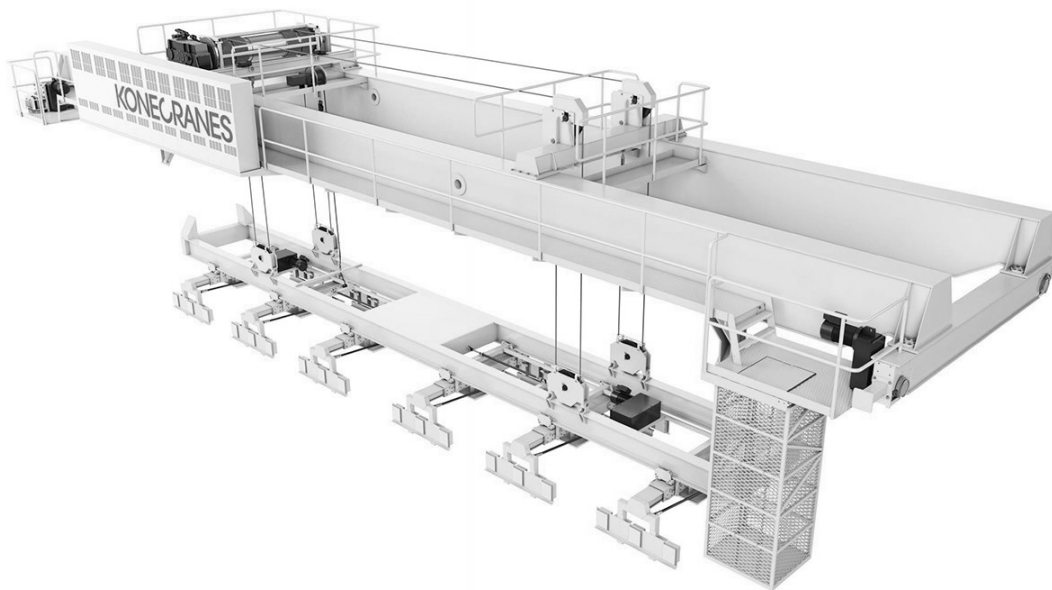
A daru egy a 2. ábra szerinti eszköz, ami képes egyszerre több bála megfogását és mozzgatását megvalósítani.

Az 1. ábra bemutatta a lehetséges bála elrendezéseket a teherautókon, ennek alapján ritka az az eset, hogy 2x6 db bálát egyszerre meg lehessen fogni, ezért 2x3-as megfogású darut használunk. A daruval elvégezhető a bálák levétele, tárolóba helyezése és a tárolóból a bálakocsizóra helyezése is.

Amennyiben a darunak nem hozzáférhető módon kerül fel a teherautóra a bála, „kézi” (nehézgépes) lepakolás szükséges. Ilyen esetekre létre kell hozni, a tárolón kívül, egy átmeneti tároló helyet is, ahová a darunak 2x3 egységekbe oda lehet rendezni a bálákat, majd innen tudja a daru a tárolóba vagy a kazán tüzelőanyag előkészítő technológiájába mozzgatni.

**Átvétel.** A mennyiségi átvétel, tehát a mérlegelés meggyorsítása érdekében a lepakolás, történjen daruval vagy nehézgéppel, a mérlegen állva történik meg. Így a bruttó mérés a nedvességmérés után azonnal megtörténik. A nedvességmérés függvényében megtörténik a lepakolás, majd a nettó mérés, a teherautó mozgása nélkül.

## 2. ábra: Báladaru - 2x6 db bála megfogással



Forrás: <https://www.konecranes.com/industries/waste-to-energy-and-biomass/waste-to-energy-and-biomass-cranes/strawbale-handling-cranes> (2020.05.01.)

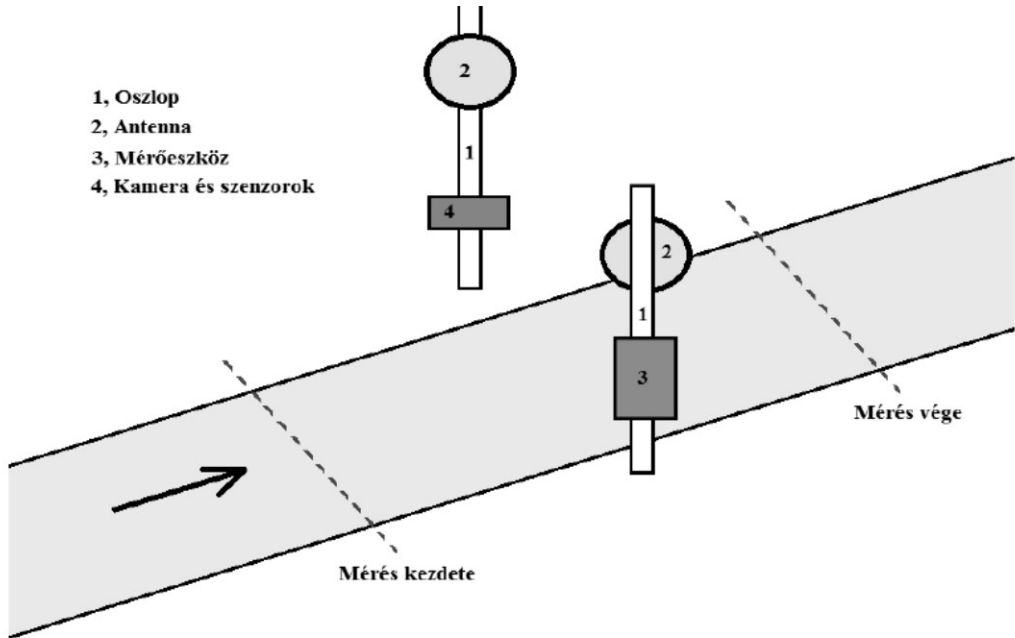
A bálák minőségi átvétele egy infrakapus nedvesség ellenőrzéssel történik meg. Ezt a 3. ábra mutatja be. A megrakott tehergépjármű áthajt az infrakapun ami felveszi az abszorbanca görbét. Az abszorbanca értéke arányos a nedvességtartalommal. A kapun az áthaladás folyamatos, lassú sebességgel, ami kisebb mint 5 km/h.

Miközben a teherautó felhajt a mérlegre a mérés értékeit számítógép ellenőrzi, ha nincs kiugró érték, akkor a daru automata módban leveszi a bálákat és a tároló megfelelő helyére teszi. Ha kiugró értéket talál a rendszer, ott kézi mérés szükséges. A kézi mérés esetén a bálákat három ponton (a bála bal felső, valamint jobb alsó sarkától 25 cm-re és a bála közepén) kell megmérni a bála hozzáférhető hosszanti oldalán az átló mentén, a túske maximális betolásával. Ezt a 4. ábra szemlélteti. A kézi mérés alapján megkeressük a nem megfelelő bálát és a daruval kézi üzemmódban elvégezzük a megfelelő bálák lepakolását, majd a nem megfelelő bálához érve, azt nehézzgéppel lepakoljuk az átmeneti tárolóba. Ezután folytatható a darus pakolás.

A nem megfelelő nedvesség tartalmú bálákat a nehézzgéppel visszahelyezzük a teherautóra és egy harmadik mérés következik a visszáru súlyával.

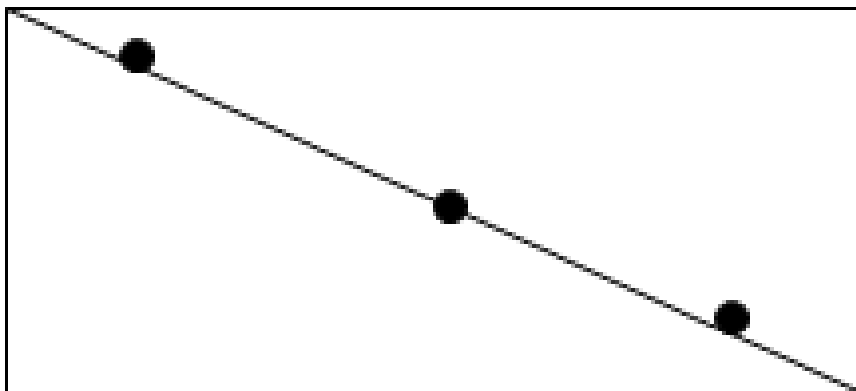
Mind a nedvességmérő szoftver, mind a mérleg szoftvere összeköttetésben van a vállalatirányítási szoftverrel (ERP), ezáltal azonnali regisztráció elvégezhető bálánként eltárolva a súly és a nedvességtartalom adatokat.

3. ábra: Infrakapus mérőrendszer sematikus ábra



Forrás: Szerzői szerkesztés (2021)

4. ábra: Mérési pontok kézi nedvességmérés esetén



Forrás: Szerzői szerkesztés (2021)

**A darurendszer és működése.** Tekintettel arra, hogy elég rövid az idő, amíg a darunak le kell pakolni és be kell járnia a nagy bálátároló területet, ezért két daru telepítése szükséges. A két daru két darab 2x3 bála egység egyidejű megfogására alkalmas. Ezáltal lehetőség van arra, hogy egyszerre egy daru tüzelőanyagot fogad és tárol a raktárba, a másik pedig bálakocsizót rakodik. Ennek ellenére egy daru meghibásodása esetén mindkét funkciót el kell végezni egy daruval. A két darut tartalmazó konstrukció miatt természetesen mérlegből is kettő kell, ami a redundancia miatt egyébként is javasolt.

A daru méretezésénél figyelembe veendő paraméterek:

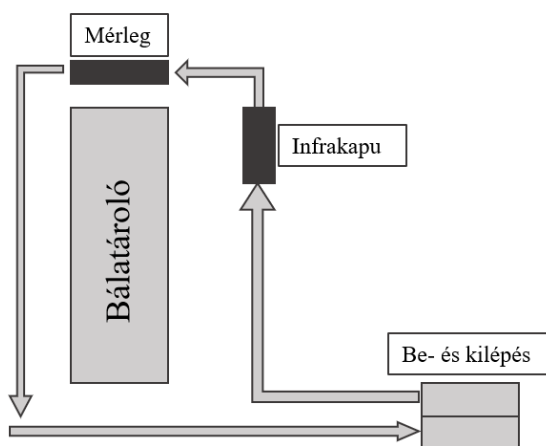
- Daru méretezésnél a hasznos teher irányszáma: 4t.
- Kocsizó rakodás maximális darabszáma: 23,2 bála/h / 6 bála/rakomány / 3,8 rakomány/h.
- Legnagyobb bejárési úthossz kocsizó rakodása esetén: 135m (ebben az esetben a tárolószín végéből történik a rakodás)
- Tüzelőanyag fogadás darabszáma csúcsidőben: 1 kamion/0,5h, amely 36 bála/h, amely 6 rakat bála/h.
- Tüzelőanyag fogadás legnagyobb bejárési úthossza: 121m (a leghátsó sor rakodását figyelembe véve).

A darurendszer a rakodást és a kiszolgálást automatikusan végzi program szerint. Ezáltal pontosan ismert az adott helyre lerakott bálák beszállítási ideje, így a FIFO elv az elfogadható tűréssel (rakatok kialakítása) maradéktalanul teljesülni tud. A daru memóriájában az adott helyre lepakolt bálák átlagos nedvességtartalma és súlya is el van tárolva. Kiegészítésképpen a darut el lehet látni súlymérési és nedvességmérési lehetőséggel, így a felhasználás nyomonkövetésénél és a kazán energiafajlagosainak számításánál fontos és pontos információk állnak majd rendelkezésre.

**Forgalom.** A hatékony folyamatokhoz a teherautók mozgását is meg kell tervezni. Mivel nagy számú autó érkezik a létesítményhez, javasolt az egyirányú, körkörös forgalmi rend felállítása. Ezt az 5. ábra szemlélteti.

A belépési pont és az infrakapu közötti útszakasz hosszát úgy kell kialakítani, hogy a folyamatban lévő mérés és lepakolás ideje alatt beléptetett teherautók az infrakapuhoz vezető forgalmisávban várakozni tudjanak.

#### 5. ábra: Forgalmi irány és állomások célhelyi leágazások nélkül



Forrás: Szerzői szerkesztés (2021)

#### 4. Következtetések

Elmondható, hogy a környezetvédelmi szempontból preferált biomassza tüzelésű hőtermelő egységek üzemeltetése komoly logisztikai háttérrel igényelnek mivel a



szilárd tüzelőanyag mozgatása önmagában körülményes, ráadásul ezt még minősítő és átvételi rendszerrel is kombinálni kell. A fentiekben egy konkrét példán keresztül bemutattunk egy olyan rendszert, ami képes nagy méretű ipari vagy akár távhőszolgáltató kazánok biomassza tüzelőanyaggal való ellátására. Megállapítható, hogy ilyen rendszerek csakis jól automatizált mérő és anyagmozgató berendezésekkel felszerelve tudnak megfelelni a nagy mértékű felhasználás okozta elvárásoknak. A rendszer kritikus elemei a nedvességmérő kapu és a programozható darurendszer, ahol tüzelőanyag egységenként információkkal tudunk dolgozni, ezekkel a mérési adatokkal megteremtjük az alapjait az üzemeltetés során fellépő hatékonyság maximalizálási törekvéseinknek is.

## Irodalomjegyzék

- Báladaru - 2x6 db bála megfogással <<https://www.konecranes.com/industries/waste-to-energy-and-biomass/waste-to-energy-and-biomass-cranes/strawbale-handling-cranes>> (2020.05.01.)
- Horváth, E. (2013): Mikrobiológia. Veszprém, Magyarország.
- Herkowiak, M., Adamski, M., Dworecki, Z., Waliszewska, B., Pilarski, K., Witaszek, K., Pietkutowska, M. (2018). Analysis of the possibility of obtaining thermal energy from combustions of selected cereal straw species. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. <[https://www.researchgate.net/profile/Gniewko-Niedbala/publication/330083117\\_ANALYSIS\\_OF\\_THE\\_POSSIBILITY\\_OF\\_OBTAINING\\_THERMAL\\_ENERGY\\_FROM\\_COMBUSTION\\_OF\\_SELECTED\\_CEREAL\\_STRAW\\_SPECIES/links/5c2c9645299bf12be3a7707c/ANALYSIS-OF-THE-POSSIBILITY-OF-OBTAINING-THERMAL-ENERGY-FROM-COMBUSTION-OF-SELECTED-CEREAL-STRAW-SPECIES.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gniewko-Niedbala/publication/330083117_ANALYSIS_OF_THE_POSSIBILITY_OF_OBTAINING_THERMAL_ENERGY_FROM_COMBUSTION_OF_SELECTED_CEREAL_STRAW_SPECIES/links/5c2c9645299bf12be3a7707c/ANALYSIS-OF-THE-POSSIBILITY-OF-OBTAINING-THERMAL-ENERGY-FROM-COMBUSTION-OF-SELECTED-CEREAL-STRAW-SPECIES.pdf)> (2021.03.24.)
- Kis K. (2007): A biomassza energetikai hasznosításának helye és szerepe a vidékgazdaságban. *Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle*, 2 (1): 55–61.
- Kis K. (2012): A vidéki erőforrások helyzete és szerepe a Hódmezővásárhelyi kistérség gazdaságában. Doktori (PhD) értekezés. DE IK GSZDI, Debrecen.
- Koppejan, J., van Loo, S. (2008): *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing*. Cippenham, UK: Earthscan.
- Sarusi-Kiss J. (2012): Biomassza tüzelés a gyakorlatban – különös tekintettel az engedélyezési eljárásra. <<https://agraragazat.hu/hir/biomassza-tuzeles-a-gyakorlatban-kulonos-tekitettel-az-engedelyezesi-eljarasra/>> (2021.04.06.)
- Tóvári P., Körmendi P. (2014): Biomassza tüzeléstechnikai alkalmazásának lehetőségei <<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2010/05/gepesites/biomassza-tuzelestechikai-alkalmazasanak-lehetosegei>> (2021.03.24.)
- Zsótér B., Illés S., Simonyi P. (2020): Model of Local Economic Development in Hungarian Countryside. *European Countryside*, 12 (1): 85–98.
- Zsótér B. (2016): *Gazdasági-, társadalmi- és infrastrukturális változások egy település életében*. Mezőhegyes Város Önkormányzata, Mezőhegyes.