

# **SZAKDOLGOZAT**

**Hallgató neve: Hajmásy Gyula**

**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Gödöllői Campus**

**Környezettudományi Intézet**

**Talajtani tanszék**

**Precíziós mezőgazdasági szakmérnök szakirányú  
továbbképzési szak**

**BETAKARÍTÓGÉPEK PRECÍZIÓS ADATGYŰJTŐ  
RENDSZEREI**

**Belső konzulens:** Bártfai Zoltán

Tanszékvezető, egyetemi docens

**Belső konzulens**

**intézete/tanszéke:** Műszaki Intézet

Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

**Külső konzulens:** Bellai Tamás

Kereskedelmet támogató mérnök

**Készítette:** Hajmásy Gyula

**Gödöllő**

**2023**

## Tartalomjegyzék

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Bevezetés.....                                                                                                         | 5  |
| 2. Irodalmi áttekintés.....                                                                                               | 7  |
| 2.1. Hozammérő berendezések.....                                                                                          | 7  |
| 2.2. Nedvességmérők.....                                                                                                  | 11 |
| 2.2.1. Kapacitás mérés elvén működő nedvesség érzékelők.....                                                              | 11 |
| 2.2.2. Közeli infravörös (NIR) elven működő nedvesség érzékelők.....                                                      | 13 |
| 2.2.3. Rádiófrekvenciás (RF) érzékelők.....                                                                               | 14 |
| 2.2.4. Mikrohullámú nedvesség érzékelők.....                                                                              | 14 |
| 2.2.5. Vezetőkéesség alapján mérő nedvesség érzékelők.....                                                                | 14 |
| 2.2.6. Nedvességmérő szenzorok felépítése.....                                                                            | 15 |
| 2.3. Termény minőségi paramétereinek, elemi összetételének vizsgálata.....                                                | 15 |
| 2.4. A hozammérő, nedvességmérő berendezés és beltartalom<br>elemző egység elhelyezése az önjáró arató-cséplőgépeken..... | 18 |
| 2.5. A hozammérő, szárazanyag és beltartalom mérő egység elhelyezése<br>az önjáró szecskázókon.....                       | 22 |
| 3. Arató-cséplőgépeken és önjáró szecskázón alkalmazott<br>precíziós adatgyűjtés pontossága.....                          | 25 |
| 3.1. Hozammérés pontosságát befolyásoló tényezők.....                                                                     | 25 |
| 3.1.1. Hozammérő egység kialakítása.....                                                                                  | 25 |
| 3.1.2. Hozammérő egység kalibrációja arató-cséplőgépeknél.....                                                            | 28 |
| 3.1.3. Hozammérő egység kalibrációja önjáró szecskázóknál.....                                                            | 31 |
| 3.2. Betakarított terület mérése.....                                                                                     | 31 |
| 3.3. A nedvességmérés pontossága.....                                                                                     | 33 |
| 3.4. NIR szenzor alaphelyzet beállítása, kalibrációs állományok betöltése.....                                            | 34 |
| 3.5. Betakarítási adatok georeferált rögzítése, dokumentáció.....                                                         | 34 |
| 4. Az automatizálás lehetőségei a betakarítás dokumentációs rendszerében.....                                             | 37 |
| 4.1. Jellemző hibák és megoldások a hozamkalibráció végrehajtásánál.....                                                  | 37 |
| 4.2. Automatikus hozamkalibrációs rendszer – John Deere Active Yield.....                                                 | 38 |
| 4.3. Precíziós súlymérő és kalibráció segítő rendszerek.....                                                              | 43 |

|      |                                                                                                                         |    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4. | Automatikus átfedés szabályozás – amikor kettő, vagy több gép dolgozik együtt, egy táblán belül (John Deere IFDS) ..... | 44 |
| 4.5. | Pontosított nedvességmérés – NIR érzékelő segítségével (kombájn Grain Sensing rendszer) .....                           | 46 |
| 4.6. | További fejlesztési lehetőségek a betakarítási dokumentáció és a gépek működésének automatizálásába.....                | 47 |
| 5.   | Összefoglalás.....                                                                                                      | 49 |
| 6.   | Abstract (tartalmi kivonat).....                                                                                        | 51 |
| 7.   | Irodalom jegyzék.....                                                                                                   | 52 |
| 8.   | Ábra jegyzék.....                                                                                                       | 54 |
| 9.   | Mellékletek.....                                                                                                        | 58 |
| 9.1. | John Deere S700 kombájn anyagáram érzékelő + kalibráció – minta rögzítése, három különböző anyagáramlás szinten.....    | 58 |
| 9.2. | Active Yield – automatikus hozamkalibráló rendszer - GS4 menüoldala.....                                                | 59 |
| 9.3. | J&M automatikus súlyalapú termény átrakás és dokumentációs rendszer + iFarm applikáció.....                             | 60 |
| 9.4. | John Deere S700 kombájn kapacitív nedvesség érzékelő + NIR szenzor .....                                                | 60 |
| 9.5. | IFDT – Táblán belüli adatmegosztás - beállítási menüoldal.....                                                          | 61 |
| 9.6. | Automatikus D-GPS alapú átfedés szabályozás – Hozamtérkép (kukorica)...                                                 | 61 |
| 10.  | Nyilatkozatok.....                                                                                                      | 62 |

## 1. Bevezetés

A betakarítás a szántóföldi növénytermesztési folyamatot lezáró, egyben legfontosabb eleme, hiszen a termelési ciklus eredménye itt realizálódik. Az aratás mindig kiemelt fontosságú volt a földművelő ember számára. A mai modern gazdálkodásban, a precíziós betakarítás során gyűjtött adatok, a learatott termés és a betakarítási folyamat mennyiségi és minőségi jellemzői, egyrészt visszajelzik a megelőző helyspecifikus beavatkozások eredményességét, másrészt biztosítják a további elemzésekhez, döntési folyamatok végrehajtásához szükséges kiindulási adatokat.

A betakarítási munkaművelet, a gépre szerelt hozammérő és azt kiegészítő rendszerek segítségével lehetővé teszi az egyes táblák, táblán belüli eltéréseinek felmérését. Történetileg a gabonakombájnokon jelentek meg először, még az 1990-es évek elején azok a nedvesség és hozammérő berendezések, amelyek képesek voltak a folyamatos, a GPS alapú helymeghatározáshoz rögzített, termés mennyiségi és minőségi paraméterek (lásd szemnedvesség) mérésére. Ezek az elkészült első hozam térképek, a több éven keresztüli adatgyűjtés eredményeként, ha nem is voltak alkalmasak az azonnali precíziós gazdálkodás elkezdésére, de jól mutatták a táblán belüli eltéréseket, ezzel felhívták a figyelmet arra, hogy egy adott termelési egység, tábla vagy parcella teljes területét célszerű kisebb, hasonló adottságú részekre bontani, lehatárolni, majd elkülönítve kezelni. A gazdálkodó ember már korábban is felismerte a területek különböző adottságú részeinek eltéréseit, ezeket fel is használta később, például a szervesztrágya kiszórásánál, vagy a vetésnél eltérő adagokat alkalmazott, vagy más növényt vetett az adott területrésze (a kézi munkavégzéssel ezt egyszerűen megtehetette), mindezt a betakarításnál szerzett egyéni tapasztalatai alapján végezte.

A betakarítógépeken alkalmazott termés tulajdonság mérő szenzorok különböző elveken működnek, azok mérési pontossága változó, ami függ elsősorban a betakarított terménytől, a termés tulajdonságaitól, a mérőberendezés kialakításától és az adatgyűjtés körülményeitől.

Az arató-cséplőgépek, és az önjáró szecskázók, mint a magyar termelési gyakorlatban legelterjedtebb önjáró betakarítógépek, különböző termények betakarítására alkalmasak. A gabonakombájn használható kalászos gabona, kukorica, napraforgó, szója betakarítására, a silózó gépekkel pedig lehet szálasanyagot, zöldtakarmányt, silókukoricát, vagy cirkot is

szecskázni. A különböző termények, azok fizikai tulajdonságától, érettségi és nedvességi állapotától függően más-más mérőműszer kialakítást követelnek meg. A jó adatgyűjtő rendszer alkalmas ezeknek a változó termény tulajdonságoknak megfelelni, a méréshatára megfelel a termény betakarításkori tulajdonságainak, nem tömődik, vagy szennyeződik el gyorsan, vagy ha mégis, automatikusan figyelmeztet a tisztítás, karbantartás, hibaelhárítás szükségességére.

A nagyobb táblákon egy időben több gép is dolgozhat, ezek adatait össze lehet fűzni, össze kell kapcsolni ahhoz, hogy használható, a területre jellemző információt kapjunk.

A betakarítás közbeni folyamatos termény analízishez használt mérőberendezés mérési pontossága függ annak alapszint beállításától, kalibrációjától, ami legtöbbször gépkezelői vagy külső szolgáltatói feladat, de a gyakorlatban már elérhető ennek az automatizálása is.

A szakdolgozat célja, hogy feldolgozza a gabonakombájnok és silózógépek precíziós fedélzeti adatgyűjtő rendszereivel kapcsolatos technikai kérdéseket. Olyan rendszereket célszerű használni, amelyek biztosítják, hogy a területről betakarított termény megfelelő pontosságú, mennyiségi és minőségi paraméterinek meghatározásával, és azok helyspecifikus rögzítésével olyan többéves adatokra támaszkodó, megbízható adatbázis jöheszen létre, ami fontos eleme lehet a táblán belüli differenciált, zónaszintű gazdálkodásnak (Vértesy, 2023).

Hogyan valósul meg a jelen idejű, helyspecifikus adatgyűjtés, milyen a terményről gyűjtött adatok pontossága? Hol tart most és milyen fejlesztési lehetőségei és korlátjai vannak a precíziós fedélzeti adatgyűjtésnek, miben segít az automatizálás?

A dolgozat elsősorban a hozamméréssel, hozamtérkép készítéssel kapcsolatos elemeket emeli ki az arató-cséplőgépek és a szecskázók tekintetében.

A kitűzött feladat megoldásához a KITE Zrt. által Magyarországon forgalmazott John Deere gyártmányú gépeken alkalmazott rendszerek gyakorlati használatának eredményeit, tapasztalatait és gyártói információit használok fel. A precíziós gazdálkodás eszközrendszere ezeknél a gyártmányoknál akár utólag is beépíthető az alapfelszereltséggel bíró gépekbe. A gyári automata kormányzás, hozam- és nedvességmérő egység kompatibilis minden 2004 után gyártott John Deere kombájnnal vagy önjáró szecskázóval. A különböző pontossággal használható műholdvevő antennák és a fülkébe telepíthető monitorok, valamint külső részegységek biztosítják a kormányzást, a hozammérést, a hozamtérképezést és a több más helyspecifikus rendszer működését.

## 2. Irodalmi áttekintés

Ahogy az a bevezetésben említésre került, a precíziós gazdálkodásban alkalmazott mérőberendezések gyakorlati felhasználása a 1990 években kezdődött az arató-cséplőgépeken megjelenő hozammérő és nedvességmérő egységekkel.



1.ábra: Betakarítás a precíziós gazdálkodási rendszerben (forrás: pgr.hu, 2022)

### 2.1. Hozammérő berendezések

A hozammérők az egységnyi idő alatt magtartályba jutó termény mennyiségét **M<sub>f</sub>**(kg/s) (anyagáramot) mérik, ezt a paramétert összevetve a gép haladási sebességével **v**(km/h) és vágási- (munka-) szélességével **B**(m) határozható meg az egységnyi területre (hektár) eső betakarított termésmennyiség (tonna), azaz a hozam **Y**(t/ha) mértéke.

$$Y = \frac{36 \cdot M_f}{v \cdot B}$$

Y: hozam (t/ha)

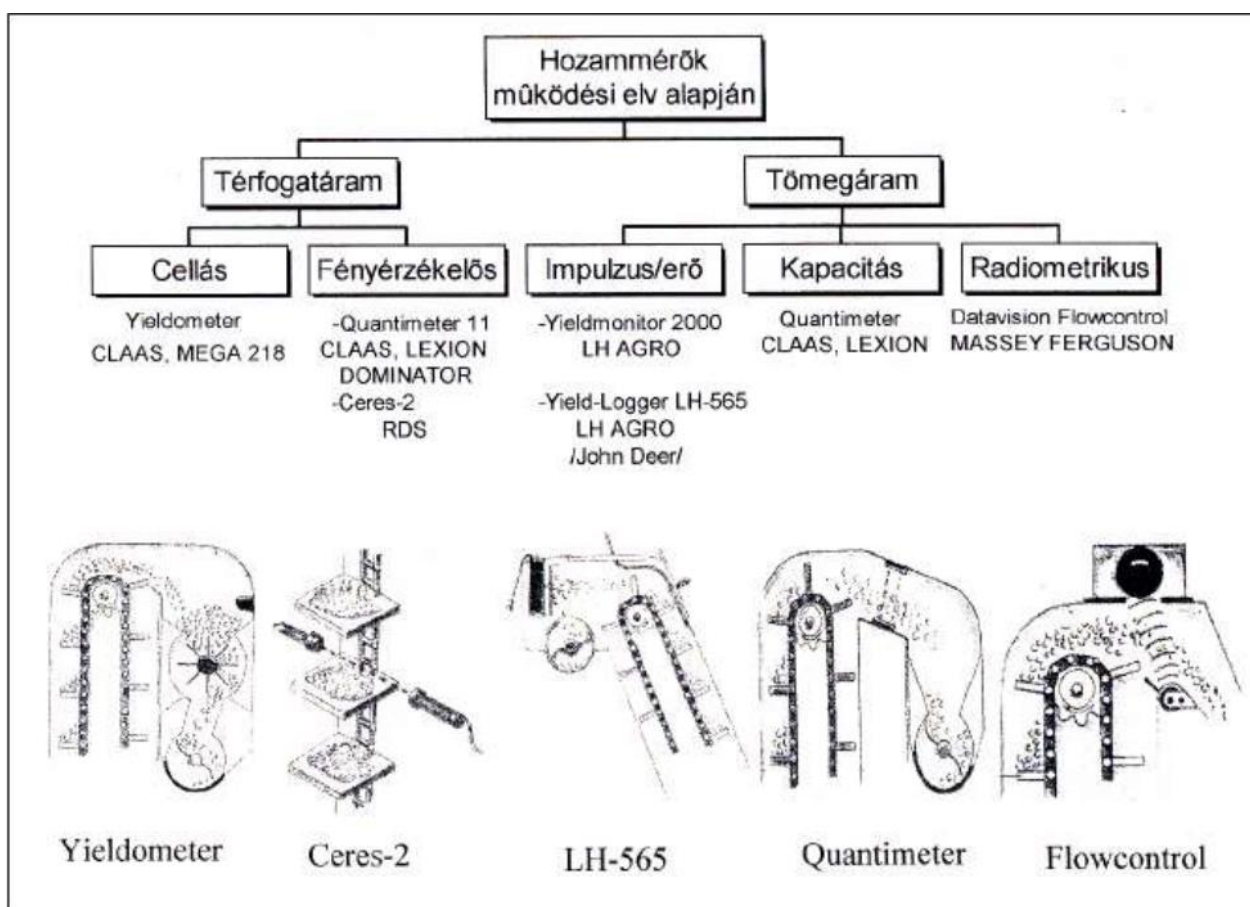
M<sub>f</sub>: terményáram (kg/s)

v: sebesség (km/h)

B: munkaszélesség (m)

A gabonakombájnon alkalmazott folyamatos működési rendszerű hozammérők elsősorban működési elvük alapján csoportosíthatók, vannak térfogatáram, illetve tömegáram mérés alapján működő berendezések.

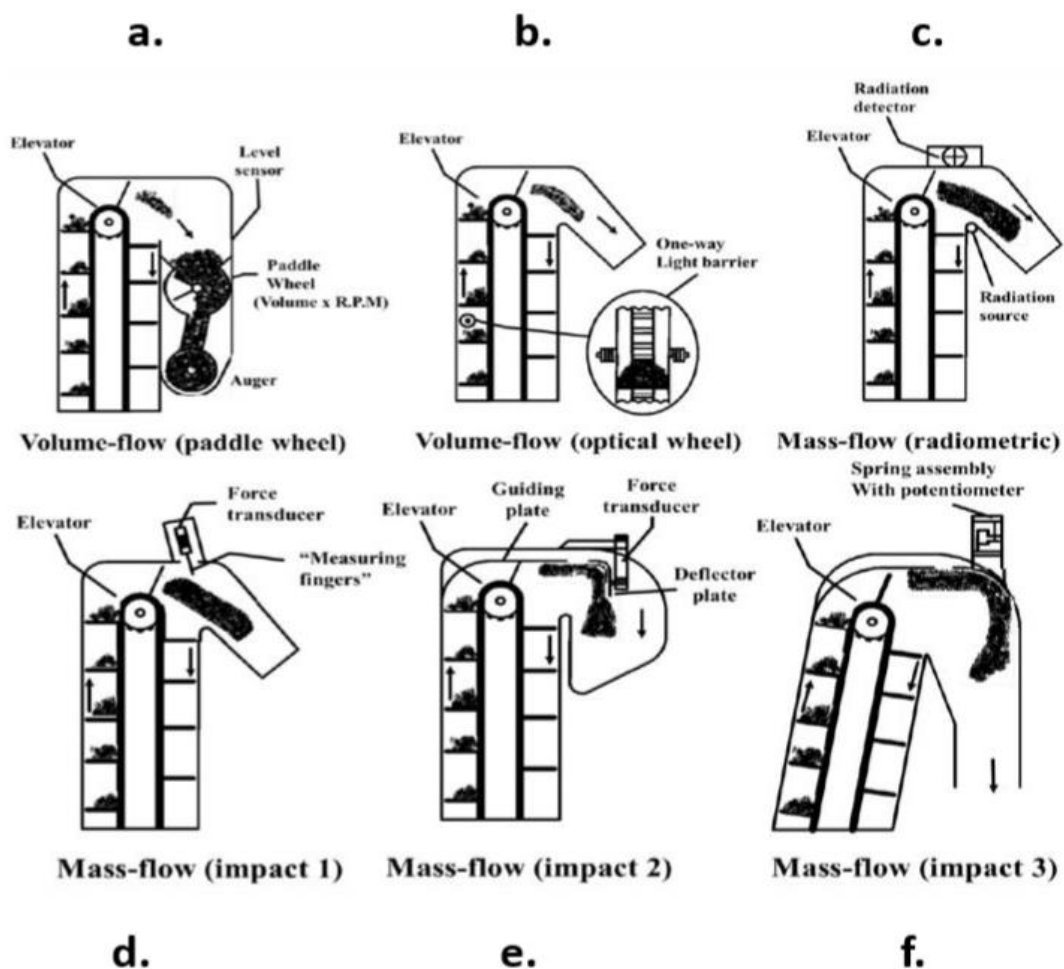
A térfogatáram alapú mérőberendezésekhez tartozik a cellás és a fényérzékelő rendszerű, míg a tömegáram mérés elvén működők lehetnek impulzus (erőmérő), kapacitás mérő vagy radiometrikus mérőberendezések (Kauszer, 2018). A hozammérők kialakításuk, felépítésük szerinti besorolása, felosztása a 2.sz. ábrán található.



2.ábra: Hozammérők működési elv alapján történő csoportosítása  
(forrás: Mesterházi Á., 2017)

A következő (3.sz.) ábrán a különböző kialakítású hozammérő berendezések láthatók, a felső sorban az (a. és b. jelű) a térfogatáram („volume-flow”) mérő rendszerű, míg az azt követők (c., d., e., f. jelzésű), a tömegáram („mass-flow”) mérés elvén működő egységek.

- Cellás kerék rendszerű: a cellatérfogat és a fordulatszám értékek alapján méri az átáramló termény térfogatát (Barocco et al., 2020)
- Optikai kapus rendszerű: a felhordó lapátok közti térfogat kitöltését egy optikai fénykapus szenzor ellenőrzi, ezt az elvet a kalászvisszahordó telítettség mérésére is használják
- Radiometrikus mérő: a magfelhordó tetején elhelyezett sugárforrás és sugármérő között átáramló anyagáram mennyisége arányos az érzékelt áthaladó gamma sugárzással
- Mérőujjas tömegáram mérő: a magfelhordó felső részén létrejövő anyagáramba elhelyezett, erőmérőre szerelt „mérőujj”-ra ható erőhatás nagysága arányos a tömegárammal (S. Blackmore, 2003)
- Ütközőlapos (im.2) tömegáram mérő: a magáramlás útjában elhelyezett erőmérőre szerelt ütközőlapra ható erőhatás arányos a bejövő tömegárammal (Auernhammer et al., 1993)
- Ütközőlapos (im.3) tömegáram mérő: az előző kialakításhoz hasonló elven működik, az eltérés az ütközőlap felfogatásában van, a rugalmas lemezre szerelt ütközőlap, az anyagáramból származó erőhatásra történő arányos elmozdulását egy potenciométer méri

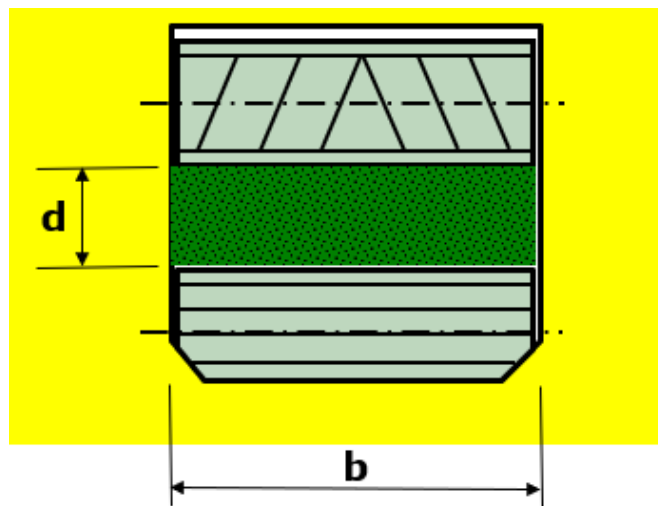


3.ábra: Hozammérők működési elv alapján történő felosztása (forrás: aspexit.com, 2020)

Az önjáró szecskázókhoz a kombájnoknál később kezdődött a hozam mérésének fejlesztése, kezdetben több mérési módszert is megpróbáltak alkalmazni, mint például a kifúvótoronynál elhelyezett erőmérőre szerelt ütközőlemez, vagy a torony keresztmetszetében működő gamma, radar, vagy röntgensugárzást felhasználó mérőszenzorok (Wild et al. 2014), azonban a gyakorlati megvalósítás szintjén, a sorozatgyártott gépek esetében elsősorban a felső behordóhengerek elmozdulásának, az etetési keresztmetszetnek a mérése terjedt el.

Ez a hozammérő kialakítás a szecskázódobhoz beérkező anyagáramnak a szecskázódob előtt, a behordóhengereknél mért keresztmetszete és az adagolási sebesség (előtolás) alapján számítja ki a gépen átáramló termés mennyiségét, a betakarítási tömegáramot.

A hozammennyiség meghatározására itt a behordóhengerek által határolt adagolási keresztmetszet mérése ad lehetőséget, a hozammérés a felső hengereknek az alsóhoz képesti, rugó elleni elmozdulásából indul ki. Ezt az elmozdulást méri a rendszer a megfelelő magasságérzékelő szenzor, vagy szenzorok jelét alapul véve, ebből kerül kiszámításra a térfogatáram, illetve a tömegáram értéke a következő ábra szerint.



$V$  (Térfogatáram,  $m^3/s$ ) =  $b$  (Csatorna szélesség, m) \*  $d$  (Hengerek távolsága, m) \*  $v$  (Adagolás sebessége, m/s)

$M$  (Anyagáram kg/ s) =  $V$  (Térfogatáram,  $m^3/s$ ) \*  $\rho$  (Fajsúly, kg/  $m^3$ )

4.ábra: Az önjáró szecskázó hozammérés elve (forrás: Hajmásy Gy., 2019)

## 2.2. Nedvesség mérők

A termény betakarításkori nedvességtartalmának ismerete nemcsak a precíziós gazdálkodás szempontjából (a száraz hozamérték pontosítása, illetve a nedvességtartalom területi eloszlása miatt) fontos, de befolyásolja a tárolást, az őrlhetőséget és a gabona általános minőségét is (Balogh M., 2010).

$$\% \text{ nedvességtartalom} = \mathbf{mv} \text{ (Eltávozott víz tömege)} / \mathbf{mn} \text{ (Nedves anyag tömege)} \times 100$$

$$\text{Eltávozott víz tömege } \mathbf{mv} = \mathbf{mn} \text{ (nedves anyag tömege)} - \mathbf{msz} \text{ (száraz anyag tömege)}$$

A gabona betakarításának optimalizálása és a gabona minőségének megőrzése érdekében a nedvességérzékelők a modern kombájnok elengedhetetlen részévé váltak. A magas nedvességtartalom befolyásolja a termény eltarthatóságot, elősegíti a káros gombásodást, míg a túl száraz gabona csökkentheti a hozamot és a szem károsodását segíti. A kombájnokban található nedvességérzékelők döntő szerepet játszanak abban, hogy a gazdálkodók megalapozott döntéseket hozhassanak már a betakarítás során, az optimális gabonaminőség biztosítása érdekében. Viszont rendszeres visszaellenőrzés, szenzor kalibráció szükséges ahhoz, hogy fentartsuk a megfelelő pontosságot.

A közvetlen nedvességtartalom mérés kategóriájába tartozik, az úgynevezett laboratóriumi vagy telephelyi gyorsnedvesség meghatározó mérlegek csoportja, amelyek infravörös vagy halogén hőforrást használnak a termények nedvességtartalmának gyors elpárologtatására, ezt a mérési elvet használjuk a kemencés, szárítószekrényes kiszárítás és súlymérés módszerénél is, telepi körülmények között (Brown – White, 2019).

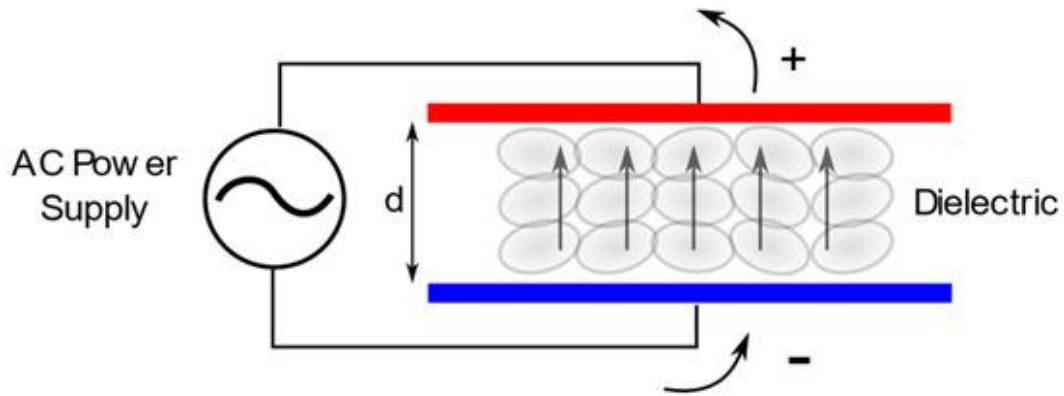
A gabonakombájnokon alkalmazott azonnali nedvességmérők indirekt mérési elven működnek és azok működési módjaik szerint lehetnek:

### 2.2.1. Kapacitás mérés elvén működő nedvesség érzékelők

Ezek a gyakorlatban legelterjedtebben alkalmazott nedvességmérők.

A gabona nedvességtartalmát vizsgálva a minta a kondenzátor lemezei közé kerül dielektrikumként, elektromos szigetelő anyagként. A mezőgazdasági termények, mint például a gabona dielektromos állandói a növekvő nedvességtartalommal arányosan

nőnek. A kapacitásérzékelők az egyes érzékelő lemezek közötti elektromos kapacitást mérik, amely a mérőcellák közötti termény nedvességtartalmának függvényében változik (Gillay, 2010). Azonban a megfelelő működéshez ki kell választani az érzékelők célszerű geometriáját és a tápegység megfelelő frekvenciáját is.



5.ábra: Párhuzamos lemezes kondenzátor mérőcella, váltakozó áramú tápegységgel  
(forrás: O. Flor et al., 2022)

A kondenzátor elektromos töltést képes tartani vagy tárolni. A dielektrikumként a vezető lemezek között elhelyezkedő magok nedvességtartalma befolyásolja a kondenzátor viselkedését (5. ábra).

A következő egyenlet leírja a kapacitás változás arányát:

$$C = \frac{K * A}{4\pi d}$$

ahol **C** - a kapacitás (F), **K** - a dielektromos állandó, **A** - a felület (m<sup>2</sup>) és a **d** megfelel a lemezek közötti távolságnak (m).

Minél nagyobb a gabona dielektromos kapacitása, annál nagyobb a K dielektromos állandó, ezért több energiára van szükség a kondenzátor feltöltéséhez, ez alapján a termény nedvességtartalma meghatározható (Nelson, 1992; O. Flor et al., 2022).

A kapacitív mérési elven működő szenzort nemcsak a gabonakombájnyokon, de az önjáró szecskázókon is megtaláljuk, itt a kifúvótoronyba elhelyezett mérőberendezést használják a szecska szárazanyagtartalmának a meghatározására.

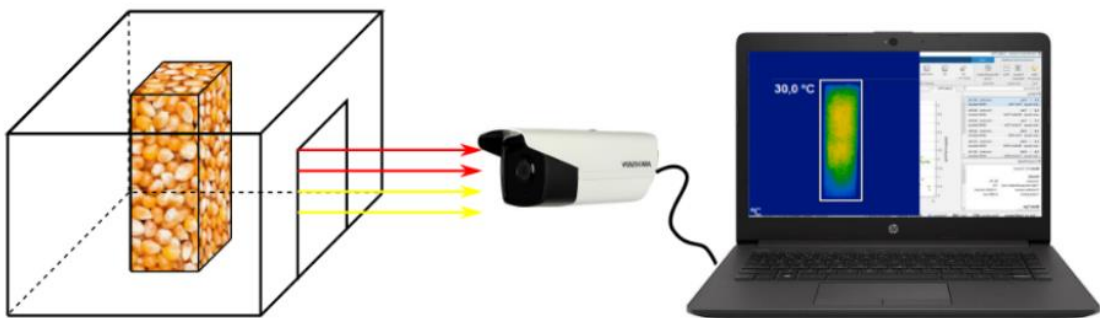
### 2.2.2. Közeli infravörös (NIR) elven működő nedvesség érzékelők

A NIR érzékelők a közeli infravörös fény elnyelését használják fel a termény nedvességtartalmának becslésére, illetve mérésére. A közeli infravörös mérési módszereket (közeli infravörös reflexió: NIR) elterjedten használják számos paraméter (nedvességtartalom, fehérje, szén, hamu, olajtartalom stb.) meghatározására. A mérési módszer elve az, hogy a különböző összetevők eltérő hullámhosszú infravörös sugárzást nyelnek el és vernek vissza.

Általában az egész szemek vizsgálatára alkalmas berendezések kalibrációja ismert mintasorozatokkal történik.

A NIR nedvességérzékelő alkalmas a szecska szárazanyagtartalmának a meghatározására is önjáró szecszkázókon.

Ezekről a rendszerekről részletesebben egy későbbi részben lesz szó.



6.ábra: NIR érzékelő vázlatos működési ábrája (forrás: O. Flor et al., 2022)

### 2.2.3. Rádiófrekvenciás (RF) érzékelők

Az RF érzékelők rádiófrekvenciás jeleket küldenek és fogadnak a gabonán keresztül, hogy felmérjék annak nedvességét. Az RF (rádiófrekvenciás) jeladás és vétel alkalmazásával működnek, az érzékelő először egy RF jeladást küld a gabona fele, az RF jel a gabonán keresztül halad, és közben az érzékelő figyeli a jel visszaverődését és az átvitt jel frekvenciájának változásait. A gabona nedvességtartalma határozza meg, hogy mennyire változik az RF jel frekvenciája és milyen a visszaverődött jel. Nedves gabona általában erősebben elnyeli az RF jelet, így ennek hatására a frekvencia megváltozik.

Az érzékelő feldolgozza a RF jel változásait, és ezek alapján meghatározza a gabona nedvességtartalmát.

#### **2.2.4. Mikrohullámú nedvesség érzékelők**

A mikrohullámú érzékelők mikrohullámú sugárzást (300 MHz - 300 GHz) használnak a nedvességtartalom mérésére (Nelson-Samir, 2004). A mikrohullámú dielektromos spektroszkópia (MDS) segítségével meg lehet mérni az egyes termények nedvességtartalmát, ez az eljárás a mintán áthaladó mikrohullám gyengülését és fázis változását veszi figyelembe a nedvességtartalom meghatározásához (Blakey-Morales-Partera, 2016).

#### **2.2.5. Vezetőképesség alapján mérő nedvesség érzékelők**

A vezetőképesség-érzékelők a szemes termény elektromos vezetőképessége alapján határozzák meg a nedvességtartalmat.

A mérési elvet, a nedvességtartalom és az elektromos vezetés közötti összefüggés alapján fejlesztették ki. A nedvességtartalmat a minták nedvességtartalma és dielektromos állandója alapján határozzák meg. Mivel az anyagok vezetése a víztartalom mellett egyéb tényezőktől is függ, a módszer csak akkor ad megfelelő pontosságú eredményt, ha az anyagok mérés alatti állapotának reprodukálhatósága biztosított (Kandala-Sundaram, 2009).

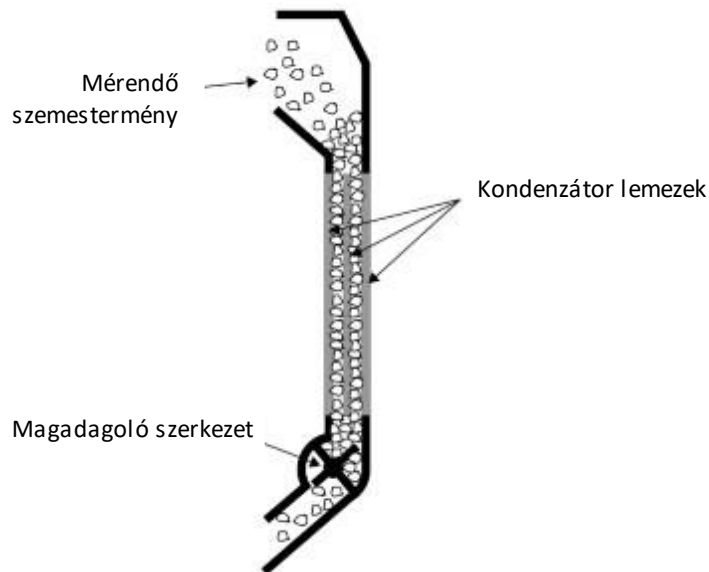
Ez a módszer lényegében az elektromos áramlással szembeni ellenállás méréséből áll, az áram a gabonán keresztül folyik, amely két fémelektroda között helyezkedik el. Az elektromos ellenállás gyorsan csökken, ahogy a gabona nedvességtartalma nő.

A mérőberendezésben elhelyezett párhuzamos lapok között mérhetjük a mintában az impedancia változását, amennyiben váltakozó áramú áramforrást használunk.

A mérhető vezetőképesség értéke, így a nedvességmérés pontossága a következő befolyásoló tényezőktől függ: a minta homogenitása, a minta elektrolit tartalma, a minta mennyisége, tömörítettsége, a minta hőmérséklete, illetve a mérés elektromos paraméterei (feszültség, frekvencia, áramsűrűség, elektródok felépítése).

### 2.2.6. Nedvességmérő szenzorok felépítése

A szemnedvességmérő érzékelő lemezeihez jutó mérendő terménymintát egy alul elhelyezett adagoló szerkezet engedi be a szenzor érintkezői közé és tartja ott a mérés időtartamára, majd juttatja vissza azt a terményáramba. Ennek a magadagoló szerkezetnek a kialakítása változatos: lehet adagoló cellás kerék (7.sz ábrán), adagoló csigatengely, vagy egy szakaszosan működő töltő/ürítő dugattyú.

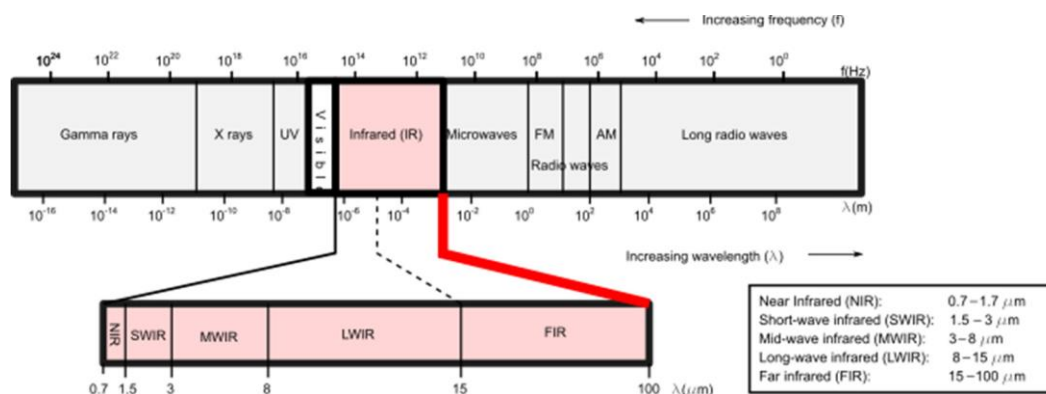


7.ábra: A megfelhordó-elevátorra szerelt nedvességmérő kialakítása (forrás: Shearer, 1999)

### 2.3. Termény minőségi paramétereinek, elemi összetételének vizsgálata

A betakarított termény belső tulajdonságai, beltartalmi paramétereit, anyag jellemzőit határozhatók meg ezzel a technológiával.

A széleskörűen elterjedt és hatékony NIR reflektancia elvén működő berendezésekkel a korábban bemutatott **nedvességtartalom** mellett a fehérjetartalom, továbbá a terménytől függően olajtartalom és keményítőtartalom is mérhető a szemesterményeknél, míg szecskázott takarmányban az előzőekben felsoroltakon túl, a rost (ADF, NDF), cukor, vagy ásványi anyag tartalom is meghatározható (Hajmásy, 2023).



8.ábra: Az elektromágneses (EM) spektrum, kiemelve az infravörös (IR) tartományt (forrás: Messina – Modica, 2020)

A NIR technológia (Near-InfraRed, azaz a közeli infravörös technológia) azt az elvet használja ki, hogy a közeli infravörös tartományban lévő fény bizonyos hullámhosszokon való abszorpciója és visszaverődése a mérendő mintában változik a termény tulajdonságainak (pl. nedvességtartalom, fehérje, olajtartalom) függvényében.

A NIR mögött meghúzódó mérési elv a szerves molekulák specifikus abszorpcióján alapul, a spektroszkópiai vizsgálatok során az EM sugárzás és a vizsgált anyag közötti kölcsönhatást vizsgáljuk (Csorba Á., 2017)

Ezt a technológiát spektrométerekkel vagy NIR szenzorokkal valósítják meg.

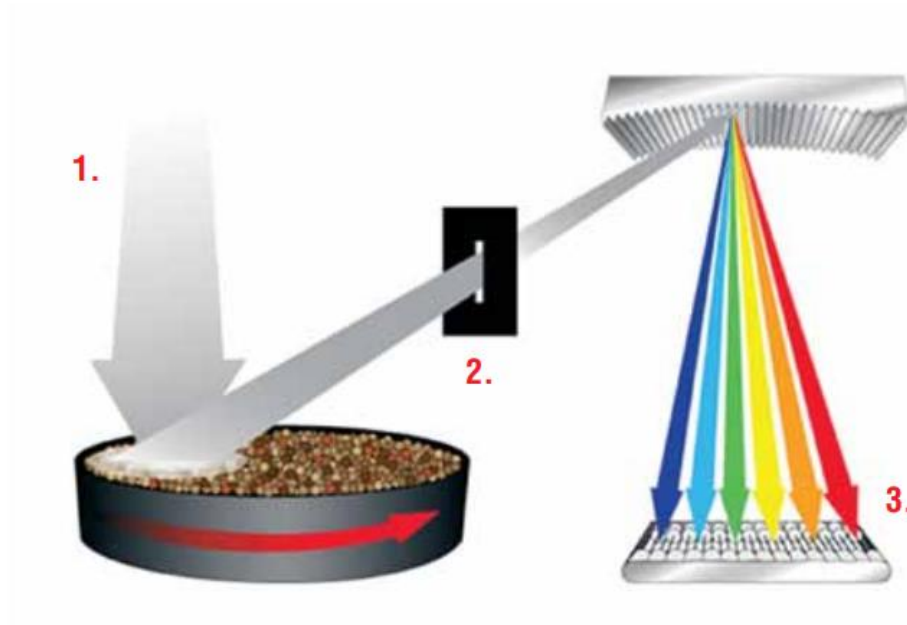
A berendezés általában tartalmaz egy fényforrást (1), ami fehér, vagy közeli infravörös tartományban lévő fényt bocsát ki.

A fény részben visszaverődik, részben pedig elnyelődik a gabonában (attól függően milyen a minta összetétele).

A visszavert fény egy álló rácsba (2) ütközik, amely különböző hullámhosszra választja szét a fényt. A visszavert vagy átjutó, illetve elnyelt fény intenzitását érzékelődetektorok észlelik (3), és mérésre kerül a fény abszorpciója a gabonában.

Az érzékelő további spektrális elemzéseket végez a közeli infravörös tartományban található spektrumon. Az abszorpciói és visszaverődései alapján a szenzor azonnali információt képes szolgáltatni a gabonaminta, vagy a szecskázott takarmány beltartalmi paramétereiről (Agvise Laboratories, 2022).

A szenzor méréseit előzetesen kalibrálják egy adatbázis alapján, amelyben ismert beltartalmi jellemzőkkel rendelkező mintákhoz tartozó NIR spektrumok vannak rögzítve. A kalibrálási modell segítségével a szenzor kiszámolja a gabonamintát aktuálisan jellemző paramétereket.

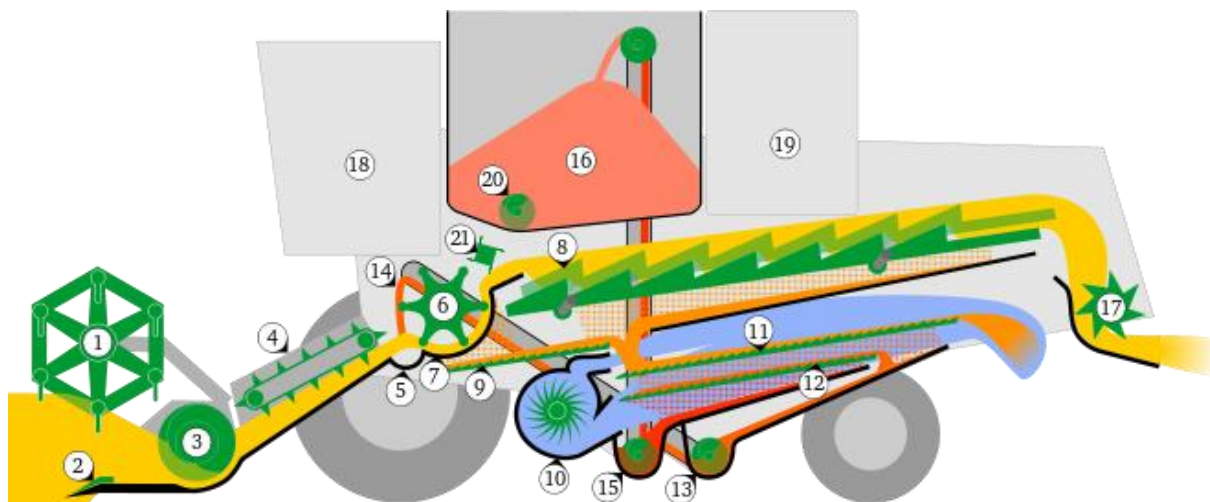


9.ábra: Gabonaminta vizsgálata NIR technológia segítségével

(forrás: Agvise Laboratories, 2022)

Ezt a mérési elvet, illetve mérőműszert használják az önjáró szecskázógépeken is szárazanyagtartalom és a korábban részletezett szecska beltartalmi összetevők vizsgálatára (ugyanaz a NIR szenzor felszerelhető a gabonakombájnra és az önjáró szecskázóra is, csak a felfogató és adagoló rész változik, illetve a kalibrációs adatbázis a géptípustól és a betakarított terménytől függően).

## 2.4. A hozammérő, nedvességmérő berendezés és beltartalom elemző egység elhelyezése az önjáró arató-cséplőgépeken



10.ábra: Hagyományos gabonakombájn felépítése és működő részei (forrás: wikipedia.org)

Az arató-cséplőgép működése, a 10.sz. ábrán található hagyományos gabonakombájn számozott részegységeinek segítségével könnyen végig követhető: Az önjáró gép a terménytől függő munkasebességgel történő haladása során a lábon álló terményt, az aratórészen (vágóasztalon) található kaszaszerkezet (2) vágja el a beállított vágási- (tarló- magasságban), miközben azt a motolla (1) megtámasztja és a középre hordó konzolcsiga elé/alá (3) alá tereli.

A ferdefelhordóban (4) az anyag a kőgyűjtő vályún (5) át a cséplőrészhez jut. A cséplődob (6) verőlécei a dob állítható sebességű forgása során a dobkosár (7) keresztlécei és hosszanti huzalozása segítségével kialakított cséplőnyílások segítségével megtörténik a cséplés, ennek intenzitása a dob kerülete sebessége mellett a cséplőrész (dobverőléc-dobkosár hézag) állítható nagyságától függ.

A cséplés, a mag elválasztása a termény magokat hordozó részétől, ami lehet a kalász, a becő, a tányér, a hüvely, vagy a cső, attól függően hogy kalászos gabona, káposztarepce, napraforgó, szója, vagy kukorica betakarítása történik (ez utóbbiak esetében speciális aratórészt, adaptert kapcsolunk a kombájnra, a hagyományos gabona vágóasztal helyére).

A cséplés mellett a magleválasztás is jelentős részben a cséplőszerkezetnél történik. A cséplődobot követő utóverő dob (21) további magleválasztást tesz lehetővé, illetve továbbítja

a szalmát és a benne lévő kicsévelt törek-mag keveréket a gravitációs elven működő szalmarázó ládákhoz (8), ahol befejeződik a magnak a szalmától történő szétválasztása, amit azok rázó mozgása során nem sikerül leválasztani, az szemveszteség formájában a tarlóra kerül.

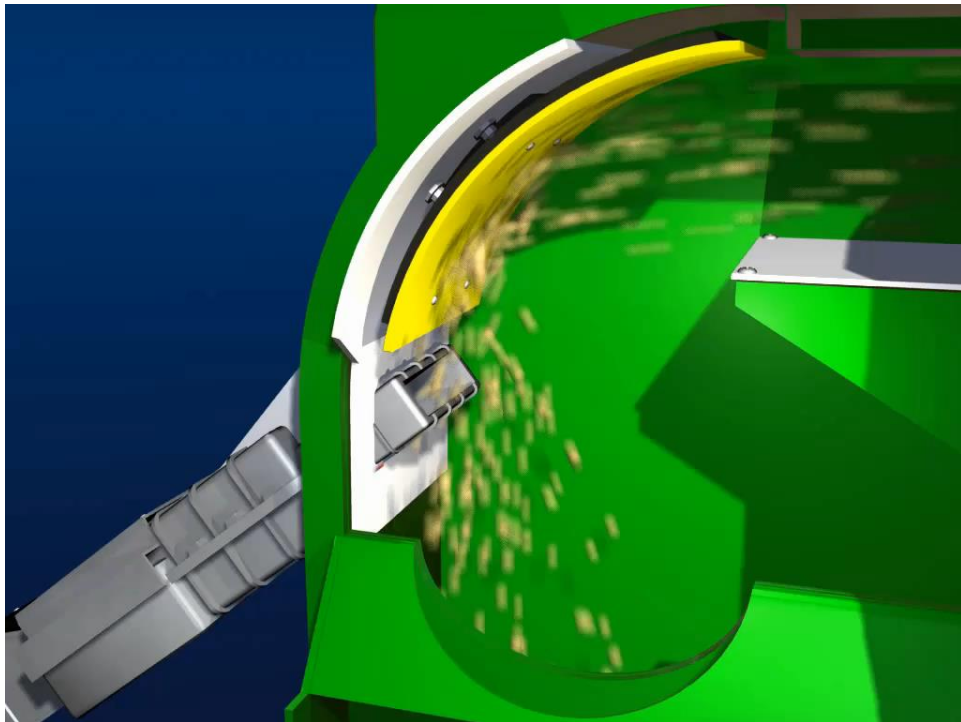
A szalmát, további művelet (mint például a széleskörűen elterjedt bálázás) céljára a gép mögé rendre rakjuk, vagy a szalmaszecskázó (17) segítségével aprítjuk és a vágóasztal szélességében a tarlóra terítjük.

A cséplőszerkezet alatti, lengő mozgást végző gyűjtő-továbbító asztal (9), vagy szállító csigasor, a kicsévelt mag-törek keveréket a tisztítórendszerhez továbbítja, ide kerül a szalmarázók által leválasztott mag-törek keverék is, azok fenéklemezén, illetve gyűjtőasztalán visszacsúsztatva a rostaszerkezet elejére.

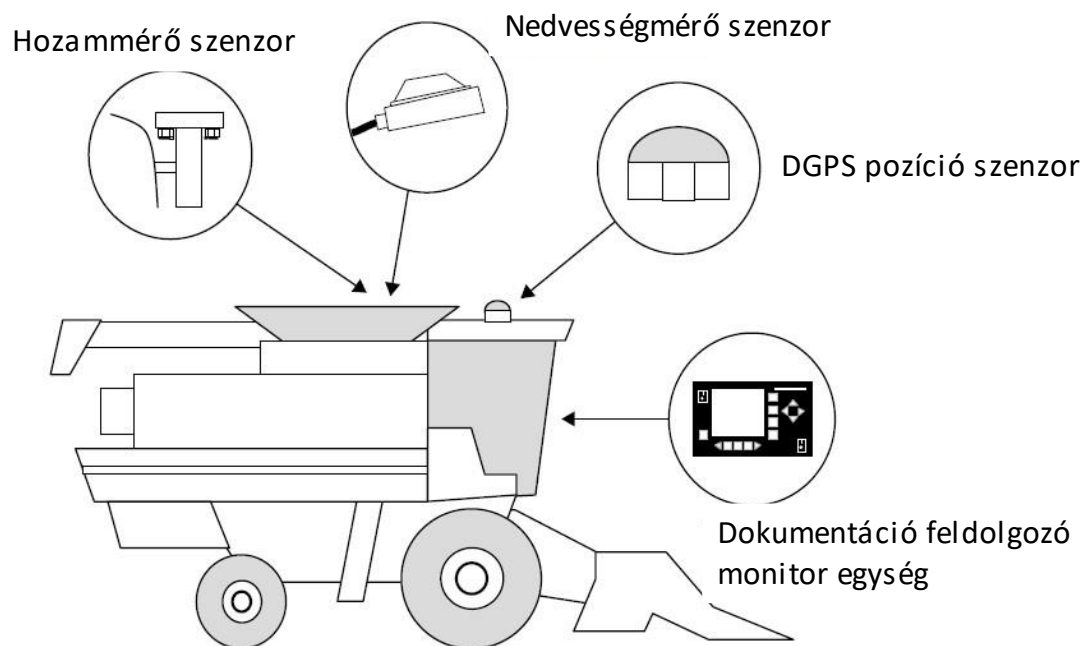
A termény tisztítását a felső (törekrosta-11) és az alsó (magrosta-12) végzi, azok állítható nyílású zsululemezeinek segítségével, miközben a rostaszerkezet alternáló mozgást végez, a tisztítási folyamat kiegészül a szelelő ventilátor (10) által keltett, változtatható intenzitású légárammal, ez egyrészt eltávolítja (kifújja) a könnyű szennyeződések, mint a por, másrészt megemeli az anyagáramot a rostákon, hogy a magtisztítás hatékonyságát növelje. A felső rosta nagyobb nyílásán átjutó, de az alsó rostán leválasztásra nem kerülő kalászdarabok, csépeletlen szemek a rosta végénél található kalász-visszahordó kihordó csigába (13) jutnak, ami utócséplésre visszahordja azokat a cséplőrészhez (14), vagy egy külön utócséplőhöz.

Az alsó rostán kiválasztásra kerülő tiszta mag a tisztamag kihordó csigán és a magfelhordón (15) keresztül a magtartályba (16) jut, ahonnan a kihordó/ürítőcsiga rendszer (20) a szállítójárműre juttatja (Bártfai-Bense-Kocsis, 2020).

A pontos hozammérésre a megfelhordó – lapátos magszállító elevátor, illetve a magtartály ad lehetőséget, az egyes hozam (terményáram) mérők, illetve kalibráló egységek is ide kerülnek elhelyezésre (Jóri J., 2019).



11.ábra: Hozammérő és nedvességmérő szenzor elhelyezése a magfelhordó-ház tetején  
(John Deere T670 kombájn, forrás: Hajmásy Gy., 2019)



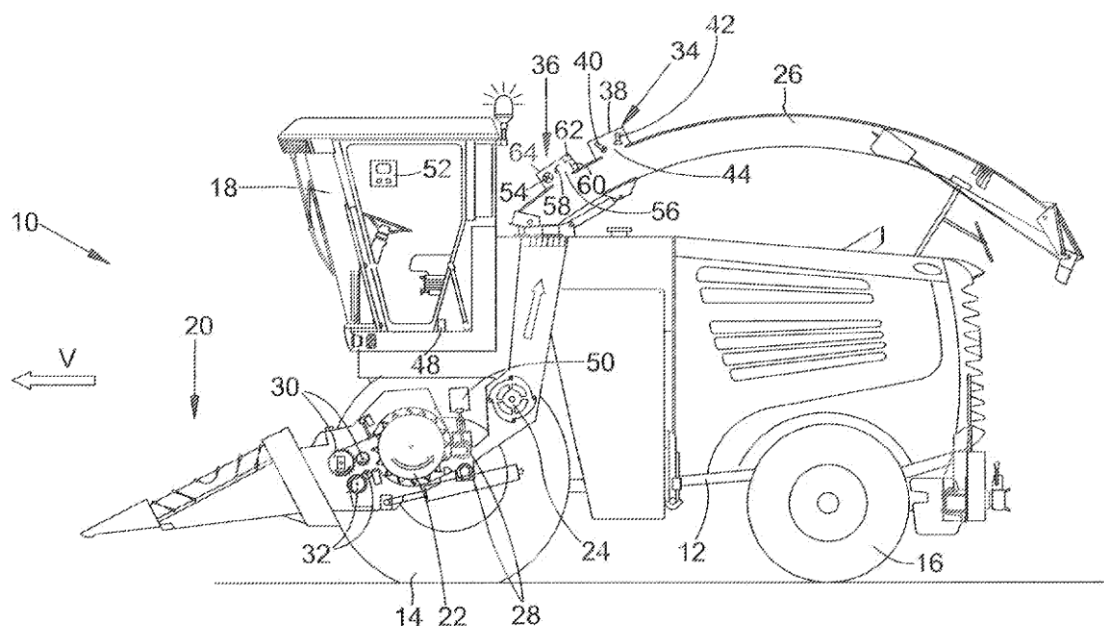
12.ábra: Hozammérő, nedvességmérő és dokumentációs modul elhelyezkedése gabona-kombájn (forrás: Shearer, 1999 – saját szerkesztés)

A magfelhordó oldalán, vagy a magtartály magtöltő csigánál található meg a különböző nedvességmérő berendezések, míg a beltartalmi paraméterek vizsgálatára szolgáló egység elhelyezésére szintén a magfelhordó alkalmas.



13.ábra: Nedvesség és beltartalmi minőségszenzor elhelyezése a magfelhordó alsó részén  
(John Deere S770 kombájn, forrás: deere.com, 2022)

## 2.5. A hozammérő, szárazanyag és beltartalom mérő egység elhelyezése az önjáró szecskázókon



14.ábra: Az önjáró szecskázógép felépítés (forrás: Kormann et al., 2012)

Az önjáró szecskázók működési leírása az előző ábra számozott részegységeit felhasználva a következő: Az önjáró gépre szerelt adapter (20) (ami lehet rendfelszedő, soros-, vagy sorfüggetlen kukorica/cirok vágóadapter, vagy kaszáló berendezés) felszedi az előre képzett zöld, vagy előfonnyasztott rendet, illetve elvágja a betakarítandó terményt és középre, a behordó hengerekhez tereli. A terményt a két, vagy három alsó henger (32) és a felette elhelyezett és rugóerő ellenében az anyagáram hatására fölfelé elmozduló két, illetve típustól függően három felső henger (30) fogja meg és a szecskahasszúságnak megfelelő (állítható) sebességgel a többkéses szecskázódobhoz (22) továbbítja, a szecskázódobon elhelyezett, élezett vágókések és az előtte található, keresztben elhelyezett állókés közt megtörténik a termény elvágása, egyenletes méretűre történő darabolása.

A szecskázódob kései a szecskát szükség szerint a szemroppantást végző hengerpáron keresztül (28), vagy közvetlenül a fúcsatornán át továbbítják a termény gyorsítóhoz (vagy másnéven kidobó ventilátorhoz - 24). Ez a többlapátos dob a szecskát a kifúvótoronyhoz (26) röpíti, ami azt megfelelően irányítva, kézi vagy automatikus toronymozgatással eljuttatja a szállító járműbe (Bártfai-Bense-Kocsis, 2020).

Az önjáró silózóknaál a sebesség növelésével lehet a gép terhelését, teljesítményét növelni, a szecskahosszúság a behordóhengerek fordulatszám változtatásával, míg a szemroppantás intenzitása a roppantó hengerek kezdő hézag értékének állításával változtatható.

A hozammérés alapjául szolgáló helyzetérzékelő potenciométer vagy potenciométerek a szecskázódob előtti behordóhengereknél találhatók, ahol a felső hengerek lineáris elmozdulását mérik.



15.ábra: Az önjáró szecskázó hozammérő szenzor elhelyezése (forrás: Hajmásy Gy., 2019)

A szecskázott takarmánynál használt termény szárazanyagtartalom és beltartalmi paraméterek mérésére szolgáló NIR szenzor célszerűen a kifúvó torony felső részén (34) kerül elhelyezésre.



16.ábra: Az önjáró szecskázó NIR szenzor elhelyezése (HarvestLab3000; forrás: kite.hu)

Ide van felszerelve, a toronynak a felső részén nyert elhelyezést, típustól függően a szárazanyag (nedvességtartalom) mérésére használatos kapacitív rendszerű mérőegység is.

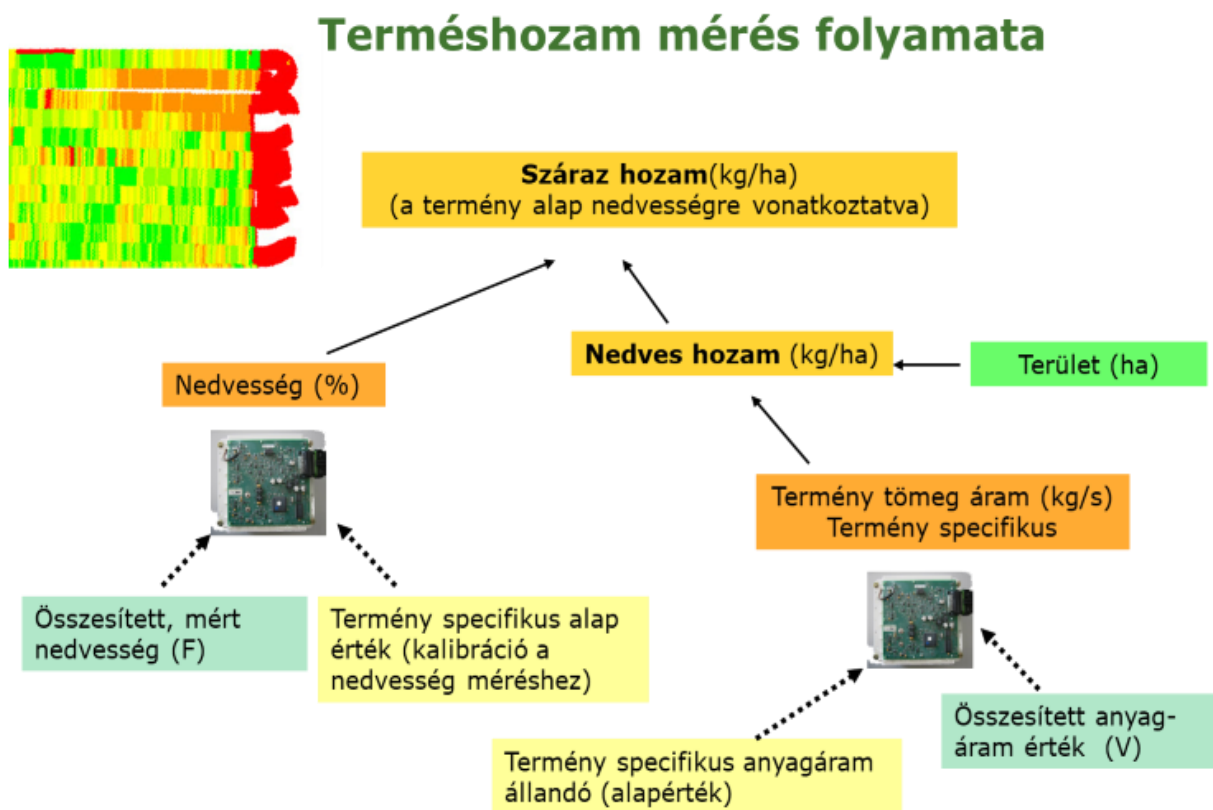


17.ábra: Silózógép Szárazanyag tartalom szenzor elhelyezése (Jaguár 800; forrás: claas.hu)

### 3. Arató-cséplőgépeken és önjáró szecskázón alkalmazott precíziós adatgyűjtés pontossága

#### 3.1. Hozammérés pontosságát befolyásoló tényezők

A következő ábra a menet közbeni termény hozammérés folyamatát szemlélteti, ennek egyes lépései külön-külön befolyásolják a hozammérés pontosságát. Az egyes folyamat elemek elemzésével lehet megtalálni az egyes mérést befolyásoló tényezőket, hogy a rögzített hozam pontossága elérje a precíziós növénytermesztéshez szükséges, elvárt szintet.



18.ábra: A hozammérés folyamata gabonakombájnnál (forrás: Hajmásy Gy., 2019)

#### 3.1.1. Hozammérő egység kialakítása

A hozamot, illetve az aktuális, adott időpillanatban a magtartályba jutó anyagáramot az arató-cséplő gépeken a magfelhordóra szerelt, az 2.1. fejezetben ismertetett, gyártónkként

különböző kialakítású hozammérő berendezés, szenzor méri. Ezek a hozammérő szenzorok különböző mérési pontosságot biztosítanak, ami több tényezőtől függ.

A térfogatáram mérés elvén működő érzékelők közül az optikai érzékelők terjedtek el, mivel ezek beépítése kevésbé gépspecifikus, elsősorban az utólag felszerelt hozammérő rendszerek esetén használják. Itt mindössze két furat szükséges a tisztamag felhordó magszállító oldalán, ahol az érzékelők egymással szemben elhelyezhetők, hogy az adó és a vevő egység lássa egymást.

A problémát ennél a rendszernél a mért térfogatáramból számított tömegáram meghatározása jelenti, ehhez ismerni kell a termény aktuális térfogat tömegét, ami csak többszöri visszaellenőrzéssel, rendszeres kalibrációval biztosítható. Az optikai szenzorok érzékenyek még az elszennyeződésre, amit okozhat a termény, talaj, gyommagvak is, hiszen a pontos mérés feltétele a tiszta érzékelő felület, ami jelentősen megnövelheti, a rendszeres kalibráció mellett a rendszer karbantartás igényét (Milics-Mesterházi 2014).



19.ábra: Optikai hozammérő szenzor felépítése (forrás: Trimble hozammérő; axial.hu)

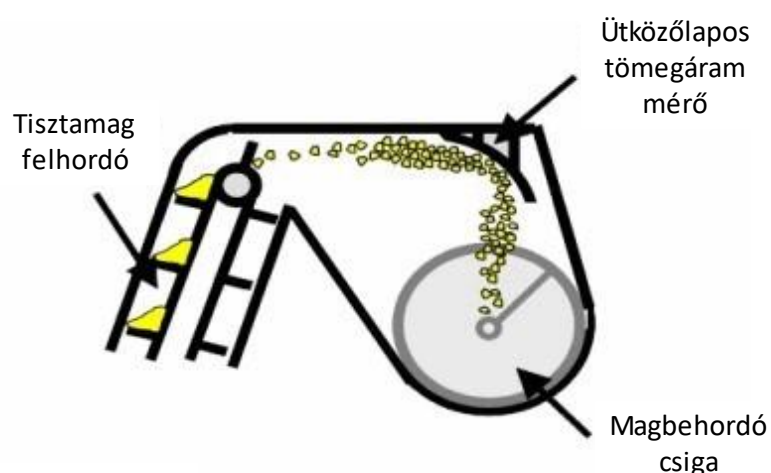
Napjaink gyakorlatában (2023) a meghatározó kombájngyártók az ütközőlapos rendszerű tömegáram mérőt használják. Ennél a tisztamag felhordó elevátor gumilapátjai szállítják a rostaszerkezet alatt található magkihordó csigától a terményt a felhordóház tetejéhez, ahol a lapátok közel egyenletes sebességgel a magfelhordó felső fordulási pontja közelében elhelyezett ütközőlapra dobják a gabonát. Az ütközőlap egy szenzorra van rögzítve, ami a terményáramnak az ütközőlapra gyakorolt nyomásából adódó erőhatást feszültséggé alakítja,

ezt a bemeneti jelet veszi alapul a hozammérő rendszer a tömegáram (kg/sec) aktuális értékének meghatározásához (Pennington 2016).

A megfelelő működés szempontjából fontos a felhordó felső részének a kialakítása, hogy a szemek a megfelelő irányból tudjanak az ütközőlapnak csapódni (Milics-Mesterházi 2014).

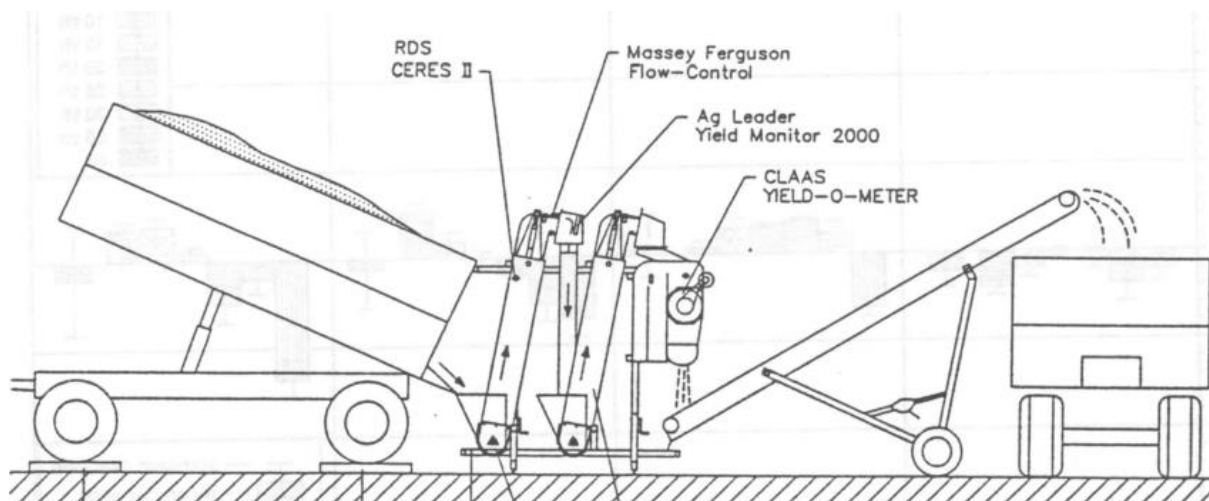
A hozammérő kialakítása és elhelyezése a magfelhordó elevátor-ház felső részében ezért gyártmány specifikus, a megfelelő működést a felhordó lapátok kinematikája, a termény irányítása az ütközőlaphoz és az ütközőlap geometriája, pozíciója biztosítja (Lee Seungkyu, 2020).

A hozammérés pontossága szempontjából meghatározó a magfelhordó elevátor meghajtó tengelyének fordulatszáma, az ezzel arányosan mozgó felhordó lapátok sebessége, ezért a hozammérő rendszerek ezt a paramétert is figyelembe veszik. A korszerű arató-cséplőgépeken alkalmazott isocronus motorvezérlés segítségével azonban ez a hiba jól kiküszöbölhető. Az isocronus vezérlés azt jelenti, hogy a cséplőszerkezet bekapcsolásával a motorvezérlő a kombájn motor fordulatszámát a névleges teljesítményszinthez tartozó névleges fordulatszámra állítja és a terhelés növekedésétől függetlenül a gép ezt a fordulatszámot tartja. Ez nemcsak a cséplő- és tisztítórendszer működését tartja a közel optimális szinten, de a magfelhordó állandó fordulatszámának segítségével a pontos hozammérést is elősegíti.



20.ábra: Ütközőlapos hozammérő szenzor (forrás: B. Nielsen, 2020)

Az egyes szenzorok mérési pontosságát üzemi és telepi körülmények között is vizsgálat alá vették a gyártók és a független szakmai és oktatási szervezetek, megállapítást nyert az egyes szenzor típusok lejtőre, szennyeződésre, egyenetlen anyagáramra vonatkozó érzékenysége (Auernhammer et al., 1993; Kormann, 1998).



21.ábra: Hozammérők összehasonlító vizsgálata (forrás: Kormann, 1998)

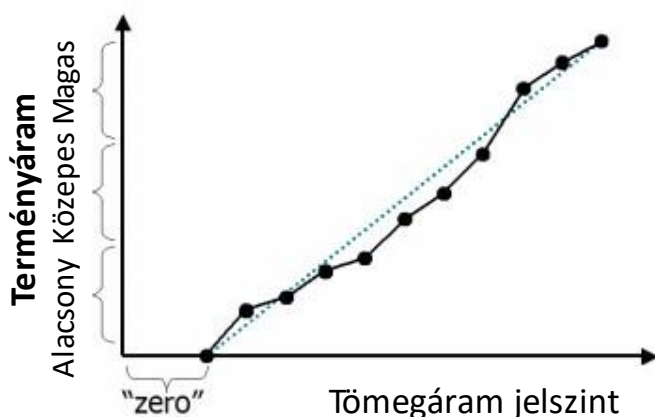
Ezen vizsgálatok eredményekén a kombájngyártók általánosan az ütközőlapos rendszert használják, illetve az egyes mérőeszközök pontossága folyamatosan fejlődik azáltal, hogy a mérést befolyásoló tényezők hatása a módosított mérőberendezések segítségével csökkentésre, vagy szoftveresen kompenzálásra került (Smith - Jones, 2020).

### 3.1.2. Hozammérő egység kalibrációja arató-cséplőgépeknél

A magfelhordón áthaladó terményáram nagysága arányos a szenzor által mért (többnyire feszültség) értékkel, azonban ez az összefüggés a magtartályba kerülő egységnyi idő alatt bejutó magmennyiséggel nem egyenesen arányos. Az összefüggést a kalibrációs görbe adja meg (17.sz. ábra), ahol látható, hogy a terményáram nagyságától függően a hozammérő jelszintje valamilyen nem lineáris görbe szerint változik. Ez az összefüggés a szenzor fizikai tulajdonságaitól és a betakarított terménytől és a betakarítási folyamat jellemző paraméteritől, a terményáram nagyságától és egyenletességétől is függ.

Az közepes (átlagos) terményáramhoz tartozó jelszint érték aránya eltér az alacsony és a magas anyagáramlás esetén jelentkező értéktől. Ezért a pontos hozammérés feltétele, hogy adott terményhez és betakarítási körülményekhez legyenek érvényes kalibrációk, amelyek terményenként különböző terhelési szinten (alacsony, átlagos és magas terhelés) mellett

üzemeltetett géppel készültek. A kalibrációs görbén látható, hogy az anyagáramlás nélküli állapothoz is tartozik egy alap jelszint (ez a „zero”, vagy 0 jelszint), ami a kombájn cséplőrendszer működéséből generálódik. Ennek a mérőrendszer által történő megfelelő figyelembevételéről az Anyagáram rezgés kalibráció gondoskodik, amikor a kombájn betakarítás nélkül, álló helyzetben, de bekapcsolt cséplő és vágószerkezettel, felkapcsolt adapterrel teljes üzemi fordulaton dolgozik (Casady- Pfost-Ellis, 1998). [9.2. melléklet: Előzetes anyagáram rezgéskalibráció menüoldal]



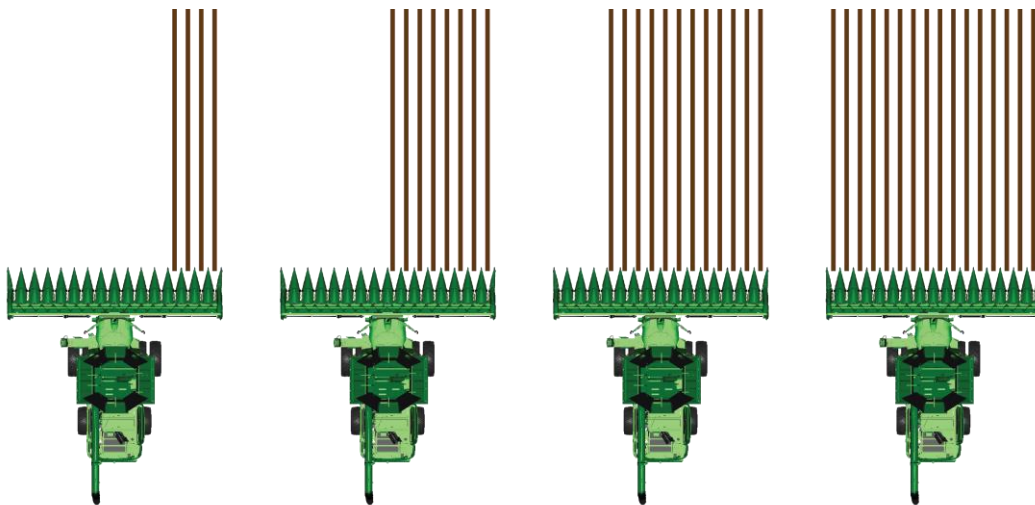
22.ábra: Nem lineáris kalibrációs görbe (forrás: Nielsen, 2020)

A hozammérő szenzor jele alapján számított tömegáram egy közelítő érték, ami csak utal a tényleges terményáram nagyságára, a pontos értékhez a rendszer kalibrációja szükséges.

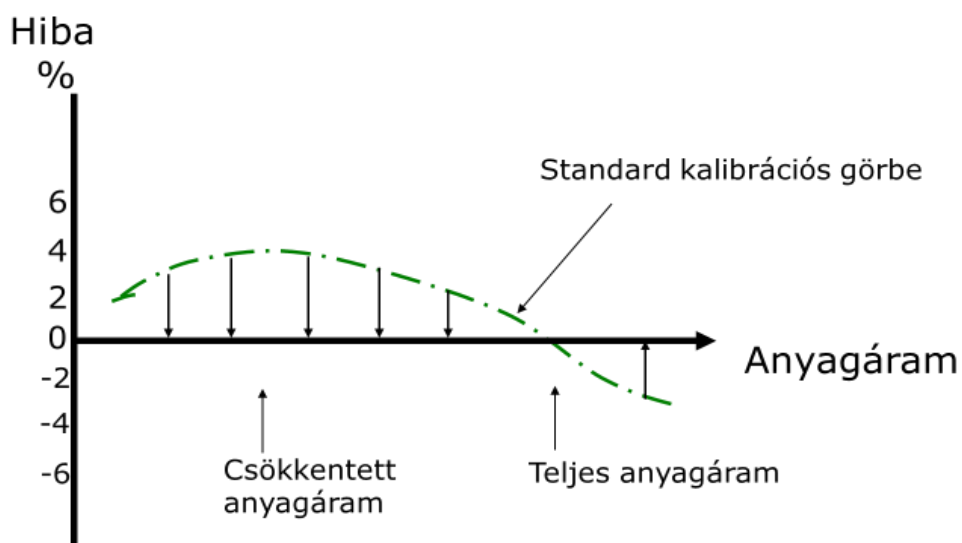
A hozammérő kalibráció folyamata:

1. Üres magtartály és üres szállítójármű szükséges a kalibráció elindításához
2. Betakarítás közben a hozammérő gyűjti a betakarított termény mennyiséget
3. Az ürítésnél egy kijelölt kocsira el kell elkülöníteni a kalibrálást végző gép magmennyiségét
4. Amikor a kijelölt jármű megtelik, a kombájn magtartályának üresnek kell lenni és ekkor le kell állítani a kalibráció adatgyűjtési folyamatát, majd a rendszer által előzetesen számított tömeg rögzítésre kerül.
5. Az átvevőhely mérlegén visszamért (tényleges tömegértéket) be kell írni a monitoron a hozammérő rendszerbe, ami a tényleges tömegérték alapján módosítja az összefüggést (kalibrációs tényezőt) a szenzor jelszint és az ez alapján számított szemtömeg érték között (Kauser, 2018).

A kalibrációt célszerű azzal gépterheléssel elvégezni, amivel a gép jellemzően üzemelni fog. Ahhoz, hogy az ettől eltérő termény tömegáram mellett is megfelelő pontosságú hozammérésünk legyen a kalibrációt meg kell ismételni az átlag alatti és ha erre lehetőség van átlag feletti terhelésszinten is. Ezt a többpontos kalibrációt a betakarítási sebesség változtatásával, vagy a munkaszélesség csökkentésével ( $3/4$ , fél és  $1/4$  vágási szélességgel) lehet végrehajtani. Ezzel a módszerrel jobban tudja a rendszer közelíteni azt a nem lineáris kalibrációs görbét, ami a különböző terményáramlás szintek mellett meghatározza a terményáram mérő szenzor jelszinttel való összefüggést. [9.1. melléklet: S700 kalibrációs oldal]



23.ábra: Többpontos kalibráció végrehajtása (forrás: Hajmásy Gy., 2019)



24.ábra: Hozammérő pontossága az anyagáramtól függően (forrás: Hajmásy Gy., 2019)

Az előző ábrák (23.sz. és 24.sz.) segítségével jól látható, hogy miért fontos a többpontos kalibráció sorozat precíz végrehajtása az üzem közbeni pontos hozammérés elérésére, ezt minden terményre, szezonként egyszer kifejezetten ajánlott elvégezni (Luck – Fulton, 2016).

Az üzemi gyakorlatban azonban ez ritkán teljesül, ahol gépüzemeltetési támogatási szolgáltatásként igénybe veszik, ott általában az első terményre ez a szolgáltató szakembere által megtörténik, de a betakarítási folyamat előrehaladtával ez idő, szakértelem és szervezési hiányosságok miatt elmarad. A növényenként és szezononként egy sikeres kalibráció elvégzése is azonban sok esetben csak elvárt minimum feltétel, időnként az aktuális tábla, vagy növény kiválasztása is elmarad.

### **3.1.3. Hozammérő egység kalibrációja önjáró szecskázóknál**

Az önjáró silózógépeknél a hozammérés folyamata és fontossága a gabonakombájnokéhoz hasonló. Először a behordóhenger pozíció szenzor nullhelyzetét kell beállítani.

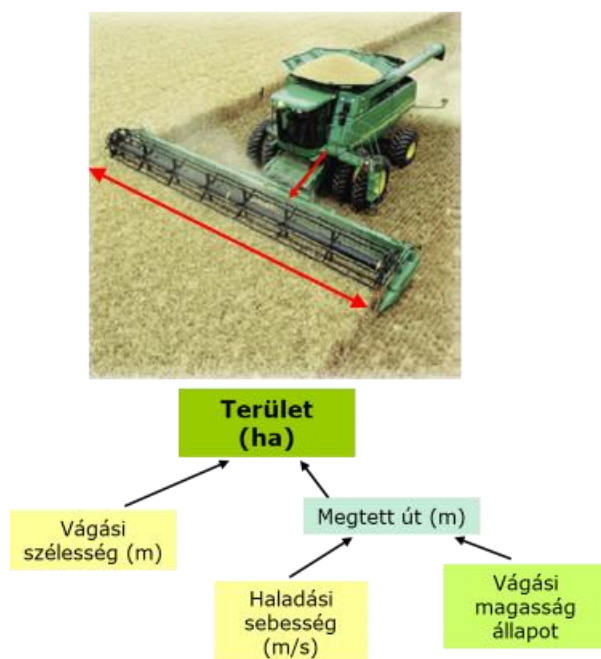
Ezt követően szezononként és terményenként külön kalibráció és több terhelési pont felvétele ajánlott a pontos hozammérés eléréséhez.

Az üres szállítójármű érkezésekor kell a kalibrációt elindítani, majd a mérlegelendő rakománysúly elérésekor megállítani és később bevenni a menübe a tényleges visszamért tömegértéket.

## **3.2. Betakarított terület mérése**

A hozam pontos kiszámításához, nemcsak a termény tömegáram aktuális értékét kell ismerni, de a betakarított terület nagyságát is, ez a tényleges vágási (vagy munka-szélesség) és a haladási sebességből adódó megtett út szorzata.

A tényleges vágási szélesség beállítása az automata kormányzási rendszerek használatával egyszerűen a nyomvonalak közti térközzel megegyező nagyságú beállítás kell legyen, itt figyelembe vehető a navigációra használt DGPS antenna egység fordulók közti pontossága, azonban ez az eltérés a széleskörűen használt RTK és más nagy pontosságú korrekciós jelek miatt a gyakorlati területmérés pontossága szempontjából elhanyagolható.



25.ábra: Betakarított terület kiszámítása (forrás: Hajmásy Gy., 2019)

Figyelembe kell azonban venni a forgóba történő be és ki-érkezést, illetve a nem teljes munkaszélességgel történő betakarítás hatását a mérés pontosságára, erre korábban a ferdefelhordó területszámláló ki-és bekacsolási magasságát, az erre a szintre beállított kapcsoló jelét használta a hozammérő rendszer is, illetve a munkaszélességet a gépkezelő tartotta kézzel egy közel állandó értéken, illetve állította be a monitoron, akkor is ha nem teljes munkaszélességgel dolgozott, ez több esetben pontatlanságot okozott a mérés szempontjából.

Ezeknek az eltéréseknek a kezelésére szolgál az automatikus átfedés szabályozás, ami a betakarított terület a D-GPS antenna által meghatározott pontosságú rögzítése, a lefedési térkép alapján dolgozik, hasonlóan a permetezőgépeken, vagy a műtrágyaszóróknál alkalmazott szakaszvezérléshez. A betakarítógépeknél, nem a kijuttatás szakaszolása történik, hanem a betakarított területmérés pontosítása azáltal, hogy a már korábban levágott területrészeket a dokumentációs rendszer már nem veszi figyelembe a rögzítésnél, így a forgóban és a részmunkaszélességű aratásnál, megfelelő előzetes beállítás esetén, pontos területet, grafikusán is megjeleníthető pontos lefedési területrészt (térképet) kapunk.



26.ábra: Átfedés szabályozás működése (forrás: Hajmásy Gy., 2019)

### 3.3. A nedvességmérés pontossága

A szemnedvesség, mint lényeges terményjellemző önállóan is mérésre, rögzítésre kerül, de fontos szerepe van az úgynevezett „száraz hozam” meghatározásában is, elsősorban a nagyobb nedvességtartalom mellett betakarított termények, mint például a kukorica esetén, a kombájn által mért tényleges („nedves hozamot”) az elfogadott átvételi nedvességtartalomra korrigáljuk (azaz a szárítással később elvonandó víz mennyiségével csökkentjük).

A nedvességmérő elhelyezése a gépen, annak működési módja, kialakítása befolyásolja a mérés pontosságát, a mérési mintanagyság, a mintavétel gyakorisága is fontos szerepet játszik a működésben. A hozammérőkhöz hasonlóan, itt is fontos szerepe van a kalibráció végrehajtásának, a mérőberendezés hőmérséklet kalibrációjával célszerű kezdeni, kritikus előfeltétel a megfelelő növény kiválasztása, amihez az alap nedvesség görbe betöltésre kerül.

Kalibráció során szezononként és növényenként legalább egyszer, az átvevőhelyi nedvességmérőhöz „igazítjuk” a gépen alkalmazott nedvességmérő által mért (jelzett) értéket. A beállítás valamilyen irányú korrekciót jelent a jellemző eltérési érték előjelpontos beírásával. Időnként a hozamhoz hasonlóan a nedvességet is célszerű visszaellenőrizni és eltérés esetén korrigálni a eltolódott nedvesség értékét (Csurja, 2021).

Ha a kombájn kijelzőjén 14,6%-os szemnedvességet találunk, de az adott tartály, rakomány vagy minta az átvevőhelyen, az ottani „etalon” műszerrel mért nedvessége 13,8%, akkor nedvességmérő menüjében -0,8% nedvesség korrekció értéket kell beállítani.

### **3.4. NIR szenzor alaphelyzet beállítása, kalibrációs állományok betöltése**

A NIR érzékelő használata esetén szezononként ajánlott a fekete és fehér referencia sablonnal történő alaphelyzet beállítása, ez a pontos reflektancia mérés alapja. Amennyiben az adott műszeregységhez elérhető szoftverfrissítés, célszerű azt is rajta elvégezni, ezt követően a betakarítandó növényre vonatkozó spektrális kalibrációs adatbázist rendelhetjük hozzá a méréshez, a megfelelő adatállomány betöltésével. Egy új adatbázis az esetek többségében csak térítés ellenében érhető el, de a pontos nedvesség/száranyagtartalom, beltartalom mérés érdekében ezt a lépést fontos megtenni.

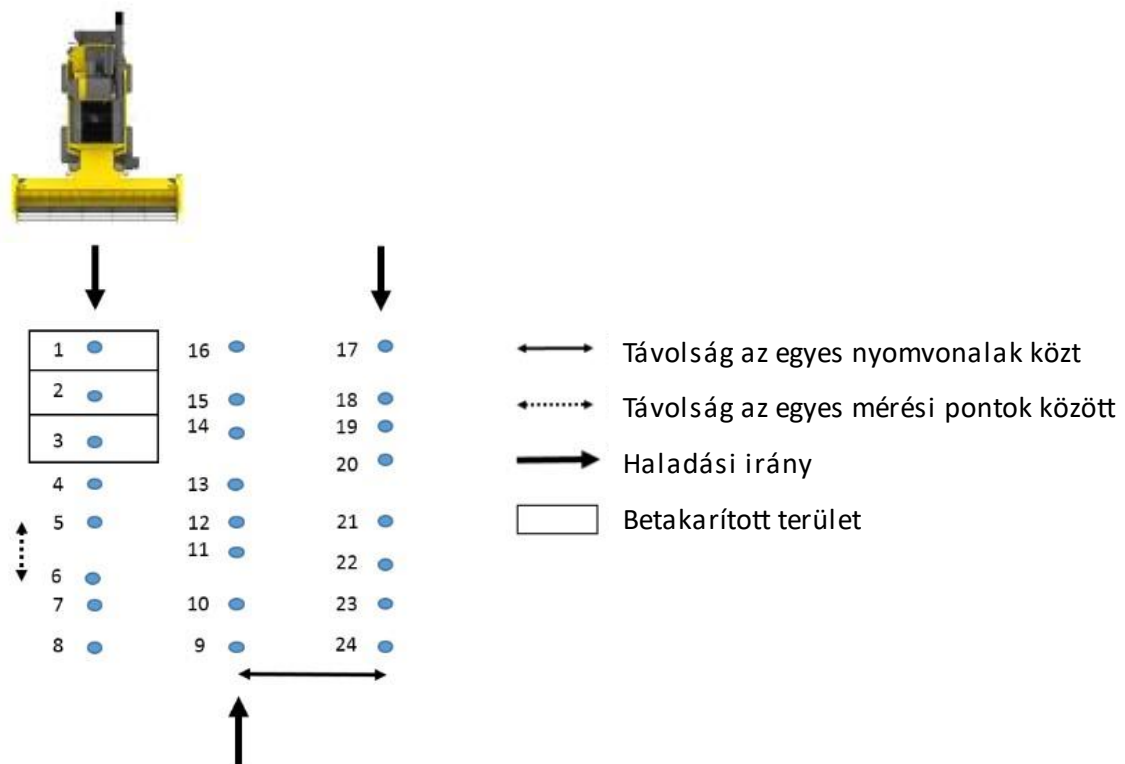
### **3.5. Betakarítási adatok georeferált rögzítése, dokumentáció**

Az önjáró betakarítógép által mért pillanatnyi hozam és nedvesség értékek megjelennek a kijelzőn, a gépkezelő ez alapján tud dönteni a betakarítási sebességről, vagy egy adott terület, területrész elkülönített, vagy későbbi aratásáról. Az adatrögzítés során a pillanatnyi adat földrajzi koordinátához történő kapcsolásával azonban a betakarítási folyamat a precíziós gazdálkodás céljára dokumentálható. Ekkor a DGPS antenna megfelelő pontosságú helymeghatározásának segítségével hozam-, nedvesség-, és célszerűen domborzati, vagy magasság- térkép készül (Blackmore, 2003).

A betakarítógépre szerelt antenna jelen időben mért tengerszint feletti magassági értéke az antenna (a kombájn) aktuális helyzetéhez rögzíthető.

Az önjáró szecskázók esetében, amikor a hozammérés közvetlenül az adapternél, a behordóhengerek segítségével történik, a gyors anyagáramlás és a rendszerint nagyobb betakarítási sebesség miatt, időben nagyon kicsi eltérés van a pillanatnyilag mért hozam és az ahhoz tartozó pozíció között, ez minimális eltéréssel igaz a kifúvótorony alsó részén elhelyezett NIR érzékelő által mért termény paraméterekre, mint például a száranyag tartalom is.

Nem ennyire egyszerű a helyzet azonban az arató-cséplőgépeknél, itt ugyanis hosszabb idő, akár 12-15 másodperc is eltelik, míg a gép működéséből adódóan az adott területről learatott termés kicsépelve és megtisztítva a magfelhordóba, illetve a magtartályba jut. Ezt az késedelmet, ami függ a betakarítás sebességétől, be kell állítani, hogy a mért adatsor a megfelelő koordináta-hoz kerüljön hozzárendelésre.

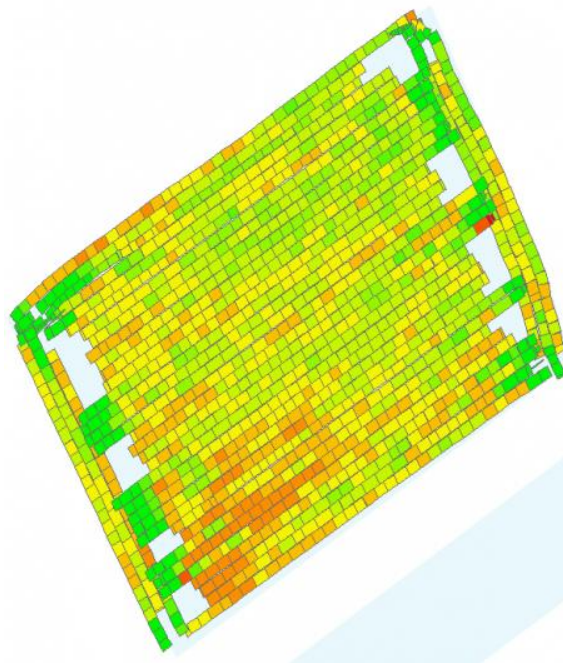


27.ábra: Hozammérési pontok rögzítése a területen (forrás: aspexit.com - saját szerkesztés)

A 27.ábrán jelölt kék pontok az egyes kombájn által rögzítésre került hozam/nedvesség adatpontok földrajzi pozícióját jelöli. Ezek a pontok egymástól a betakarítási nyomvonalakon, az automata kormányzás által meghatározott távolságra (nyomvonal térközre) helyezkednek el. Ez a távolság, a vágási szélesség közel állandó, amennyiben a navigációs rendszer megfelelő pontossággal működik. Eltérés van azonban az adott nyomvonalon található egyes mérési pontok közötti távolságban haladási irányban, ez a munkavégzés aktuális sebességétől függ, illetve fordulóban a gép haladási sebességétől. Az egyes adatpontok egy betakarított területrész (téglalap körvonallal jelölve) határoznak meg, ennek nagysága a pontok közötti távolság függvényében változik.

Amikor a rendszer a késleltetett adatrögzítést kalkulálja, az előzőek alapján elsősorban a kombájn betakarítási sebességét veszi figyelembe a megfelelő pozicionáláshoz, ezen kívül fontos paraméter az a mérési idő késedelem, ami a termény elvágása, aratási pont és a terménynek a magfelhordóhoz érkezése között telik el. Ez terménytől, terheléstől és gépbeállítástól függően kissé eltérhet, de az aratás kezdésekor a fogásban jól mérhető, amint a vágás elkezdését követően a termény megjelenik a magtöltő csigánál.

A megfelelő beállítás ellenőrzésére a megjelenített hozamtérkép is ad lehetőséget, amennyiben a fordulónál hiányos, ún. lyukas térképet kapunk, vagy a hozam adat rögzítés beelég a fordulóba.



28.ábra: Rosszul beállított késleltetés - „lyukas” hozamtérkép (forrás: Kauser, 2018).

A kombájn dokumentációs rendszere a hozam és nedvességtérképezés mellett a beltartalmi jellemzőket is georeferált térképes adatformátumban rögzíti, amennyiben a gép fel van szerelve a fehérje, keményítő és olajtartalom mérésére alkalmas szenzorral. Az egyes paraméterek térképes megjelenítése a gép fedélzeti kijelzőjén és a folyamatos adattovábbításnak köszönhetően jelen időben a felhő alapú Üzemeltetési központban is rendelkezésre állnak, illetve további adatfeldolgozás, analízis céljára mindkét helyről letölthetők.

## **4. Az automatizálás lehetőségei a betakarítás dokumentációs rendszerében**

### **4.1. Jellemző hibák és megoldások a hozamkalibráció végrehajtásánál**

A hozammérő rendszer sikeres kalibrációja több tényezőtől függ, ki, mikor és hogyan végzi el, mennyire változnak meg az aratási szezon előrehaladtával a termés és a betakarítás, a hozammérést befolyásoló jellemzői. Munkám során rendszeresen dolgozom betakarítást végző gépekkel (ezek elsősorban John Deere szalmarázóladás és rotoros rendszerű kombájnok), gépkezelőkkel, lehetőség és szükség szerint követem a precíziós adatgyűjtés folyamatát.

A gyártók a hagyományos csatornákon és az interaktív média lehetőségeit kihasználva segítik ezekben a kalibrációs lépéseknek a szakszerű végrehajtását, a kereskedők és szaktanácsadó hálózatok közvetlen helyszíni, vagy távsegítséget nyújtva adják a szakmai háttérrel. Ez utóbbihoz biztosít alapot a vezeték nélküli adatküldő gépkapcsolati rendszerek elterjedése, ezeknek bizonyos részei, mint a távoli kijelző elérés, vagy a gyártó megelőző szemléletű teljesítmény optimalizálásra utaló automatikus figyelmeztető üzenetei.

A betakarítás időben (minél gyorsabban) történő elvégzése kiemelten fontos feladat, ezért a hozammérő kalibrációjának végrehajtása nem mindig a kellő alaposággal és részletességgel történik meg. Ha valamiből lehet időt nyerni, az sok esetben a dokumentációhoz, a rendszerek kezdő, vagy alapbeállításához, a kalibrációkhoz kapcsolódó feladatok elvégzése.

Sok esetben elmarad a vágóasztal felkapcsolását követő alap rezgés kalibráció, amelynek jelentőségét a 3.1.2. fejezetben ismertettem.

Az újabb szériáknál (John Deere S700, 4. generációs menürendszerrel) a betakarítandó termés kiválasztásával van lehetőség az ajánlott gyári kombajn alap beállítási értékek (cséplő fordulat és hézag, illetve rosta beállítások) elérésére, ezért a növény beállítása, ami a megfelelő hozam és nedvesség alap kalibrációs görbe kiválasztását is magával hozza. A korábbi menürendszerben szét lehetett választani a kombajn beállítás növénykiválasztását a dokumentációs termés beállítástól, ami sok zavart okozott a dokumentáció kezelhetőségében, mérési pontosságában. Alapvető dokumentációs beállítás a betakarítandó tábla kiválasztása, ez sajnos sokszor pontatlan, bár a pozíció alapján történő táblafelismerő rendszer már több generációs fejlesztésen keresztül, régóta elérhető a John Deere gépeken. Lehetőség van még a gépkezelő precíziós rendszer beállításában történő tehermentesítésére

azáltal, hogy a beállítások előre is elkészíthetők és távolról eljuttathatók a gép monitorjára, ahol az adott munkafolyamat megkezdése előtt már csak a megfelelő beállításokat kell kiválasztani.

Azonban a hozamkalibráció és a nedvességmérő beállítás és korrekció korábban ismertetett folyamatát lelkiismeretesen végig kell csinálni, ha megfelelő végeredményt szeretnénk elérni, ennél a pontnál azonban a gyakorlat messze jár a kívánatos, vagy épp az elvárt szinttől (Morgan, 2020). Ha pontos adatok elérése a cél, automatikus kalibrációra, automatizált rendszerre van szükség, amire az emberi tényező befolyásoló hatása már jóval kisebb.

#### **4.2. Automatikus hozamkalibrációs rendszer – John Deere Active Yield**

Az automatikus hozamkalibráció a John Deere S7 és X9 kombájn szériánál elérhető opció. Működése az ütközőlapos hozammérő által mért terményáram kalibrációs görbéjének aratás közbeni folyamatos pontosításán alapul.

Ez a rendszer hasonló a szilárd műtrágyaszórókon alkalmazott súlymérő-kalibráló berendezéshez, ahol a tartályból egységnyi területre elfogyott műtrágya mennyiség mérésének segítségével történik a tényleges átfolyási-kiszórási tényező kalkulációja.

A kombájnon a tömegáram mérő alap kalibrációs görbéje által „kalkulált” magtartályba érkező ismert magtömeget hasonlítjuk a magtartályban elhelyezett súlymérő cellás mérőegységek (3db) által érzékelt („mért”) magmennyiséghez. A kombájnon továbbra is a magfelhordó tetején elhelyezett ütközőlapos hozammérő szenzor méri a folyamatos anyagáramot, a magtartály alján elhelyezett Active Yield mérőcellák pedig menet közben, ha a megfelelő feltételek fennállnak pontosítják, újra kalibrálják a hozammérést (John Deere, 2022).

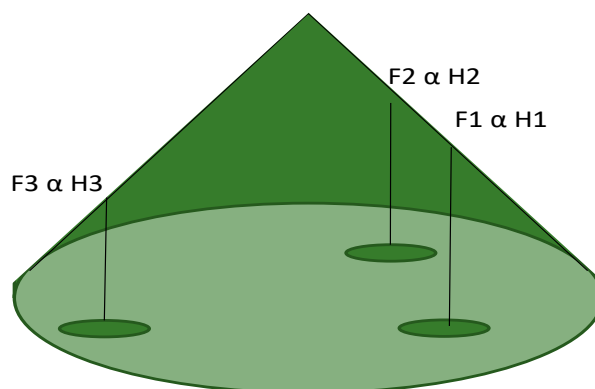
A gépkezelő a kartámlára szerelt GS4 monitoron keresztül éri el a rendszert, itt tudja ki vagy bekapcsolni, illetve itt kap információt a hozammérő rendszer pontosságáról, minél több érvényes aktív kalibráció tartozik az adott terményhez, elméletileg annál nagyobb a hozammérés pontossága.

[9.2. melléklet: Active Yield menüoldal, S700 kombájn + GS4600 kijelző]



29.ábra: Az aktív mérőcellák (3db) elhelyezése a magtartályban (forrás: saját fotó)

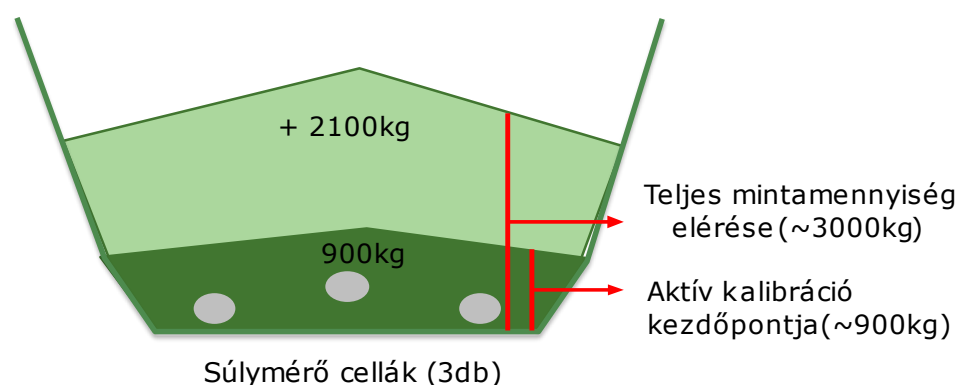
A három erőmérőcella a magkihordó csigák fölé erősített terelőmezen kerül elhelyezésre, oly módon, hogy a felettük lévő magtömeg reprezentálja a magtartályba érkező termény tényleges össztömegét. A kiválasztott termény fizikai tulajdonságai és annak nedvességtartalma alapján a hozamkalibráló szoftver meghatározza a betakarított termény rézsűszögét, így az aktuális mérőcella fölötti termény vastagság alapján a magtartályba kerülő magmennyiség össztömege kiszámításra kerül. A rendszer a termény rézsűszög pontossága miatt figyelembe veszi a kombájn előre/hátra, illetve oldaldőlését is, ha ezek szögállások, amiket a DGPS műholdvevő antenna lejtőkompenzációs modulja mér, jobban eltérnek a vízszintestől, mint  $\pm 4^\circ$  (7%) vagy menet közben ezek a szögtértékek, több mint  $1,6^\circ$  értékkel megváltoznak, a mérőcellák értéke nem kerül figyelembevételre. A pontos szöghelyzet méréséhez a felszerelt antenna oldaldőlés (TCM rendszer) kalibrációját el kell végezni, amikor az először a kombájnnra felszerelésre kerül (Bártfai, 2021).



30.ábra: A mérőcellák feletti magmennyiség mérése a magtartályban (forrás: Hajmász, 2019)

Az egyes mérőcellákra ható nyomóerő: F1, F2, F3 reprezentálja a felette elhelyezkedő magszintet: H1, H2, H3. Ebből a rézsűszög  $\alpha$  ismeretében a tartályban lévő termény tömege kiszámításra kerül.

Az Active Yield mérőcellák üres magtartálynál nullázódnak, majd egy meghatározott mért tömegértéknél elindul a mérési folyamat. Amikor aratás közben a magtartály szint eléri a 900kg-os termény mennyiséget, a mérőcellák felett elhelyezkedő termény tömege folyamatosan mérésre kerül, a magtartály feltöltődése közben a magtartály 3000kg-os töltöttségi szintjéig folytatódik, mivel ettől a ponttól megváltozik a magtartályba kerülő terménytömeg eloszlása. A rendszer a mérőcellák által mért terménymennyiséggel (tömegértékkel) hasonlítja össze az ütközőlapos hozammérő jele alapján előzetesen kalkulált magtömeget, illetve pontosítja azt a hozammérő kalibrációs görbe módosításával. Ez a folyamat (az aktív kalibráció).



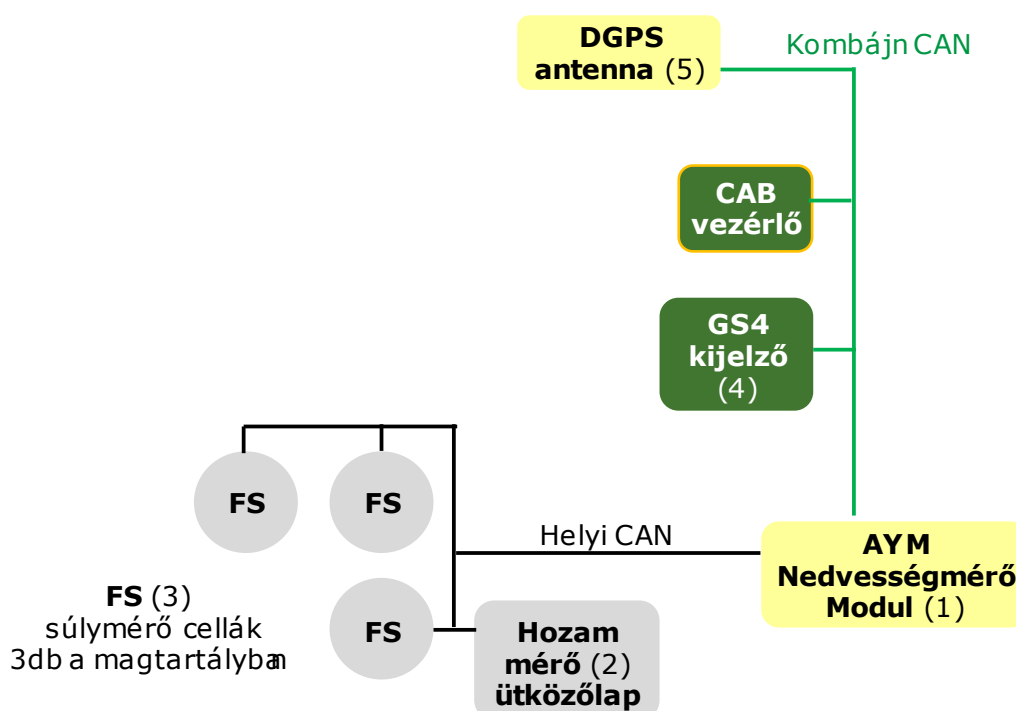
31.ábra: A hozamkalibráció aktív tartománya (forrás: Hajmásy, 2019)

Az aktív kalibráció érvényességének feltétele, annak érdekében, hogy azt a rendszer figyelembe vehesse a hozammérés kalibrációs görbéjének módosításához az, hogy a terményáram egyenletes legyen a 900kg-os szinttől egészen 3000kg-os töltöttségig. Amennyiben a mért terményáram nem egyenletes, az aktív kalibráció közben a gép sebessége, vagy a táblán belüli hozam, ezzel párhuzamosan a mért tömegáram jelentősen megváltozik, a kombajn megáll, vagy a cséplőrendszert kikapcsolják, esetleg elindítják a magtartály ürítését, az adott kalibráció érvénytelen, nem kerül figyelembevételre. A rendszer azt is figyelemmel kíséri, hogy az egyes mérőcellák fölött mennyire egyenletes, az előzetes kalkulációnak

megfelelő a terményoszlop (súlyérték) növekedése, ha a gép egyenetlen terepen halad, hirtelen gyorsul vagy lassul, a magtömeg egyenetlenül valamelyik irányba eltolódik, elcsúszik a tartályban, esetleg a kalibráció időtartama 400 másodpercet meghaladja, az adott kalibráció szintén nem lesz érvényes.

Az aktív kalibrációs rendszer a fő szántóföldi növényekre rendelkezik megfelelő magtartály terményeloszlási szimulációs adatbázissal, búza, árpa, kukorica, repce szója és rizs a támogatott növények listája, a többi növény esetén a hagyományos kézi kalibrációs módot lehet használni (Hajmásy, 2019).

A következő ábrák (32.sz. és 33.sz.) áttekintést nyújtanak az automatikus kalibrációs rendszer felépítéséről, az Active Yield mérőcellák (3) a magtartály alsó részén és az ütközőlapos hozammérő magfelhordó elevátor tetején (2) egy különálló CAN adatvonalon kapcsolódnak a nedvességmérőt is magában foglaló AYM vezérlőmodulhoz (1), ez az egység a kombájn CAN összeköttetéssel éri el DGPS antennát (5) és a GS4 fedélzeti monitor egységet (4).



32.ábra: Aktív hozammérő rendszer fő részei és kapcsolódásuk (forrás: Hajmásy, 2019)



33.ábra: Aktív hozammérő rendszer felépítése (forrás: saját szerkesztés - deere.com)

A rendszer használatával a hozammérés pontossága és megbízhatósága is javul, illetve a kezelői hibákból, vagy a szűkös időkeretektől adódó eltérések, hibák is jelentősen csökkenthetők, viszont a rendszer használata továbbra odafigyelést, hozzáértést feltételez, ennek része a megfelelő karbantartás, az egyes szenzorok ellenőrzése, tisztítása, illetve a szoftver frissítések időbeni alkalmazása.

#### 4.3. Precíziós súlymérő és kalibráció segítő rendszerek

A szállítójárműveken alkalmazott rakománytömeg, illetve súlymérő rendszerek automatikus vagy egyedi összekapcsolása a betakarítógéppel egyszerűsíti, felgyorsítja, pontosabbá teszi a hozamkalibrációk végrehajtását. Amikor a hozamkalibrálás során a betakarított termény tényleges (un. átvevőhelyi, vagy mérlegelt) mennyiségét kell megadni, nem kell várni a pótkocsinak az átvevőhelyre történő beérkezésére, a közvetlenül a betakarítógép mellett haladó, vagy ott álló szállítójármű kezelőjének az ürítés befejezésével lehetősége van a betakarított, mérlegelt termésmennyiséget megadni a betakarítógép kezelőjének. Ezt a megoldást használva, az sem feltétel, hogy üres pótkocsira kezdjük az ürítést, csak a kezdő rakománytömeget le kell vonni a tényleges kalibrációhoz szükséges érték meghatározásához.

A J&M termény kiközelítő és átrakókocsokra szerelt súlymérő rendszer segítségével, a mérőrendszer menüje a kijelző megosztásával a betakarítógép kezelője számára is elérhető, egy a szállítójárművet vontató traktor kezelőjének a mobil eszközére telepített alkalmazás (iFarm) segítségével, így a kombájn kezelője akár közvetlenül is el tudja érni a kalibrációhoz szükséges tömegmérés adatait, ezzel a hozammérés pontossága szempontjából kívánatos többpontos kalibráció elvégzése is felgyorsítható, nem kell az egyedileg a kombájnhoz dedikált szállítójárműre, illetve annak a visszamérésére, távoli mérlegelésére várni. A gyártó kiegészítő tartozékként nedvességmérőt is ajánl a kiközelítőre szerelt mérleg rendszeréhez, ezzel a betakarítógépen mért nedvesség visszaellenőrizhető, illetve saját dokumentációs adatállományok hozhatók létre. [9.3. melléklet: J&M automatikus súlyalapú termény átrakás és dokumentációs rendszer + iFarm applikáció]

A Krone gyár szecskázógép hozammérő és silószállító pótkocsi tömegmérő (súlymérő) rendszereinek összekapcsolásával, a gépkezelő az önjáró szecskázón alkalmazott hozammérő kalibrációját tudja automatikusan elvégezni a betakarított termésmennyiség azonnali mérésével és a mért értéknek a betakarítógép monitorjához történő közvetlen eljuttatásával. (Krone AutoCalibrate, 20220; tulloch.nz)



34.ábra: AutoCalibrate automatikus kalibrációs mérleg rendszer (Krone, forrás: tulloch.nz)

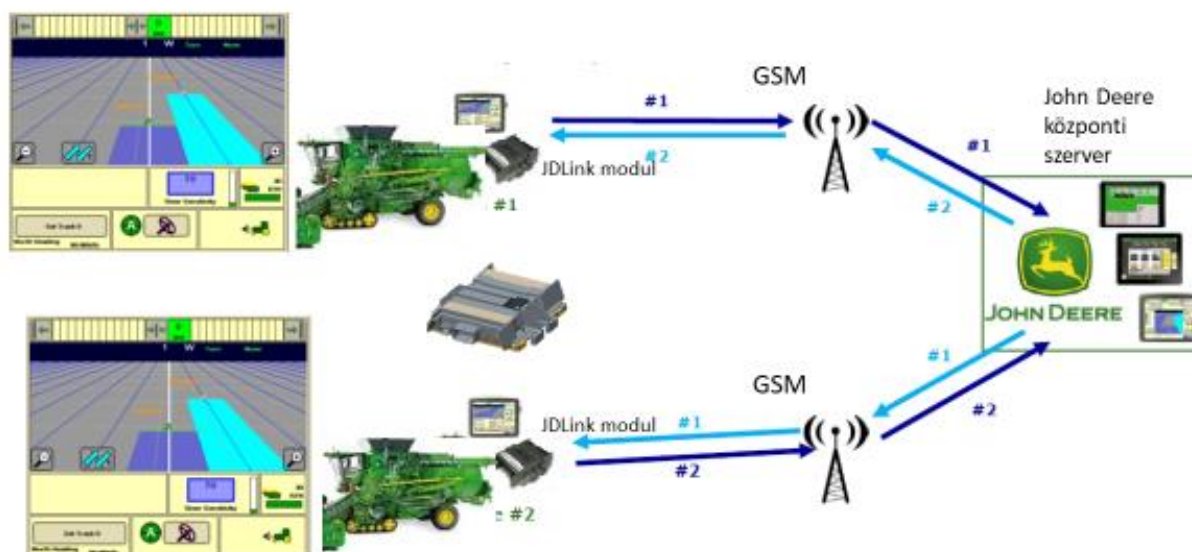
A logisztikai gépek gyártói nagy hangsúlyt fektetnek az súlymérésen alapuló intelligens rendszerek, alkalmazások fejlesztésére, ezek összekapcsolása a betakarítógépek mérő és

kalibrációs rendszereivel további lehetőségeket nyújt a pontos és automatizált hozammérő rendszer kalibrációk végrehajtására.

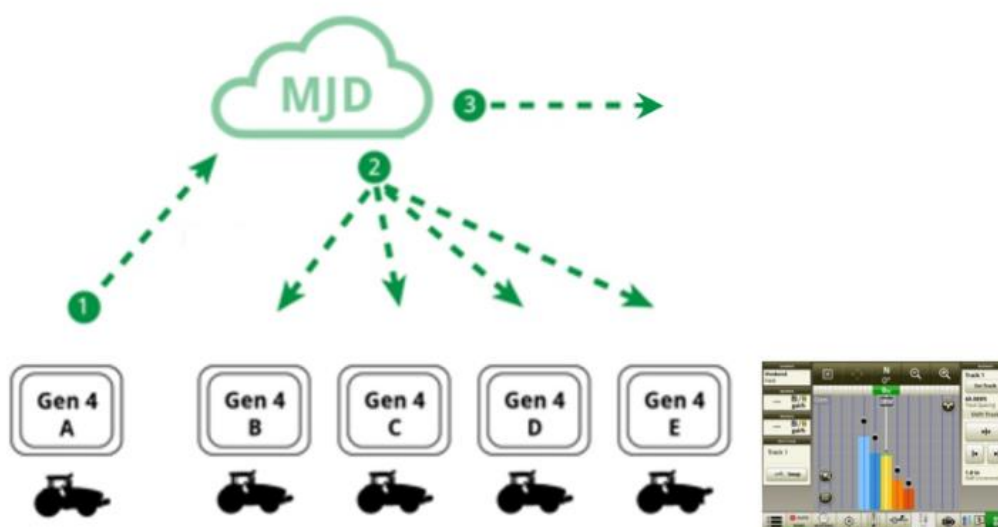
#### **4.4. Automatikus átfedés szabályozás – amikor kettő, vagy több gép dolgozik együtt, egy táblán belül (John Deere IFDS – In Field Data Sharing)**

A D-GPS alapú szakaszvezérlés elvén működő munkaszélesség és átfedés szabályozás a 3.2. fejezetben került bemutatásra, abban az esetben, amikor egy táblán belül kettő vagy több gép dolgozik, össze kell kapcsolni az egyes gépeket, a gépek által rögzített lefedési (betakarítási) térképeket ahhoz, hogy pontos adatgyűjtésünk legyen. Ennek a rendszerét a John Deere Táblán belüli adatmegosztás (IFDS) alkalmazás biztosítja. A betakarítógépeken megtalálható vezeték nélküli elérési rendszer (JDLink) magasabb szintű adatforgalmi csomagja segítségével a kombájn által gyűjtött precíziós gazdálkodási dokumentációs adatok vezeték nélkül továbbításra kerülnek a központi szerverre, ha több gép dolgozik együtt, a learatott terület (ún. lefedési térkép) megosztásával pontos területmérést kapunk, pontos – az egyes gépek által rögzített adatok összefűzéséből származó - összesített hozamtérkép készül, illetve a kormányzási nyomvonalak is átvitelre kerülnek a táblán dolgozó gépek között. Az adatok utólagos szoftveres összefűzése már korábban is működött, viszont ennek a Táblán belüli adatmegosztási rendszernek köszönhetően 30 másodpercenként frissül minden gép monitorján a táblán belüli az azonos munkamenetben dolgozó gépek lefedési térképe, hozam és nedvességtérképe is. Az adattovábbításra a vezeték nélküli adatelérési rendszer segítségével a gyártó központi adatszerverén keresztül van lehetőség. A kijelzőn eltérő háttérszínnel jelenik meg az egyes gépek által készített lefedési térképek, learatott területek.

[9.6. melléklet: IFDT – Automatikus átfedés szabályozás - Hozamtérkép, S790 + GS4600]



35.ábra: Vezeték nélküli adatmegosztás táblán belül – lefedési térkép, útirány (Hajmásy,2019)



36.ábra: Vezeték nélküli adat megosztás elvi vázlata – több gép között (forrás: deere.com)

Az adatmegosztás egyidőben akár öt különböző gép (A – D) között is működik a rendszer használatával (36. ábra), így lefedési és hozamtérképek aratás közben minden monitoron folyamatos összefűzésre kerülnek. A Gen4 monitor rendszerrel összekapcsolt A-jelű gép 30 másodpercenként küldi a dokumentációs adatait a MyJD központi felhő alapú szerverre (1), a georeferált térképi adatbázis az összekapcsolt gépcsoport többi gépére B-D (2) és külső megjelenítő eszközre (3) is elküldésre kerül, az egyes monitorokon a saját betakarított terület

sötétkék a többi gép által lefedett terület rész eltérő világos színnel kerül jelölésre, a gépek pozíciója 6 másodpercenként frissül. [9.5. melléklet: IFDT – Táblán belüli adatmegosztás - beállítási menüoldal, S790 + GS4600]



37.ábra: Lefedési térkép megosztás– 2 x JD S790 gép között (forrás: saját 4600 kijelző fotó)

Hasonló céllal, de más elven működik a független precíziós rendszerek fejlesztéséről ismert Trimble műveleti térkép, nyomvonal megosztó rendszere.

A Vehicle Sync rendszer, ami a gépekre felszerelt egyedi modemekből áll, 900 méteren belül tudja WIFI hálózat segítségével összekapcsolni a táblán belül dolgozó és a láthatósági határon belüli gépeket (Trimble vehicle system, 2022; axial.hu).

#### 4.5. Pontosított nedvességmérés – NIR érzékelő segítségével (kombájn Grain Sensing rendszer)

A 2.3. fejezet részben ismertetett Carl Zeiss közreműködésével kifejlesztett, NIR reflektancia elvén működő John Deere HarvestLab 3000 szenzor a John Deere T600 és S700-as sorozatú kombájnokba beépíthető (mint Grain Sensing rendszer), segítségével a betakarított gabona beltartalmi paramétereinek folyamatos és valós időben történő mérése lehetséges, a

berendezés alkalmas a learatott termény nedvességtartalmának a meghatározására is (2.2.2. bekezdésben részletezett módon).

Ezzel a megoldással a gépre szerelt kapacitív alap nedvességmérő egység működése, mérési pontossága ellenőrizhető, illetve állítható be, a kombájn rendszere mindkét nedvesség érték kijelzését, rögzítését el tudja végezni.

[9.4. melléklet: AYM kapacitív nedvességmérő + NIR szenzor]

A kombájn elektronikus rendszerébe integrált HarvestLab 3000 szenzor a gép tisztamagfelhordójára kerül felszerelésre, a rendszer képes a betakarítás közben folyamatosan mérni a nedvességet, a fehérjetartalmat, továbbá a terménytől függően olajtartalmat és keményítőtartalmat is. Ezeket a paramétereket tárolásra, megjelenítésre továbbítja a kijelzőhöz, méghozzá a D-GPS antenna segítségével meghatározott földrajzi koordinátákhoz rendelt módon.

A HarvestLab 3000 mérőműszer a gépről leszerelve használható telepi mérőberendezésként is, egy kiegészítő adapter és számítógép segítségével magminták vizsgálatára. A HarvestLab 3000 univerzális eszköz, az említett önjáró szecskázókon szárazanyag-tartalmat és takarmány beltartalmat, míg hígtrágya kijuttatóra szerelve tápanyag összetevőket lehet segítségével meghatározni. (Hajmásy Gy., 2023)



36.ábra: Grain Sensing rendszer telepítése – S770 magfelhordóra (forrás: saját fotó)

#### **4.6. További fejlesztési lehetőségek a betakarítási dokumentáció és a gépek működésének automatizálásában**

A hozammérés kalibrációjának és a betakarított terület mérésének automatizálása mellett a gyakorlati kombájn üzemeltetés további fejlesztési igényeket támaszt a gépeken működő adatgyűjtő rendszerek jövőbeni pontosabb működésével kapcsolatban.

A nedvességmérés kapcsán elemzésre került a különböző mérési elven működő szenzorok használata egy gépen belül, vagy a szállítójárműnél alkalmazva, ami lehetővé teszi az adott paraméter értékének pontosítását. Ez jelenleg még több különböző, elkülönült adatbázist jelent és a kalibrációt a kezelő végezheti el külön-külön az egyes mérőberendezésnél, de ezeknek az értékeknek a szoftveres összehasonlítása és ezek alapján történő pontos mérés biztosítása megvalósítható fejlesztési koncepció.

A gépen áthaladó terményáram nagyságának fontos szerepe van a betakarítógép terhelés szabályozásában, a funkcionális részegységek beállításának optimalizálásában is. Ezért az ebből adódó gépterhelést több ponton lehet vizsgálni, elől a vágóasztalnál, a ferdefelhordóban, vagy a cséplőszerkezetnél pozíció, erőhatás, vagy nyomaték (illetve hidraulikus nyomás) mérés segítségével. A mért jellemzők terményárammal arányos összehasonlítása szintén felhasználható a precíz adatgyűjtés megvalósítására. A hozamadat megfelelő pozícionálására is lehetőség nyílik a mérési késedelem automatikus meghatározásával az ismertetett szenzorok által biztosított jelek segítségével. A gabonakombájn azonban képes lehet „előre látni” a hozam változásait a lábon álló terményt vizsgáló radar érzékelők, vagy a műholdas terményvegetációs index értékek előzetes feldolgozásával, ez utóbbi rendszerek gyakorlati alkalmazására szolgáló biztató fejlesztésekről szerezhettünk tudomást.

A hozam és nedvességmérés nem önálló és öncélú rendszert alkot, hanem szerves része a betakarítógép automatizálási rendszerének. Ahol a szemveszteség, kalász-visszahordó felügyelet, a gépbeállításokat indukáló magtisztaság, szemtörés és cséplésminőség vizsgálat eredményei a hozam, nedvesség, áteresztőképesség, területteljesítmény, cséplő és motorterheléssel együtt, vagy épp a domborzatból adódó oldaldőlésekkel együtt figyelembevételre kerülnek. Fontos eleme ennek a rendszernek a távelérés, távfelügyeleti rendszerek fejlődése, amivel az emberi tényező kedvezőtlen, bizonytalanító hatása mérsékelhető.

## 5. Összefoglalás

A betakarítógépeken alkalmazott hozam- és nedvességmérés pontossága feltétele a hozam adatok, hozamtérképek precíziós növénytermesztési rendszerben történő értékteremtő felhasználásának. A dolgozat ezt a pontosságot tette a vizsgálat középpontjába, feldolgozva azt, hogy milyen módszerek és automatikus rendszerek biztosítják a megfelelő működést.

A betakarítógépek teljesítménye folyamatosan növekszik, a rajtuk elhelyezett mérőberendezések nemcsak a gép teljesítményét és munkaminőségét javítják, de információt szolgáltatnak a tábla és termés tulajdonságairól, feltérképezik és rögzítik a termesztett növények táblán belüli eltéréseit későbbi elemzés, differenciált szemléletű döntéshozatal, a precíziós gazdálkodás céljára.

A hozammérők és nedvességmérők több évtizede megtalálhatók az arató-cséplőgépeken, pontosságuk, megbízhatóságuk folyamatosan javul. A mennyiségi jellemzők az utóbbi években kiegészültek a termés minőségi (beltartalmi) paraméterinek munkavégzés közbeni vizsgálatával, az azokból nyerhető dokumentációs és térképi adatelemekkel.

A dolgozat gyakorlati témafeldolgozásának alanya a John Deere Co. műszaki fejlesztéseinek sora, a gyártó élen jár az új technológiai elemek gyakorlati felhasználásában. Részletes bemutatásra került a „precíz” precíziós dokumentáció alapja, a kezelői hozam kalibrációt kiváltó aktív kalibráló rendszer, ami az egyik legelterjedtebb rotoros rendszerű kombájnon, az S700-as szérián van használatban, már több éve a magyarországi üzemi gyakorlatban. Ezt követi a hozamtérkép készítéshez elengedhetetlen pontos területmérést, a betakarítási területlefedést, a táblán belüli több gép összekapcsolását biztosító vezeték nélküli adatmegosztó rendszer vizsgálata.

A NIR technológiai alapokon nyugvó magminőség analízátor rendszer a kapacitív szemnedvességmérés pontosságát kontrolálja, míg a segítségével mérhető beltartalmi jellemzők, mint a fehérjetartalom, továbbá a terménytől függően olajtartalom és keményítőtartalom feltérképezésével, a precíziós gazdálkodás új lehetőségeit nyitja meg.

A mennyiségi adatokra épülő hozamtérképezés kiegészül a helyhez rögzített minőségi jellemzőkkel, hiszen a termés nedvességtartalma mellett, a meghatározott minőségi jellemzők is rögzíthetők a szántóföld egyes, megfelelő sűrűséggel kijelölt pontjaihoz.

A rögzített adatok feldolgozásával, elemzésével következtetni lehet többek között a talaj tápanyag-hasznosító képességére, értékelhetők az egyes fajták, tápanyag utánpótlási stratégiák, az adott területen belüli eltérések, a talaj, a domborzat, egyéb tényezők figyelembevételével.

A ma fejlesztés alatt álló jövőbeni alkalmazások, elsősorban az automatikus rendszereket és várhatóan az öntanuló IoT eszközöket is felhasználva, a betakarítógépek adatgyűjtéssel kapcsolatos rendszereinek megbízható és pontos működésén túl, a gépek autonóm, optimális működését segítik elő. Ez lehetővé teszi az egyre nagyobb teljesítményű gépek minél jobb kihasználását, a teljesítmény és a munkaminőség optimalizálását, a szükséges emberi munkaerő, a gépkezelői tevékenység csökkentését vagy később annak teljes elhagyását, valamint elősegíti a precíziós gazdálkodási rendszer egyre széleskörűbb alkalmazását.

## **6. Abstract (tartalmi kivonat)**

The accuracy of yield and moisture measurement applied on agricultural harvesters is a prerequisite for the value-creating use of yield data and yield maps in a precision farming system. This thesis investigates this accuracy, what kind of methods and automatic systems ensure proper operation. The performance of harvesters is constantly increasing, the measuring equipment placed on them not only improves the performance and quality of work of the machine, but also provides information about the field and the crops. They map and record the differences of the plants within the field for later analysis and differentiated site-specific farming.

The yield and moisture measurement devices found on grain harvesters since decades, accuracy, and reliability of them continuously increasing. In the recent years, quantitative characteristics have been supplemented by the measuring of the quality parameters of the crop, and the documentation and map data elements that can be obtained from them.

The practical theme processing of the thesis focusses on the technical developments of Deere & Co., the manufacturer is at the forefront of putting new technological elements into practice. The active calibration system, which is the basis of the "precise" precision documentation is presented in detail, this system replaces the operator yield calibration. The active yield calibration used in Hungarian operational practice on one of the most widely used combine harvesters with rotor systems, the S700 series. The next topic is the precise area measurement, which is essential for yield mapping, the harvesting area coverage and the wireless data connection of several machines within the field.

The grain quality analyzer system based on NIR technology controls the accuracy of capacitive grain moisture sensor measurements, while it starts new possibilities of precision farming by mapping measurable crop characteristics such as protein content and, depending on the crop, oil content and starch content.

The quantitative yield measurement extended with site specific quality parameters of the crop, because beside the moisture content of the crop, the above crop characteristics are recorded together with their right geographical position.

By processing and analyzing the data generated, the nutrient utilization capacity of the soil can be evaluated the individual varieties, nutrient supply strategies, differences within the specified area, soil, topography, and other factors evaluated.

The future applications which are under development today, primarily using automated systems and possibly self-learning IoT devices, will facilitate the reliable and optimal operation of harvester systems related to data collection, in addition to the reliable and accurate operation of harvesters. This makes it possible to make the best possible use of increasingly powerful machines, optimize work quality, reduce, or completely eliminate the human workforce used, and machine operator necessity, and promotes the widely increasing usage of precision farming.

## 7. Irodalomjegyzék

1. Kauser J. (2018): *Indul az aratás, használjuk a hozammérőt!*  
Digitális Agroforum – Agroforum Online Blog, 2018.06.19.  
URL: <https://agroforum.hu/blog/precizios-gazda/indul-az-aratas-hasznaljuk-hozammerot/>
2. ASPEXIT honlapja. Letöltés dátuma: 2023.06.18.  
forrás: <https://www.aspexit.com/yield-maps-in-precision-agriculture/>  
*Yield maps in Precision Agriculture*, 2020.01.03.
3. Csuj Zs. (2021): *Ezért kincs az agráradat – 7. rész: A hozammérés és a betakarítás adatgyűjtése* - Agronapló szakfolyóirat 2021/08 - pp: 45-52, 2021.08.09.  
URL: <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2021/08/gepesites/ezert-kincs-az-agraradat-7-resz-a-hozammeres-es-a-betakaritas-adatgyujtese>
4. Bártfai Z.-Bense L.-Kocsis I. (2020): *Gépek üzemeltetése a mezőgazdaságban*  
Budapest, Herman Ottó Intézet, 490 p.
5. Milics G., Mesterházi Á. (2014): *Hozamtérképezés* - Agronapló szakfolyóirat 2014/05 Gépesítés – pp:78-79; 2014.05.12.  
URL: <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2014/05/gepesites/hozamterkepezes-muszaki-megoldasok-lehetosegek>
6. Smith, A. - Jones, B. (2020): *Advances in Wheat Harvesting Technologies* - Agricultural Technology Journal, 42(5), pp: 153-168.
7. Brown, C. - White, L. (2019): *Recent Developments in Wheat Moisture Sensing Technologies* - Journal of Agricultural Engineering Research, 31(2), pp: 87-102.
8. Agvise Laboratories (2022): *NIR-Testing-for-Grain-and-Forage* URL: [NIR-Testing-for-Grain-and-Forage.pdf \(agvise.com\)](https://www.agvise.com/NIR-Testing-for-Grain-and-Forage.pdf)
9. Omar Flor, Héctor Palacios, Franyelit Suárez, Katherine Salazar, Luis Reyes  
Luis Reyes, ScilitPreprints, Mario González és Karina Jiménez (2022): *New Sensing Technologies for Grain Moisture* - MDPI, Agriculture 2022 12(3), 386; 2022.03.09.  
URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture12030386>
10. Gillay Z. (2010): *DIELEKTROMOS NEDVESSÉGMÉRŐK KALIBRÁCIÓÁTVITELÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK* – doktori értekezés Budapesti Corvinus Egyetem (pp:11-13)  
URL: [https://phd.lib.uni-corvinus.hu/432/4/gillay\\_zoltan.pdf](https://phd.lib.uni-corvinus.hu/432/4/gillay_zoltan.pdf)

11. Nelson, S. O. (1992): *Measurement and Applications of Dielectric Properties of Agricultural Products* - ISEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 41:1, pp: 116 - 122, February, 1992
  
12. R.T. Blakey, A.M. Morales-Partera (2016): *Microwave dielectric spectroscopy – A versatile methodology for online, non-destructive food analysis, monitoring and process control* - Engineering in Agriculture, Environment and Food Volume 9, Issue 3, July 2016, pp: 264-273
  
13. Balogh M. (2010): *Milyen tulajdonságok jellemzik a jó minőségű alapanyagot és hogyan vizsgáljuk?* - Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet 2010; SZT-006-50
  
14. Nelson S.O.; Samir T. (2004): *Principles for microwave moisture and density measurement in grain and seed.* - J. Microw. Power Electromagn. Energy 2004, 39, pp: 107–117.
  
15. Kormann G., Demmel M. (1998): *Testing Stand for Yield Measurement Systems in Combine Harvesters* - Technische Universität München; Auern Institut für Landtechnik , ASEAE meeting 1998 Orlando, Florida USA; Paper No. 983102
  
16. Kandala, C.V.; Sundaram, J. (2009): *Estimating the moisture content of grain from impedance and phase angle measurements.* - IEEE Sensors Applications Symposium, New Orleans, LA, USA, 17–19 February 2009; pp. 65–69. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4801779>
  
17. Kormann et al. (2012) *Forage Harvester With A Chopping Mechanism And A Reworking Device Located, Downstream From The Chopping Mechanism* - Forage Harvester patent - US 2012/018514.0 A1
  
18. Lee Seungkyu (2020): *Development of Yield Sensor for Full-feeding Combine Harvesters* - Enhancing Yield Visualization; 2020. 03. 26.
  
19. Shearer, S.A., J.P. Fulton, S.G. McNeill, S.F. Higgins, és T.G. Mueller (1999): *Elements of Precision Agriculture: Basics of Yield Monitor Installation and Operation* - Univ. of Kentucky. URL: <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/pa/pa1/pa1.pdf>
  
20. R.L. (Bob) Nielsen (2020): *Yield Monitor Calibration* - Purdue Univ. Agronomy Dept., West Lafayette, IN 47907-2054 URL: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/YldMonCalibr.html>
  
21. Vértessy László (2023): *Precíziós mezőgazdaság: helyzetkép és gazdasági megfontolások*, MATE 2023 ISBN 978-963-623-039-5

22. Kauser J. (2018): *Mit kezdünk a hozamtérképpel? – avagy mindent a betakarítás kiértékeléséről.* Digitális Agrofórum – Agrofórum Online Blog 2018. 01. 30. URL: <https://agroforum.hu/blog/precizios-gazda/mit-kezdjunk-a-hozamterkeppel-avagy-mindent-a-betakaritas-kiertekeserol/>
23. Dr. Jóri J. István (2019): *A precíziós gazdálkodás gépesítési kérdései,* Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, 2019  
[https://mgi.naik.hu/system/files/uploads/2019-01/dr\\_jori\\_j\\_istvan\\_a\\_precizios\\_gazdalkodas\\_gepesitesi\\_kerdesei.pdf](https://mgi.naik.hu/system/files/uploads/2019-01/dr_jori_j_istvan_a_precizios_gazdalkodas_gepesitesi_kerdesei.pdf)
24. Carly Rae Morgan (2020): *Analysis of Combine Grain Yield Monitoring Systems: An evaluation of autonomous calibration of mass-flow sensor* - University of Manitoba 2020 Winnipeg, Manitoba, Canada
25. William Casady, Donald Pfost és Charles Ellis (1998): *Yield Monitors* - Water Quality publication; University of Missouri USA
26. Rebecca Barocco, Won Suk Lee, és Garret Hortman (2020): *YIELD MAPPING HARDWARE COMPONENTS FOR GRAINS AND COTTON USING ON-THE-GO MONITORING SYSTEMS;* 2020 University of Florida
27. H. Auernhammer, M. Demmel, T. Muhr, J. Rottmeier, K. Wild (1993): *YIELD MEASUREMENTS ON COMBINE HARVESTERS;* Technische Universität München; 1993 ASAE Meeting, Chicago; Paper No. 931506
28. Simon Blackmore (2003): *The role of yield maps in Precision Farming* - Cranfield University 2003. at Silsoe pp: 32.-34.
29. Karl Wild, Frank Martin, Torsten Schmiedel, Eric Hirschberg és Julius Müller (2014): *Yield measurements in a self-propelled forage harvester by means of X-rays;* Ref: C0652 Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014
30. Hajmásy Gy. (2019); *Hozammérési technológiák a John Deere betakarító gépeken* (Előadás anyag - Herman Otto Intézet) URL: <https://www.hermanottointezet.hu/sites/default/files/Kombajnhozamm%C3%A9r%C5%91k.pdf>
31. Bártfai Z.-Bense L.-Kocsis I. (2020): *A mezőgazdasági gépüzemeltetés alapjai* - Budapest, Herman Ottó Intézet, 378 p.
32. Mesterházi Á. (2017): *A precíziós gazdálkodásban rejlő lehetőségek* - egyetemi előadás 2017
33. Active Yield, Operation and Adjustment – publication of John Deere, 2022; letöltés: 2023.09.15.

34. Dennis Pennington (2016): *Yield monitor calibration procedure* - Michigan State University, 2016.09.29. URL: [https://www.canr.msu.edu/news/yield\\_monitor\\_calibration\\_procedure](https://www.canr.msu.edu/news/yield_monitor_calibration_procedure)
35. Joe D. Luck – John P. Fulton (2016): *Best management Practices for Collecting Accurate Yield Data* – Lincoln University of Nebraska; Extension EC2004  
<http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec2004.pdf>
36. Gaetano Messina, Giuseppe Modica (2020): *Applications of UAV Thermal Imagery in Precision Agriculture: State of the Art and Future Research Outlook* -- MDPI, Agriculture 2022 URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/9/1491>
37. Gépek közötti közvetlen adatszinkronizálás - Trimble Vehicle Sync 2022  
<https://www.axial.hu/gps/gps-vezert-termek/trimble/jarmuszinkronizalas>
38. Hajmász Gy. (2023): *Grain Sensing - fedélzeti terményminőség analízis a John Deere kombájnokon* – KITE Zrt. Műszaki Magazin 2023/2
39. Bártfai, Zoltán (2021): *Robotok a mezőgazdaságban* - Digitális Agrár Akadémia, 2021.
40. Simon Blackmore (2003): *The role of yield maps in Precision Farming* - Cranfield University at Silsoe 2003, USA
41. Csorba Á. (2017): *Reflektancia spektroszkópia alkalmazása talajtulajdonságok és talajosztályozási egységek meghatározásában* - Doktori (Ph.D) értekezés, Szent István Egyetem, 2017
42. *Krone digital systems* – Tulloch.nz, 2020; letöltés: 2023.08.25.  
[https://www.tulloch.nz/site/tulloch/2020\\_Brochures/DigitalSystems\\_EN\\_209020590\\_web.pdf](https://www.tulloch.nz/site/tulloch/2020_Brochures/DigitalSystems_EN_209020590_web.pdf)

## 8. Ábrajegyzék

- 1.ábra: Betakarítás a precíziós gazdálkodási rendszerben - *pgr.hu*, 2022
- 2.ábra: Hozammérők működési elv alapján történő csoportosítása - *Mesterházi Á.*, 2017
- 3.ábra: Hozammérők működési elv alapján történő felosztása - *aspexit.com*, 2020
- 4.ábra: Az önjáró szecskázó hozammérés elve - *Hajmásy Gy.*, 2019
- 5.ábra: Párhuzamos lemezes kondenzátor mérőcella, váltakozó áramú tápegységgel - *O. Flor et al.*, 2022
- 6.ábra: NIR érzékelő vázlatos működési ábrája - *O. Flor et al.*, 2022
- 7.ábra: A megfelhordó-elevátorra szerelt nedvességmérő kialakítása - *Shearer*, 1999
- 8.ábra: Az elektromágneses (EM) spektrum, kiemelve az infravörös (IR) tartományt - *Messina – Modica*, 2020
- 9.ábra: Gabonaminta vizsgálata NIR technológia segítségével - *Agvise Laboratories*, 2022
- 10.ábra: Hagyományos gabonakombájn felépítése és működő részei - *wikipedia.org*
- 11.ábra: Hozammérő és nedvességmérő szenzor elhelyezése a magfelhordó-ház tetején - *Hajmásy Gy.*, 2019
- 12.ábra: Hozammérő, nedvességmérő és dokumentációs modul elhelyezkedése gabonakombájnban - *Shearer*, 1999 – *saját szerkesztés*
- 13.ábra: Nedvesség és beltartalmi minőségszenzor elhelyezése a magfelhordó alsó részénél - *deere.com*, 2022
- 14.ábra: Az önjáró szecskázógép felépítése - *Kormann et al.*, 2012
- 15.ábra: Az önjáró szecskázó hozammérő szenzor elhelyezése - *Hajmásy Gy.*, 2019
- 16.ábra: Az önjáró szecskázó NIR szenzor elhelyezése - *HarvestLab3000 ; kite.hu*
- 17.ábra: Silózógép Szárazanyag tartalom szenzor elhelyezése - *Jaguár 800; claas.hu*
- 18.ábra: A hozammérés folyamata gabonakombájnban - *Hajmásy Gy.*, 2019
- 19.ábra: Optikai hozammérő szenzor felépítése - *Trimble hozammérő; axial.hu*
- 20.ábra: Ütközőlapos hozammérő szenzor - *B. Nielsen*, 2020
- 21.ábra: Hozammérők összehasonlító vizsgálata - *Kormann*, 1998
- 22.ábra: Nem lineáris kalibrációs görbe - *Nielsen*, 2020
- 23.ábra: Többpontos kalibráció végrehajtása - *Hajmásy Gy.*, 2019
- 24.ábra: Hozammérő pontossága az anyagáramtól függően *Hajmásy Gy.*, 2019

- 25.ábra: Betakarított terület kiszámítása *Hajmásy Gy., 2019*
- 26.ábra: Átfedés szabályozás működése - *Hajmásy Gy., 2019*
- 27.ábra: Hozammérési pontok rögzítése a területen – saját szerkesztés, *aspexit.com*
- 28.ábra: Rosszul beállított késleltetés - „lyukas” hozamtérképterületen - *Kauser, 2018*
- 29.ábra: Az aktív mérőcellák (3db) elhelyezése a magtartályban - *saját fotó*
- 30.ábra: A mérőcellák feletti magmennyiség mérése a magtartályban - *Hajmásy, 2019*
- 31.ábra: A hozamkalibráció aktív tartománya - *Hajmásy, 2019*
- 32.ábra: Aktív hozammérő rendszer fő részei és kapcsolódásuk - *Hajmásy, 2019*
- 33.ábra: Aktív hozammérő rendszer felépítése, saját szerkesztés - *deere.com*
- 34.ábra: AutoCalibrate automatikus kalibrációs mérleg rendszer - *tulloch.nz*
- 35.ábra: Vezeték nélküli adat megosztás a táblán belül – lefedési térkép, útirány - *Hajmásy, 2019*
- 36.ábra: Vezeték nélküli adat megosztás elvi vázlata – több gép között – *deere.com*
- 37.ábra: Lefedési térkép megosztás– 2 x JD S790 gép között – *saját, 4600 kijelző fotó*
- 38.ábra: Grain Sensing rendszer telepítése – S770 magfelhordóra – *saját fotó*

## 9. Mellékletek:

### 9.1. John Deere S700 kombájn anyagáram érzékelő + kalibráció – minta rögzítése, három különböző anyagáramlás szinten

**Minta rögzítése** ⓘ ⓘ ✕

**Mintafolyamat**

**Anyagáram**

**6.4**  
kg/mp  
Alacsony átf.

Min – Max

**Tömeg**

**700 kgs**

Terménytípus: Kukorica

Minta rögzítése

Törlés

Kész



**Minta rögzítése** ⓘ ⓘ ✕

**Mintafolyamat**

**Anyagáram**

**11.9**  
kg/mp  
Közepes átf.

Min – Max

**Tömeg**

**2,705 kgs**

Terménytípus: Kukorica

Minta rögzítése

Törlés

Kész

**Minta rögzítése** ⓘ ⓘ ✕

**Mintafolyamat**

**Anyagáram**

**22.5**  
kg/mp  
Nagy átfoly.

Min – Max

**Tömeg**

**3,298 kgs**

Terménytípus: Kukorica

Minta rögzítése

Törlés

Kész

## 9.2. Active Yield – automatikus hozamkalibráló rendszer - GS4 menüoldalak

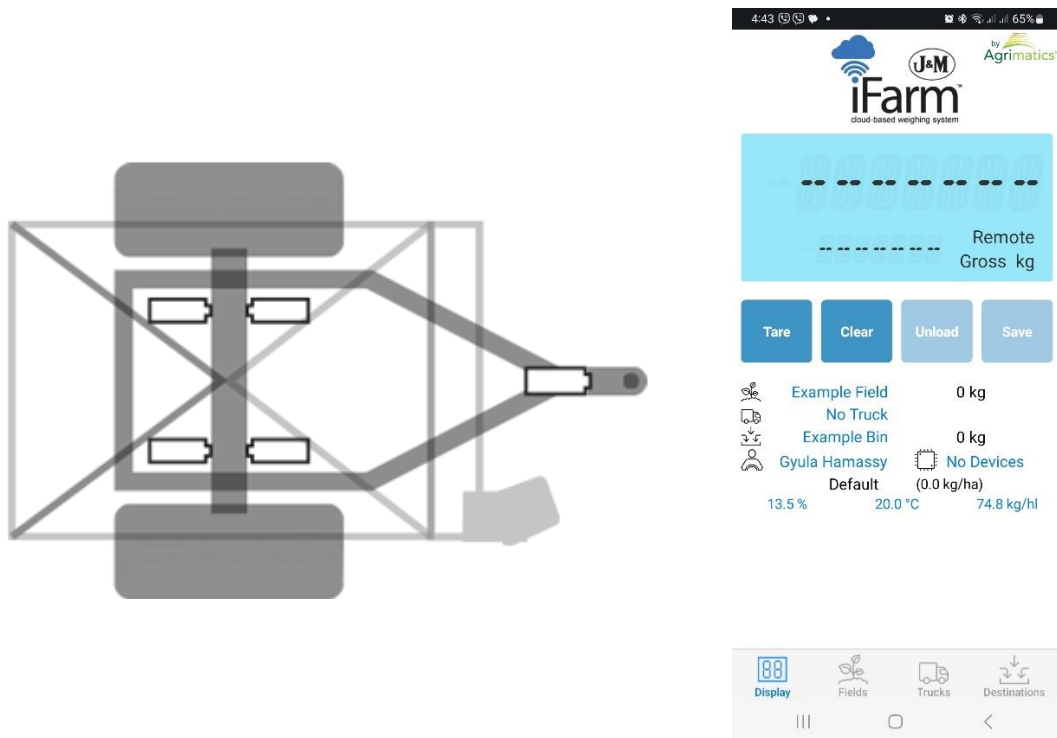
405 db elfogadott aktív kalibrációs minta:



Előzetes anyagáram rezgéskalibráció:



### 9.3. J&M automatikus súlyalapú termény átrakás és dokumentációs rendszer + iFarm applikáció



### 9.4. John Deere S700 kombájn kapacitív nedvesség érzékelő + NIR szenzor

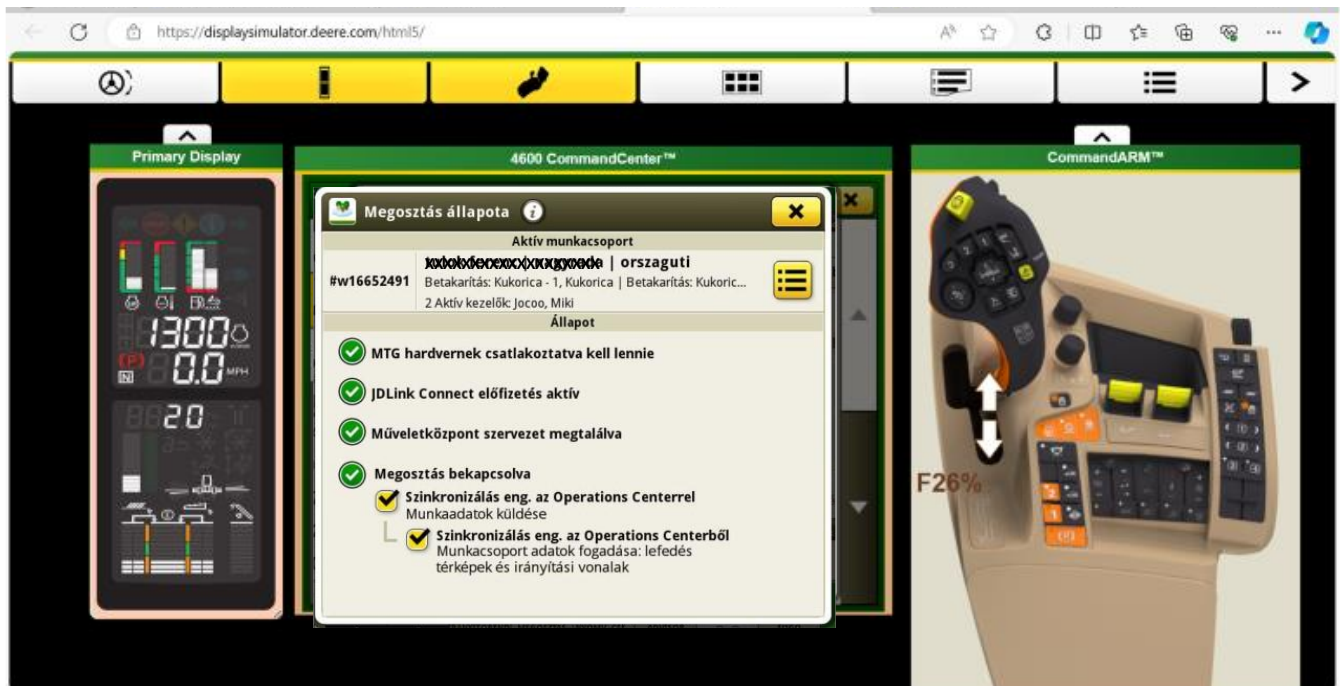


*AYM nedvességmérő*

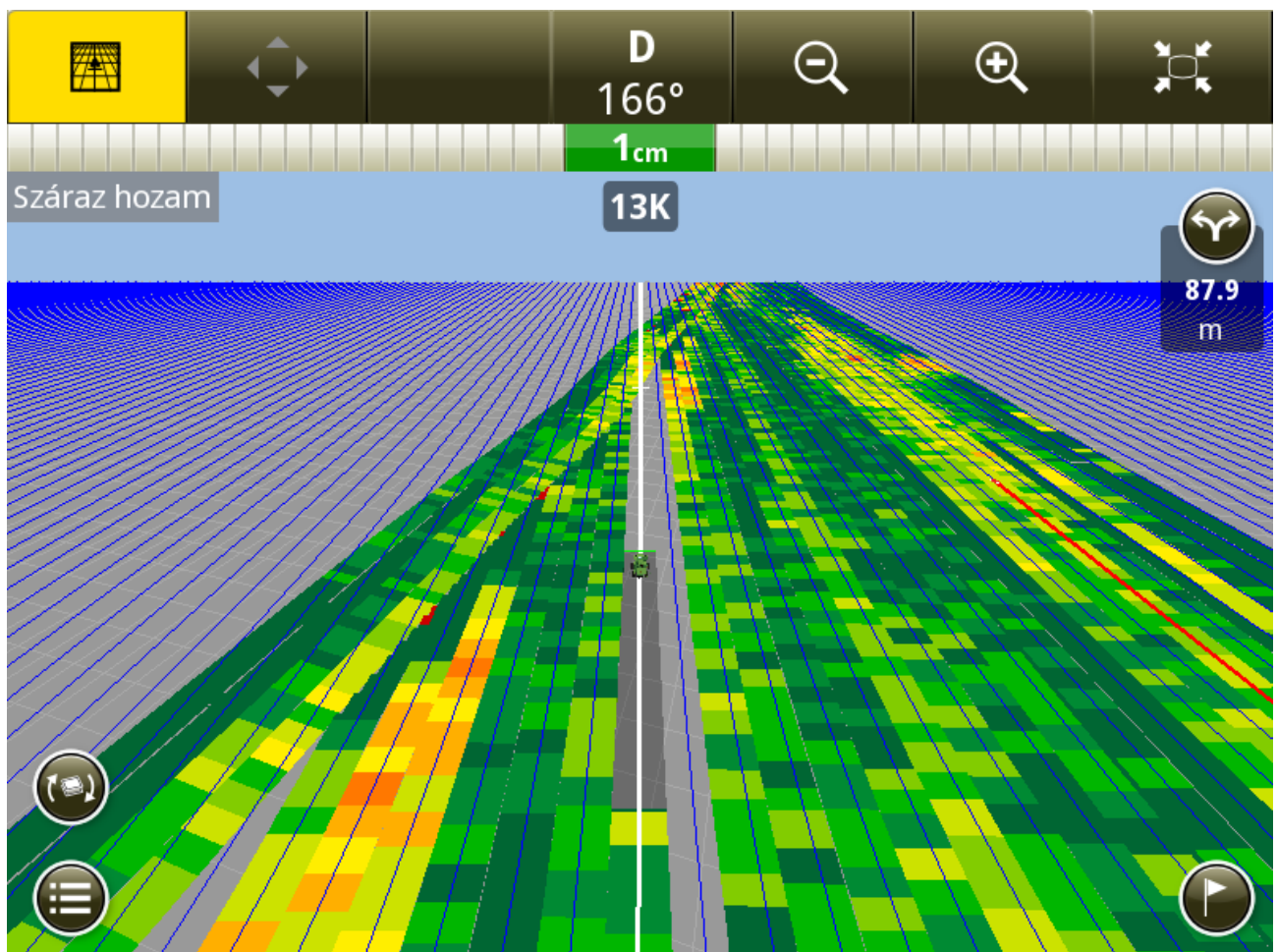


*HarvestLab 3000 szenzor*

### 9.5. IFDT – Táblán belüli adatmegosztás - beállítási menüoldal



### 9.6. Automatikus D-GPS alapú átfedés szabályozás – Hozamtérkép (kukorica)



## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

|                                 |                                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| A hallgató neve:                | Hajmásy Gyula                                   |
| A Hallgató Neptun kódja:        | S6VDD6                                          |
| A dolgozat címe:                | Betakarítógépek precíziós adatgyűjtő rendszerei |
| A megjelenés éve:               | 2023                                            |
| A konzulens intézetének neve:   | Műszaki Intézet                                 |
| A konzulens tanszékének a neve: | Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék  |

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

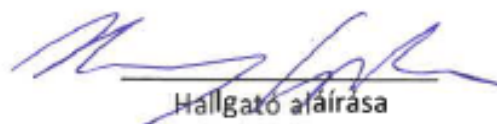
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Gödöllő, 2023. év 11. hó 10. nap



Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

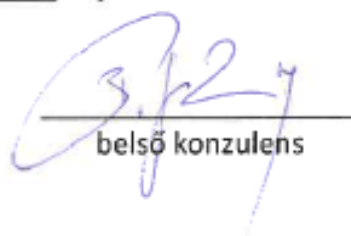
## NYILATKOZAT

Hajmász Gyula (név) (hallgató Neptun azonosítója: S6VDD6) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: Gödöllő év 2023. 10. hó 31. nap

  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.