

Mezőgazdasági gépek üzemeltetése

OKTATÁSI SEGÉDLET

PÉLDATÁR

Szerkesztette:
Dr. Kovács Zoltán

A tananyag elkészítését a „NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen, az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért” az EFOP-3.5.1-16-2017-00017 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

***„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”***

Szerkesztő:

Dr. Kovács Zoltán

Lektor:

Dr. Kerekes Benedek

Kiadja:

**Nyíregyházi Egyetem
Műszaki és Agrártudományi Intézet**

TARTALOMJEGYZÉK

1. GÉPESÍTÉSI MUTATÓK, GÉPESÍTÉS TERVEZÉSE.....	4
2. MOTORIKUS JELLEMZŐK SZÁMÍTÁSA	12
3. TRAKTOROK TELJESÍTMÉNY-VESZTESÉGEINEK SZÁMÍTÁSA	19
3.1. A mechanikai áttétel veszteségeinek sajátosságai	19
3.2. A hidraulikus átvitel veszteségeinek sajátosságai	23
4. ADHÉZIÓS ERŐ SZÁMÍTÁSA.....	37
6. TRAKTOROK, GÉPEK STABILITÁSA	48
7. GÉPCSOPORTOK MOZGÁSMÓDJÁVAL KAPCSOLATOS SZÁMÍTÁSOK.....	56

1. GÉPESÍTÉSI MUTATÓK, GÉPESÍTÉS TERVEZÉSE

Fontosabb fogalmak és rövid magyarázatok a fejezet feladatainak megoldásához

- **Traktoregység (TE):** a traktorkapacitás mérőszáma.
1 TE = 11 kW vonóhorog teljesítményű traktor.
- **Üzemi használhatósági traktoregység (TE):** figyelembe veszi a traktor munkagép-ellátottságát, használhatóságának körét, univerzalitását.
- **Normálhektár (nha):** a traktoros munkavégzés mértékegysége. 1 nha 1 ha közép kötött talajú, sík terület közepmély felszántásával egyenértékű munkát jelent. 1 TE ezt 3,47 óra alatt végzi el 8 kg (~9,5 l) hajtóanyag elfogyasztása mellett (jó műszaki állapot esetén). Minden traktoros munkát át lehet számítani nha-ra megfelelő átszámítási tényezők segítségével.
- **Területi kategóriák:** A mezőgazdasági területeket domborzati viszonyaik és kötöttségük alapján területi kategóriákba sorolják. Négy területi kategóriát különböztetünk meg (1. táblázat).

1. táblázat: Területi kategóriák

Területi kategóriák	Domborzati viszony	Talaj kötöttsége	Szorzókulcs
I.	sík (0-5%)	közép kötött	-
II.	sík (0-5%) enyhe lejtő (5-12 %)	kötött közép kötött	1,16
III.	sík (0-5%) enyhe lejtő (5-12 %) lejtő (12-17 %)	laza homok igen kötött kötött közép kötött	1,38
IV.	enyhe lejtő (5-12 %) lejtő (12-17 %)	laza homok igen kötött kötött igen kötött	1,72

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Nem ismert esetben 1 nha az a munka, melyet a jó műszaki állapotú traktor 8 kg (9,5 l) hajtóanyag elfogyasztása mellett elvégez.

- **A szállítási munkát** tonnakilométerben [tkm] mérjük. Átszámítása nha-ra a motor leterhelése és az útviszonyok alapján történik.

Pl.: szilárd útburkolat, traktoros szállítás	0,013 nha/tkm
szilárd útburkolat, tehergépkocsi	0,01 nha/tkm

1.1. Mintafeladat

A 2. táblázat alapján határozzuk meg egy $P_n=120$ kW névleges motorteljesítményű, négykerék-hajtású traktor területteljesítményét a különböző területi kategóriákban és műveletekben!

A feladat megoldásához ismerni kell az adott traktor kapacitását (TE), melyet az alábbi összefüggéssel határozhatunk meg:

$$TE = \frac{P_n \cdot \tau \cdot \eta_v}{11}$$

ahol: P_n - névleges teljesítmény [kW],

τ - terhelési tényező,

η_v - vontatási hatásfok, melynek értékei

hátsókerék-hajtásnál $\eta_{v2}=0,6$,

négykerék-hajtásnál $\eta_{v4}=0,67$,

lánctalpas, gumihevederes hajtásnál $\eta_{vL}=0,7$.

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

2. táblázat: Átszámítási tényezők

Sor- szám	Művelet megnevezése	Normálhektár átszámítási tényező [nha/ha]			
		I.	II.	III.	IV.
		területi kategóriában			
1.	Szántás 20 cm-ig	1,00	1,16	1,38	1,72
2.	Szántás 27-32 cm-ig	1,90	2,20	2,62	3,27
3.	Mélylazítás (80 cm)	4,00	4,64	5,52	6,88
4.	Tarlóhántás tárcsával	0,55	0,64	0,76	0,95
5.	Magágykészítés kombinátorral	0,45	0,52	0,62	0,77

Megoldás:

Az adott traktor traktoregység (TE) értéke:

$$TE = \frac{P_n \cdot \tau \cdot \eta_v}{11} = \frac{120 \cdot 0,9 \cdot 0,67}{11} = 6,59$$

3,47 óra alatt 6,59 nha-t teljesít, tehát óránként:

$$W_{nha} = \frac{TE}{3,47} = \frac{6,59}{3,47} = 1,9 \text{ [nha/h]}$$

A különböző kulcsszámú munkákban elért óránkénti területteljesítmény az alábbi képlettel számolható:

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

$$W = \frac{W_{nha}}{k} [\text{ha/h}],$$

ahol: k – a kulcsszám

3. táblázat: A számított értékek táblázatba foglalva

Sor- szám	Művelet megnevezése	területteljesítmény [ha/h]			
		I.	II.	III.	IV.
		területi kategóriában			
1.	Szántás 20 cm-ig	1,9	1,64	1,38	1,10
2.	Szántás 27-32 cm-ig	1,00	0,86	0,73	0,58
3.	Mélylazítás (80 cm)	0,48	0,41	0,34	0,28
4.	Tarlóhántás tárcsával	3,45	2,97	2,5	2,00
5.	Magágykészítés kombinátorral	4,22	3,65	3,06	2,47

1.2. Mintafeladat

Adott egy $P_n=58$ [kW] névleges motorteljesítményű hátsókerék hajtású traktor, melynek vontatási hatásfok $\eta_v=0,5$, a terhelési viszony pedig $\tau=0,85$.

Kérdések:

1. Hány TE-nek felel meg az adott traktor kapacitása?
2. Hogyan változik a TE-ben kifejezett traktor-kapacitás, ha a vontatási hatásfok 20 %-kal megnő?

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Megoldás:

A TE számítása:

$$TE = \frac{P_n \cdot \tau \cdot \eta_v}{11} = \frac{58 \cdot 0,85 \cdot 0,5}{11} = 2,24$$

A 20 %-kal növekedett vontatási hatások esetén a TE a következőképpen alakul:

$$TE = \frac{P_n \cdot \tau \cdot \eta_v}{11} = \frac{58 \cdot 0,85 \cdot (1,2 \cdot 0,5)}{11} = 2,69$$

1.3. Mintafeladat

Középkötött, sík talajon mélyszántást végzünk $B=1,05$ m munkaszélességű és $v_h=1,88$ m/s művelési sebességű ekével. A nha átszámítási kulcs $k=2,29$ nha/ha (középkötött, sík fekvésű talaj, mélyszántás 25 cm-ig), az időkihasználási tényező $K=0,7$ (az alapidő és a műszaki idő aránya).

Kérdések:

1. Mennyi lesz a gépcsoport műszakteljesítménye? $[ha/műszaknap]$, illetve $[nha/műszaknap]$
2. Mekkora az idényteljesítmény, ha az idényben ledolgozott műszaknapok száma $N=38$ $[műszaknap/idény]$? $[ha/idény]$, illetve $[nha/idény]$

Megoldás:

Területteljesítmény egy műszaknap alatt (1 műszaknap = 10 óra):

$$W_{mü} = \frac{B \cdot v_h \cdot 3600}{10000} \cdot 10 \cdot K = B \cdot v_h \cdot K \cdot 3,6 = 1,05 \cdot 1,88 \cdot 0,7 \cdot 3,6 = 4,97 [ha/műszaknap]$$

Átszámolva normálhektárra:

$$W_{nha} = W_{mü} \cdot k = 4,97 \cdot 2,29 = 11,39 [nha/műszaknap]$$

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

A gépcsoport idényteljesítménye:

$$W_{idény} = W_{mü} \cdot N = 4,97 \cdot 38 = 188,86 \text{ [ha/idény]}$$

Átszámolva normálhektárra:

$$W_{idény\ nha} = W_{idény} \cdot k = 188,86 \cdot 2,29 = 432,49 \text{ [nha/idény]}$$



HÁZI FELADAT: a fenti mintafeladatok alapján végezze el az alábbi számításokat!

1.4. Gyakorló feladat

A 2. táblázat alapján határozza meg egy $P_n=55$ kW névleges motorteljesítményű, kétkerék-hajtású traktor területteljesítményét a különböző területi kategóriákban és műveletekben!

1.5. Gyakorló feladat

A 2. táblázat alapján határozza meg egy $P_n=210$ [kW] névleges motorteljesítményű, gumihevederes járászerkezetű traktor területteljesítményét a különböző területi kategóriákban és műveletekben!

1.6. Gyakorló feladat

Adott egy $P_n=110$ [kW] névleges motorteljesítményű négykerék-hajtású traktor, melynek vontatási hatásfok $\eta_v=0,6$, a terhelési viszony pedig $\tau=0,87$.

Kérdések:

1. Hány TE-nek felel meg az adott traktor kapacitása?

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

2. Hogyan változik a TE-ben kifejezett tartókapacitás, ha a vontatási hatások 10 %-kal megnő?

1.7. Gyakorló feladat

Adott egy $P_n=210$ [kW] névleges motorteljesítményű gumihevederes járszerkezetű traktor, melynek vontatási hatások $\eta_v=0,7$, a terhelési viszony pedig $\tau=0,9$.

Kérdések:

1. Hány TE-nek felel meg az adott traktor kapacitása?
2. Hogyan változik a TE-ben kifejezett tartókapacitás, ha a vontatási hatások 10 %-kal csökken?

1.8. Gyakorló feladat

Középkötött, sík talajon mélyszántást végzünk $B=1,6$ m munkaszélességű és $v_h=10$ km/h művelési sebességű ekével. A nha átszámítási kulcs $k=2,29$ nha/ha (középkötött, sík fekvésű talaj, mélyszántás 25 cm-ig), az időkihasználási tényező $K=0,75$ (az alapidő és a műszaki idő aránya).

Kérdések:

1. Mennyi lesz a gépcsoport műszakteljesítménye? [$ha/műszaknap$], illetve [$nha/műszaknap$]
2. Mekkora az időnteljesítmény, ha az időben ledolgozott műszaknapok száma $N=25$ [$műszaknap/idény$] [$ha/idény$], illetve [$nha/idény$]

1.9. Gyakorló feladat

Kötött, enyhén lejtős talajon mélyszántást végzünk $B=1,4$ m munkaszélességű és $v_h=8$ km/h művelési sebességű ekével. A nha átszámítási kulcs $k=2,29$ nha/ha (kötött, enyhén lejtős talaj, mélyszántás 25 cm-ig), az időkihasználási tényező $K=0,72$ (az alapidő és a műszaki idő aránya).

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Kérdések:

1. Mennyi lesz a gépcsoport műszakteljesítménye? *[ha/műszaknap]*, illetve *[nha/műszaknap]*
2. Mekkora az idényteli teljesítmény, ha az idényben ledolgozott műszaknapok száma $N=32$ *[műszaknap/idény]*? *[ha/idény]*, illetve *[nha/idény]*

2. MOTORIKUS JELLEMZŐK SZÁMÍTÁSA

Fontosabb fogalmak és rövid magyarázatok a fejezet feladatainak megoldásához

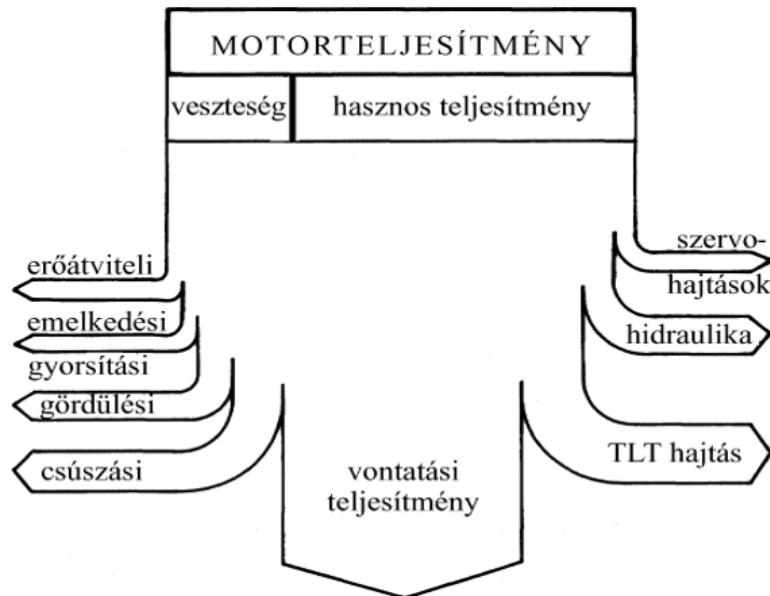
- **A TRAKTOR** mechanikai energiát szolgáltató motor, energiaforrás, amely a hajtóanyag kémiai energiáját mechanikai energiává alakítja át. Eközben jellemző rá:
 - a jelentős energia-veszteség,
 - a teljesítmény-leadás (TLT-n keresztül is),
 - a vonóerő-kifejtés (vonószerkezeten keresztül),
 - hidraulikus teljesítmény-leadás (hidraulikus rendszer).
- **Fajlagos hajtóanyag-fogyasztás:** azt mutatja meg, hogy a motor az elhasznált kémiai energiát milyen mértékben képes mechanikai energiává alakítani, vagyis az *egységnyi munka* eléréséhez szükséges hajtóanyag-fogyasztást fejezi ki.

$$b = \frac{B_t}{P_e} \cdot 10^3 [g/kWh]$$

ahol: B_t – óránkénti hajtóanyag-fogyasztás [kg/h],

P_e – effektív teljesítmény [kW].

- **Regulátor egyenlőtlenségi fok (δ_R):** azt mutatja meg, hogy a leszabályozás szakasza n_n és n_{max} között milyen meredek.
- **A traktormotor teljesítményének eloszlása arányosan, ha a motorteljesítményt vesszük 100%-ra. (1. ábra):**



1. ábra: A traktormotor teljesítményének eloszlása

- **Rugalmassági tényező:** azt fejezi ki, hogy a maximális nyomaték (M_{max}) és a névleges fordulatszámhoz n_n (vagy a maximális teljesítményhez M_{Pmax}) tartozó nyomaték (M_n) viszonya milyen:

$$K = \frac{M_{max}}{M_n}$$

vagy

$$K = \frac{M_{max}}{M_{Pmax}}$$

2.1. Mintafeladat

Egy Diesel-motor maximális nyomatéka $M_{max}= 300 \text{ Nm}$, rugalmassági tényezője $K=1,15$, névleges fordulatszáma $n_n=30 \text{ s}^{-1}$.

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Kérdések:

Mennyi a motor névleges (P_n) teljesítménye? [kW]

Megoldás:

A rugalmassági tényezőtől a motor névleges nyomatéka:

$$K = e = \frac{M_{\max}}{M_n} \Rightarrow M_n = \frac{M_{\max}}{K} = \frac{300}{1,15} = 260,87 \text{ [Nm]}$$

A motor névleges teljesítménye:

$$P_n = M_n \cdot \omega = M_n \cdot 2\pi \cdot n_n = 260,87 \cdot 2\pi \cdot 30 = 49172,83 \text{ [W]} = 49,17 \text{ [kW]}$$

2.2. Mintafeladat

Egy diesel-motor maximális fordulatszáma $n_{\max}=33 \text{ s}^{-1}$, a regulátor egyenlőtlenségi foka $\delta_R=0,105$, névleges nyomatéka $M_n=250 \text{ Nm}$.

Kérdések:

1) Mennyi a motor névleges (P_n) teljesítménye? [kW]

Megoldás:

A regulátor egyenlőtlenségi foka:

$$\delta_R = \frac{2 \cdot (n_{\max} - n_n)}{n_{\max} + n_n}$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Ezt átrendezve névleges fordulatszámra:

$$n_n = \frac{2 - \delta_R}{2 + \delta_R} \cdot n_{\max} = \frac{2 - 0,105}{2 + 0,105} \cdot 33 = 29,71 \left[\frac{1}{s} \right]$$

A motor névleges teljesítménye:

$$P_n = M_n \cdot \omega = M_n \cdot 2\pi \cdot n_n = 250 \cdot 2\pi \cdot 29,71 = 46668,36 [W] = 46,6 [kW]$$

2.3. Mintafeladat

Egy Diesel-motor maximális nyomatéka $M_{\max}=320$ Nm, rugalmassági tényezője $K=1,15$, óránkénti hajtóanyag-fogyasztása üzemi fordulatszám mellett $B_{\bar{u}}=11$ kg/h, üzemi fajlagos fogyasztása $b_{\bar{u}}=255$ g/kWh, a regulátor egyenlőtlenségi foka $\delta_R=0,09$, maximális fordulatszáma $n_{\max}=32$ s⁻¹.

Kérdések:

1. Mennyi a motor terhelési tényezője (τ)?

Megoldás:

A motor üzemi teljesítménye:

$$P_{\bar{u}} = \frac{B_{\bar{u}}}{b_{\bar{u}}} = \frac{11 \cdot 10^3}{255} = 43,14 [kW]$$

A motor névleges nyomatéka:

$$K = e = \frac{M_{\max}}{M_n} \Rightarrow M_n = \frac{M_{\max}}{K} = \frac{320}{1,15} = 278,26 [Nm]$$

A motor névleges fordulatszáma:

$$n_n = \frac{2 - \delta_R}{2 + \delta_R} \cdot n_{max} = \frac{2 - 0,09}{2 + 0,09} \cdot 32 = 29,24 \left[\frac{1}{s} \right]$$

A motor névleges teljesítménye:

$$P_n = M_n \cdot \omega = M_n \cdot 2\pi \cdot n_n = 278,26 \cdot 2\pi \cdot 29,24 = 52775,5 [W] = 52,7 [kW]$$

A motor terhelési tényezője:

$$\tau = \frac{P_{\bar{u}}}{P_n} = \frac{43,14}{52,7} = 0,82$$

2.4. Mintafeladat

Egy dízel motor névleges teljesítménye $P_n=70$ kW, a terhelési viszony pedig $\tau=0,87$. A motor üzemi fordulatszáma $n_{\bar{u}}=1820$ min⁻¹.

Kérdések:

1. Mekkora lesz a motor üzemi nyomatéka ($M_{\bar{u}}$)? [Nm]

Megoldás:

A motor üzemi teljesítménye a terhelési tényező alapján számolható:

$$\tau = \frac{P_{\bar{u}}}{P_n} \Rightarrow P_{\bar{u}} = \tau \cdot P_n = 0,87 \cdot 70 = 60,9 [kW]$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Ezek alapján pedig az üzemi nyomaték:

$$M_{\ddot{u}} = \frac{P_{\ddot{u}}}{2\pi \cdot n_{\ddot{u}}} = \frac{60,9 \cdot 10^3 \cdot 60}{2\pi \cdot 1820} = 319,53 [Nm]$$

2.5. Mintafeladat

Egy motor névleges nyomatéka $M_n=350 \text{ Nm}$, névleges fordulatszáma $n_n=2200 \text{ min}^{-1}$. Az üzemi fordulatszám $n_{\ddot{u}}=1950 \text{ min}^{-1}$, a terhelési tényező pedig $\tau=0,85$.

Kérdések:

Mekkora lesz az üzemi nyomaték $M_{\ddot{u}}=? [Nm]$

Megoldás:

A motor névleges teljesítménye:

$$P_n = M_n \cdot \omega = M_n \cdot 2\pi \cdot n_n = 350 \cdot 2\pi \cdot \frac{2200}{60} = 80634,21 [W] = 80,6 [kW]$$

Ez alapján és a terhelési tényező alapján az üzemi teljesítmény számolható:

$$\tau = \frac{P_{\ddot{u}}}{P_n} \Rightarrow P_{\ddot{u}} = \tau \cdot P_n = 0,85 \cdot 80,6 = 68,51 [kW]$$

Az üzemi teljesítmény ismeretében pedig az üzemi nyomaték már számolható:

$$M_{\ddot{u}} = \frac{P_{\ddot{u}}}{2\pi \cdot n_{\ddot{u}}} = \frac{68,51 \cdot 10^3 \cdot 60}{2\pi \cdot 1950} = 335,5 [Nm]$$

2.6. Mintafeladat

Adott dízel motor névleges teljesítménye $P_n=80$ kW, üzemi nyomatéka $M_{\bar{u}}=320$ Nm. A motor órás hajtóanyag-fogyasztása $B_t=18$ kg/h, üzemi fordulatszáma $n_{\bar{u}}=36$ s⁻¹.

Kérdések:

1. Mekkora lesz a motor terhelési viszonya (τ) ? [%]
2. Mekkora lesz a motor fajlagos hajtóanyag-fogyasztása (b_t)? [g/kWh]

Megoldás:

A motor üzemi teljesítménye:

$$P_{\bar{u}} = M_{\bar{u}} \cdot 2\pi \cdot n_{\bar{u}} = 320 \cdot 2\pi \cdot 36 = 72382,29 [\text{W}] = 72,38 [\text{kW}]$$

A motor terhelési viszonya:

$$\tau = \frac{P_{\bar{u}}}{P_n} = \frac{72,38}{80} = 0,905 \Rightarrow 90,5 \%$$

A motor fajlagos fogyasztása:

$$b = \frac{B_{\bar{u}} \cdot 10^3}{P_{\bar{u}}} = \frac{18 \cdot 10^3}{72,38} = 248,69 \left[\frac{\text{g}}{\text{kWh}} \right]$$

3. TRAKTOROK TELJESÍTMÉNY-VEZTESÉGEINEK SZÁMÍTÁSA

Fontosabb fogalmak és rövid magyarázatok a fejezet feladatainak megoldásához

Az üzemi teljesítmény ($P_{\text{ü}}$) egy része a teljesítménytovábbításban elvész. A motor üzemi teljesítménye fedezi ezeket a veszteségeket (P_{ve}), valamint a hasznos teljesítményt (P_{haszn}) is biztosítja.

$$P_{\text{ü}} = P_{\text{haszn}} + P_{\text{ve}} \text{ [W]}$$

A fellépő veszteségek:

- áttételi teljesítményveszteség - P_{A} (mech., hidr. erőátvitel, stb.) [W],
- csúszási teljesítményveszteség - P_{cs} [W],
- önvontatási teljesítményveszteség - $P_{\text{ö}}$ [W]

$$P_{\text{ve}} = P_{\text{A}} + P_{\text{cs}} + P_{\text{ö}} \text{ [W]}$$

Az áttételi teljesítményveszteségek a hajtásátadó elemeken keletkeznek (pl. TLT, hidr. szivattyú, stb.).

3.1. A mechanikai áttétel veszteségeinek sajátosságai

- a mechanikai hajtás elemein a teljesítmény egy része hővé alakul,
- fogaskerek, lánc, csavarhajtás teljesítményvesztesége számítható,
- csapágyak és tengelykapcsoló veszteségei elhanyagolhatók.

Fogaskerékpár hatásfoka:

$$\eta_{\text{FK}} = 1 - 6\mu \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right)$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

ahol: μ - súrlódási tényező (0,06-0,14),

z_1 és z_2 – a fogaskerekek fogszáma.

A fogaskerékhajtásoknál a gyakorlatban általában a következő hatásfok értékekkel számolunk:

- homlokfogaskerekek 0,975,
- kúpfogaskerekek 0,965,
- lánchajtás 0,945,
- csavarhajtás 0,800,
- ékszíjhajtás 0,960

Az erőátviteli szerkezetek **összhatásfoka** az áttételi elempárok részhatásfokainak szorzatával egyenlő:

$$\eta_a = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

Az üzemi teljesítmény ($P_{\bar{u}}$) megoszlása:

$$P_{\bar{u}} = P_{\bar{u}K} + P_{\bar{u}TLT} + P_{\bar{u}HIDR} \quad [W]$$

ahol: $P_{\bar{u}K}$ - az üzemi teljesítmény kerékhajtásra fordított része [W],

$P_{\bar{u}TLT}$ - az üzemi teljesítmény TLT hajtásra fordított része [W],

$P_{\bar{u}HIDR}$ - az üzemi teljesítmény hidraulika

szivattyú hajtására fordított része [W].

Hatásfok: az adott irányban hasznosuló és az oda bevezetett teljesítmény viszonyát jelenti.

$$\eta_{AK} = \frac{P_K}{P_{\dot{u}K}}; \quad \eta_{ATLT} = \frac{P_{TLT}}{P_{\dot{u}TLT}}; \quad \eta_{AHIDR} = \frac{P_{HIDR}}{P_{\dot{u}HIDR}};$$

ahol: P_K – a hajtókerék tengelyére leadott telj. [W],

P_{TLT} – a TLT-re leadott telj. [W],

P_{HIDR} – a hidraulika szivattyú tengelyére leadott telj. [W].

Az áttétel hatásfoka a nyomaték és a szögsebesség ismeretében is számítható:

$$\eta_{AK} = \frac{M_K \cdot \omega_K}{M_{\dot{u}K} \cdot \omega_{\dot{u}}} = \frac{M_K \cdot \omega_K}{M_{\dot{u}K} \cdot i \cdot \omega_k} = \frac{M_K}{i \cdot M_{\dot{u}K}}$$

ahol: ω_K – a hajtott kerék szögsebessége [s^{-1}],

M_K – a hajtott kerék nyomatéka [Nm],

$\omega_{\dot{u}}$ – a motor főtengetyének szögsebessége [s^{-1}],

i – az áttétel módosítás.

Értelemszerűen a TLT és a hidraulika szivattyú áttételére is alkalmazható az összefüggés.

Az áttételi teljesítmény-veszteségek értéke:

$$P_{AK} = P_{\dot{u}K} - P_K = P_{\dot{u}K} - \eta_{AK} \cdot P_{\dot{u}K} = P_{\dot{u}K} \cdot (1 - \eta_{AK}) \quad [W]$$

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

$$P_{\dot{A}TLT} = P_{\dot{u}TLT} - P_{TLT} = P_{\dot{u}TLT} - \eta_{\dot{A}TLT} \cdot P_{\dot{u}TLT} = P_{\dot{u}TLT} \cdot (1 - \eta_{\dot{A}TLT}) \quad [W]$$

$$P_{\dot{A}HIDR} = P_{\dot{u}HIDR} - P_{HIDR} = P_{\dot{u}HIDR} - \eta_{\dot{A}HIDR} \cdot P_{\dot{u}HIDR} = P_{\dot{u}HIDR} \cdot (1 - \eta_{\dot{A}HIDR}) \quad [W]$$

ahol: $P_{\dot{A}K}$ – a kerékhajtás áttételi telj. vesztesége [W],

$P_{\dot{A}TLT}$ – a TLT hajtás áttételi telj. vesztesége [W],

$P_{\dot{A}HIDR}$ – a hidraulika szivattyú hajtás áttételi teljesítmény-vesztesége [W].

Ezek alapján az összes áttételi teljesítmény-veszteség:

$$P_{\dot{A}} = P_{\dot{A}K} + P_{\dot{A}TLT} + P_{\dot{A}HIDR} \quad [W]$$

Lánc talpas, illetve gumihevederes járó szerkezetű traktor esetén a lánc talp súrlódása is veszteséget eredményez, így az áttételi hatások:

$$\eta_{\dot{A}L} = \eta_{\dot{A}K} \cdot \eta_L$$

$$\eta_L = 0,86 \dots 0,90.$$

Az áttételi teljesítmény-veszteségek csökkentésének módjai:

- kevesebb elemmel visszük át a hajtást,
- kenőanyagokat (pl. olaj, zsír, stb.) alkalmazunk,
- megfelelő üzemi hőmérséklet,
- megfelelő kenőanyag-minőség.

3.2. A hidraulikus átvitel veszteségeinek sajátosságai

A hidraulikus teljesítmény-átvitel történhet hidrodinamikus (az áramló folyadék mozgási energiája) és hidrosztatikus (a folyadék nyomása) úton.

A **hidrodinamikus tengelykapcsoló** előnyei:

- a motort a dinamikus igénybevételtől, a teljesítmény átvivő elemeket pedig a túlterheléstől megvédi,
- lehetővé teszi a terhelés melletti indítást,
- tartósan üzemelhet csúszással, kevésbé kopik.

A **hidrodinamikus tengelykapcsoló** hátrányai:

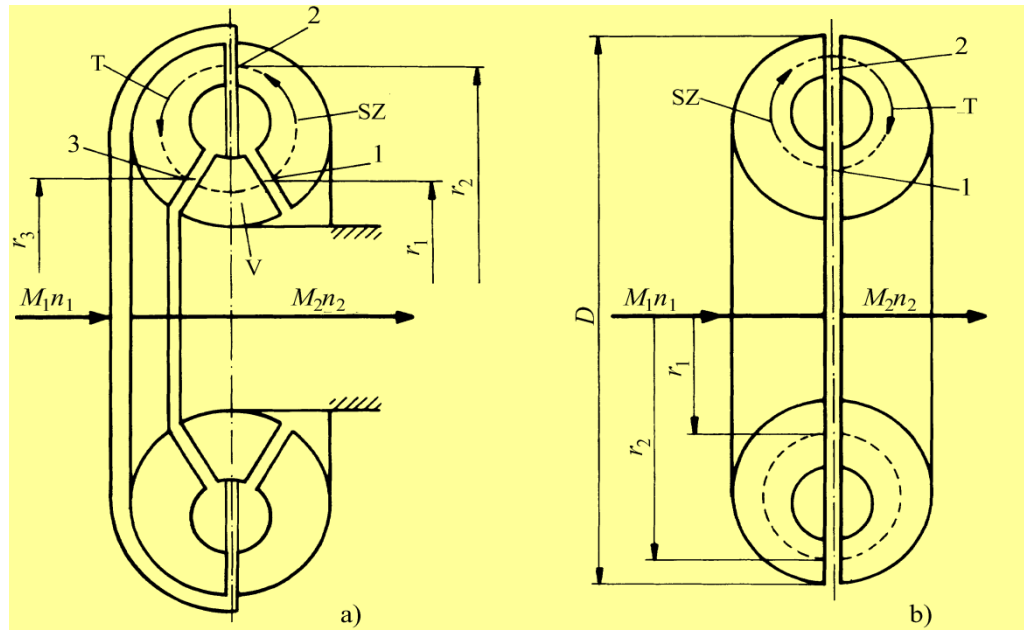
- a motor fordulatszámának növekedésével automatikusan bekapcsol,
- a motor fordulatszámának csökkenésekor nem kapcsol ki automatikusan (rendszerint kell egy mechanikus tengelykapcsoló is),
- az átvitel jelentős teljesítményvesztéssel jár.

A hidrodinamikus tengelykapcsoló **szivattyúból** (SZ) és **turbinából** (T) áll (2. ábra), melyek nyomatéka azonos, azaz:

$$M_{SZ} = M_T$$

ahol: M_{SZ} – szivattyú nyomatéka [Nm]

M_T – turbina nyomatéka [Nm]



2. ábra: A hidrodinamikus (a) nyomatékvtó és (b) tengelykapcsoló

Az áttételi módosítás pedig:

$$i = \frac{n_T}{n_{SZ}}$$

ahol: n_{SZ} – szivattyú fordulatszáma [1/min]

n_T – turbina fordulatszáma [1/min]

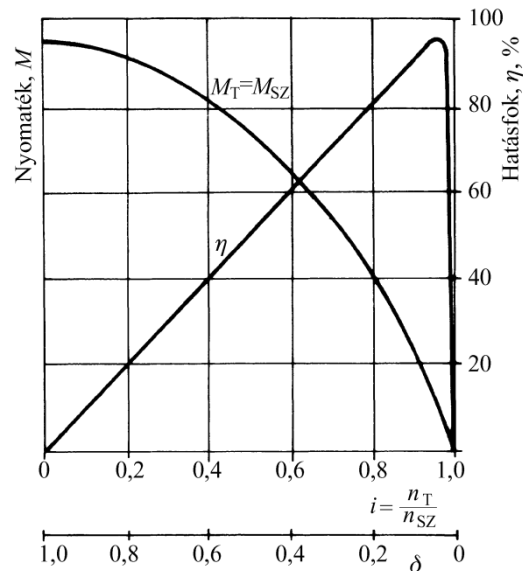
A csúszás (szlip):

$$\delta = \frac{n_{SZ} - n_T}{n_{SZ}} = 1 - \frac{n_T}{n_{SZ}} = 1 - i$$

A hatások a turbina- és a szivattyúteljesítmény hányadosa:

$$\eta_{HD} = \frac{P_T}{P_{SZ}} = \frac{M_T \cdot \omega_T}{M_{SZ} \cdot \omega_{SZ}} = \frac{M_T \cdot 2\pi \cdot n_T}{M_{SZ} \cdot 2\pi \cdot n_{SZ}}$$

De csak $i=0-0,96$ között (3. ábra).



3. ábra: Hidrodinamikus tengelykapcsoló hatásfok- és nyomatékdiagramja

Hidrosztatikus teljesítményátvitel: 100-250 bar nyomáson, 0,80-0,85 értékű hatásfok mellett.

A hajtás áttétele:

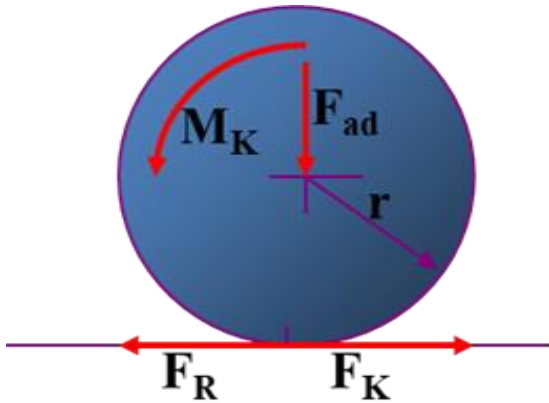
$$i = \frac{q_{SZ}}{q_M} = \frac{M_{SZ}}{M_M} = \frac{n_{SZ}}{n_M}$$

A csúszási veszteségek a kerék-talaj kapcsolatban ébrednek, amely egy dörzshajtásként értelmezhető (4. ábra).

$$F_K = \frac{M_K}{r} \quad [Nm]$$

Ahol: M_K - kerékre ható nyomaték [Nm]

r – kerék sugara [m]



4. ábra: Talaj és kerék közötti kapcsolat erőhatásai

Ha $F_K > F_R$ a talaj tömörödik és a kerék elmozdul. Ha $F_K = F_R$ a kerék legördül a talajon.

A kerékcúsás (δ) a sebességvesztés és a kerületi sebesség (v_K) viszonya:

$$\delta = \frac{v_K - v_h}{v_K}$$

A csúszás meghatározása számítással:

$$\delta = a\mu + b\mu^c$$

ahol: μ - adhéziós tényező,

a, b, c – a talajtól és a keréktől függő állandók.

Az adhéziós tényező számítása:

$$\mu_{ad} = \frac{F_K}{F_{ad}}$$

ahol: F_K - kerékerő [N],

F_{ad} – a hajtott kerékre ható erő, amely a talajra merőleges irányú és a talaj-kerék érintkezési pontjában ébred [N].

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

A csúszás meghatározása méréssel is lehetséges. Ilyenkor azt vizsgáljuk, hogy állandó kerékfordulat ($n=\text{áll.}$) esetén mennyi a tiszta gördüléssel (s_{el}), illetve a valóságban csúszással megtett út (s_t).

$$\delta = \frac{S_{el} - S_t}{S_{el}}$$

Vagy: állandó úthosszra ($s=\text{áll.}$) kiszámolják az elméletileg szükséges kerékfordulatot (n_{el}) és megméri a valóságos értéket (n_t):

$$\delta = \frac{n_t - n_{el}}{n_t}$$

Ez alapján a sebességveszteség:

$$v_v = v_k - v_h = \delta \cdot v_k$$

A csúszási teljesítményveszteség:

$$P_{cs} = F_k \cdot v_v \quad [W]$$

A kerékre leadott teljesítmény:

$$P_K = F_k \cdot v_K \quad [W]$$

A továbbító teljesítmény (a csúszás után megmaradó teljesítmény):

$$P_T = P_K - P_{cs} = F_k \cdot v_k - F_k \cdot v_v = F_k (v_k - v_v) = F_k \cdot v_h \quad [W]$$

A csúszási hatásfok:

$$\eta_{cs} = \frac{P_T}{P_K} = \frac{F_k (v_k - \delta \cdot v_k)}{F_k \cdot v_k} (1 - \delta)$$

Önvontatási veszteségek (vonóerő veszteségek):

$$F_{VH} = F_k - F_v \quad [N]$$

A vonóerő veszteség összetevői:

$$F_V = F_G + F_\alpha + F_A \quad [N]$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

ahol: F_G – gördülési ellenállás [N],

F_α - emelkedési ellenállás [N],

F_A – gyorsítási erő [N].

A számítás során a légellenállástól eltekintünk.

A gördülési ellenállás számítása:

$$F_G = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \quad [N]$$

Az emelkedési ellenállás számítása:

$$F_\alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad [N]$$

A gyorsítási erő számítása:

$$F_A = m \cdot a \quad [N]$$

ahol: f – gördülési ellenállási tényező (0,05-0,2),

m – a traktor tömege [kg],

g – nehézségi gyorsulás [9,81 m/s²],

α - az emelkedő szöge [fok, rad],

a – a traktor gyorsulása [m/s²].

A lejtőn lefelé „ α ” értéke negatív, lassulás esetén „ a ” értéke is.

Az önvontatás miatti teljesítményvesztés:

$$P_{\bar{o}} = F_v \cdot v_h \quad [W]$$

A vonóhorgon kifejthető teljesítmény:

$$P_{vH} = F_{vH} \cdot v_h \quad [W]$$

Az önvontatási hatásfok:

$$\eta_{cs} = \frac{P_T}{P_K} = \frac{F_K(v_K - \delta \cdot v_k)}{F_K \cdot v_K} (1 - \delta)$$

A vontatási hatásfok:

$$\eta_{VH} = \eta_{AK} \cdot \eta_{cs} \cdot \eta_{\delta} = \frac{P_{VH}}{P_{ÜK}}$$

Az üzemi hatásfok az összes hasznosuló teljesítmény és a motor által leadott teljesítmény aránya:

$$\eta_{\dot{u}} = \frac{P_{VH} + P_{TLT} + P_{HIDR}}{P_{ÜK} + P_{ÜTLT} + P_{ÜHIDR}} = \frac{P_{HASZN}}{P_{\dot{u}}}$$

3.3. Mintafeladat

Egy traktor motorjától a kerekek hajtására $M_{\dot{u}k}=400$ Nm nyomatékot veszünk le. A kerékhajtás áttételi hatásfoka $\eta_{\dot{a}k}=0,895$, a módosítás a motor és a kerék fordulatszáma között $i=40$. A hajtott kerék gördülési sugarát (r) nem ismerjük, ennek meghatározására $s=300$ m úton vontatva az adott traktort $n_1=97$ kerékfordulatot, üresmenetben haladva pedig $n_2=105$ kerékfordulatot mérünk.

Kérdések:

Határozzuk meg a hajtott kerekek kerületi erejét $F_k!$ [N]

Megoldás:

A kerekek tengelyén levehető nyomaték:

$$M_k = i \cdot \eta_{\dot{a}k} \cdot M_{\dot{u}k} = 40 \cdot 0,895 \cdot 400 = 14320 \text{ [Nm]}$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Az $s=300$ m úton mért átlagos kerékfordulat (elméleti fordulat):

$$n_{el} = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{97 + 105}{2} = 101 [\text{ford.}]$$

A hajtott kerekek gördülési sugara:

$$r = \frac{s}{\omega} = \frac{s}{2\pi \cdot n_{el}} = \frac{300}{2\pi \cdot 101} = 0,473 [m]$$

Ezek alapján a kerületi erő:

$$F_k = \frac{M_k}{r} = \frac{14320}{0,473} = 30274,84 [N]$$

3.4. Mintafeladat

Egy traktor motorjának üzemi teljesítménye $P_{\bar{u}}=115$ kW. A teljesítményleadó tengelyen (TLT) $P_{TLT}=9$ kW teljesítményt veszünk le, ahol az áttételi hatásfok $\eta_{\bar{A}TLT}=0,91$. A hidraulikus szivattyú $Q=1,5 \cdot 10^{-3}$ m³/s folyadékot szállít $p=15$ MPa nyomáson, hatásfoka $\eta_{sz}=0,7$. A hidraulikus szivattyú hajtásának áttételi hatásfoka $\eta_{\bar{A}HIDR}=0,965$. A hajtott kerekek áttételében 3 pár nyílfogazású homlokfogaskerék ($\eta=0,975$) és 2 pár kúpfogaskerék ($\eta=0,965$) vesz részt. A kerekek csúszásának mérése adott úton történik, mely út megtételéhez tiszta gördüléssel $n_{el}=26$ fordulat szükséges, terhelés mellett $n_t=30$ fordulatot mérünk. Sík terepen, állandó sebesség mellett zajlik a vizsgálat, a haladási sebesség $v_H=3$ m/s. A gördülési ellenállási tényező $f=0,08$, a traktor tömege $m=7850$ kg.

Kérdések:

Határozzuk meg a teljesítményveszteségeket ($P_{\bar{a}}$, P_{cs} , $P_{\bar{o}}$)! [kW]

Határozzuk meg a traktor vonóhorog teljesítményét (P_{vH})! [kW]

Határozzuk meg a vontatási hatásfokot (η_{vH})!

Megoldás:

A TLT hajtásához szükséges motorteljesítmény:

$$P_{\dot{u}TLT} = \frac{P_{TLT}}{\eta_{\dot{A}TLT}} = \frac{9}{0,91} = 9,89 [kW]$$

A hidraulikus szivattyú tengelyének hajtásához szükséges teljesítmény:

$$P_{HIDR} = \frac{Q \cdot p}{\eta_{SZ}} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^6}{0,7} = 32142,86 [W] = 32,14 [kW]$$

A motortól a hidraulikus szivattyú hajtásához igényelt teljesítmény:

$$P_{\dot{u}HIDR} = \frac{P_{HIDR}}{\eta_{\dot{A}HIDR}} = \frac{32,14}{0,965} = 33,31 [kW]$$

A motortól a kerek hajtására fordítható teljesítmény:

$$P_{\dot{U}K} = P_{\dot{u}} - P_{\dot{u}HIDR} - P_{\dot{u}TLT} = 115 - 33,31 - 9,89 = 71,8 [kW]$$

A kerék áttételi hatásfok:

$$\eta_{\dot{A}K} = \eta_H^3 \cdot \eta_K^2 = 0,975^3 \cdot 0,965^2 = 0,86$$

Innen a kerékteljesítmény:

$$P_K = P_{\dot{U}K} \cdot \eta_{\dot{A}K} = 71,8 \cdot 0,863 = 61,96 [kW]$$

A kerék csúszása:

$$\delta = \frac{n_t - n_{el}}{n_t} = \frac{30 - 26}{30} = 0,133 \Rightarrow 13,3 \%$$

A csúszási hatásfok:

$$\eta_{cs} = 1 - \delta = 1 - 0,133 = 0,867 \Rightarrow 86,7 \%$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

A továbbító teljesítmény:

$$P_T = P_K \cdot \eta_{cs} = 61,96 \cdot 0,867 = 53,72 [kW]$$

A kerék kerületi erő:

$$F_K = \frac{P_T}{v_h} = \frac{53,72}{3} = 17,9 [kN]$$

A kerék kerületi sebessége:

$$v_K = \frac{v_h}{\eta_{cs}} = \frac{3}{0,867} = 3,46 [m/s]$$

A vonóerő veszteségek:

$$F_V = F_G + F_\alpha + F_A [N] \qquad F_\alpha = F_A = 0$$

$$F_G = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0,08 \cdot 7850 \cdot 9,81 \cdot \cos 0 = 6160,68 [N]$$

$$F_V = 6160,68 + 0 + 0 = 6160,68 [N] = 6,16 [kN]$$

A vonóhorog erő:

$$F_{VH} = F_K - F_V = 17,9 - 6,16 = 11,74 [kN]$$

A vonóhorog teljesítmény:

$$P_{VH} = F_{VH} \cdot v_h = 11,74 \cdot 3 = 35,22 [kW]$$

Az áttételi teljesítményvesztések:

$$P_A = P_{\ddot{u}K} - P_K + P_{\ddot{u}TLT} - P_{TLT} + P_{\ddot{u}HIDR} - P_{HIDR} = 71,8 - 61,96 + 9,89 - 9 + 33,31 - 32,14$$

$$P_A = 11,9 [kW]$$

Vagy másképpen:

$$P_A = P_{\ddot{u}} - (P_K + P_{TLT} + P_{HIDR}) = 115 - (61,96 + 9 + 32,14) = 11,9 [kW]$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

A csúszási teljesítményveszteség:

$$P_{cs} = P_K - P_T = 61,96 - 53,72 = 8,24 [kW]$$

Az önvontatási teljesítményveszteség:

$$P_{\dot{o}} = P_T - P_{VH} = 53,72 - 35,22 = 18,5 [kW]$$

Az összes teljesítményveszteség:

$$P_{ve} = P_{\dot{A}} + P_{cs} + P_{\dot{o}} = 11,9 + 8,24 + 18,5 = 38,64 [kW]$$

A vontatási hatásfok:

$$\eta_{VH} = \frac{P_{VH}}{P_{\dot{u}K}} = \frac{35,22}{71,8} = 0,49 \Rightarrow 49 \%$$

3.5. Mintafeladat

Egy traktor a hajtott kerekein $F_K=17$ kN erőt fejt ki. A vonóhorog erő $F_{VH}=5$ kN, az emelkedő szöge $\alpha=10^\circ$, a gördülési ellenállási tényező $f=0,08$, a traktor tömege $m=3500$ kg.

Kérdések:

Számítsuk ki a traktor gyorsulását ($a=?$)! [m/s^2]

Megoldás:

Az összes vonóerő veszteség:

$$F_V = F_K - F_{VH} = 17 - 5 = 12 [kN]$$

A gördülési és emelkedési ellenállás (veszteség) összege:

$$F_G + F_\alpha = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + m \cdot g \cdot \sin \alpha = m \cdot g (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

$$F_G + F_\alpha = 3500 \cdot 9,81(0,08 \cdot \cos 10^\circ + \sin 10^\circ) = 8667,28 [N] = 8,667 [kN]$$

A gyorsító erő:

$$F_A = F_V - (F_G + F_\alpha) = 12 - 8,667 = 3,333 [kN]$$

A traktor gyorsulása:

$$a = \frac{F_A}{m} = \frac{3333}{3500} = 0,95 [m/s^2]$$

3.6. Mintafeladat

Egy láncalpas traktor $\alpha=15^\circ$ -os emelkedőn halad állandó sebességgel $f=0,06$ gördülési ellenállási tényező mellett. A traktor tömege $m=6000$ kg, az adhéziós tényező megengedett értéke $\mu_{ad}=0,5$, a lánc csúszása a talajon $\delta=0,18$. Az áttételi hatásfok a hajtóműben $\eta_{AK}=0,9$, a láncátvitel hatásfoka pedig $\eta_L=0,88$. A motortól a lánc hajtásra $P_{\text{ÜL}}=60$ kW teljesítményt veszünk le.

Kérdések:

Számítsuk ki a láncsebességet (v_L)! $[m/s]$

Számítsuk ki a haladási sebességet (v_h)! $[m/s]$

Számítsuk ki a vonóhorog erőt (F_{vh})! $[kN]$

Megoldás:

A láncon kifejtett erő:

$$F_L = \mu_{ad} \cdot F_{ad} = \mu_{ad} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0,5 \cdot 6000 \cdot 9,81 \cdot \cos 15^\circ = 28427,18 [N] = 28,42 [kN]$$

Az áttételi hatásfok:

$$\eta_{AL} = \eta_{AK} \cdot \eta_L = 0,9 \cdot 0,88 = 0,792$$

A lánc teljesítménye:

$$P_L = P_{\dot{U}L} \cdot \eta_{\dot{A}L} = 60 \cdot 0,792 = 47,52 \text{ [kW]}$$

Ezek alapján a lánc sebessége:

$$v_L = \frac{P_L}{F_L} = \frac{47,52}{28,42} = 1,67 \text{ [m/s]}$$

A haladási sebesség a lánc sebessége és a csúszás alapján számolható:

$$v_h = v_L \cdot (1 - \delta) = 1,67 \cdot (1 - 0,18) = 1,37 \text{ [m/s]}$$

A vonóhorgon kifejtett erő:

$$F_{VH} = F_L - (F_G + F_\alpha + F_A) = 28,42 \cdot 10^3 - 18645,35 = 9774,65 \text{ [N]} = 9,77465 \text{ [kN]}$$

$$F_G = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0,06 \cdot 6000 \cdot 9,81 \cdot \cos 15^\circ = 3411,26 \text{ [N]}$$

$$F_\alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 6000 \cdot 9,81 \cdot \sin 15^\circ = 15234,09 \text{ [N]}$$

$$F_A = 0 \text{ [N]}$$



HÁZI FELADAT: a fenti mintafeladatok alapján végezze el az alábbi számításokat!

3.7. Gyakorló feladat

Egy traktort olyan munkagéppel kapcsolunk össze, mely a TLT-n $M_{TLT} = 120 \text{ Nm}$ nyomatékokat igényel $n_{TLT} = 540 \text{ f/min}$ fordulatszám mellett. A hidraulikus munkahenger átmérője $d=0,1 \text{ m}$ és $v = 0,25 \text{ m/s}$ sebességgel mozdul el a dugattyú $p = 4 \text{ MPa}$ nyomás mellett, a hidraulikus szivattyú hatásfoka $\eta_{sz} = 0,7$. A TLT hajtás áttételi hatásfoka $\eta_{ATLT} = 0,8$, a hidraulikus szivattyú hajtás áttételi hatásfoka $\eta_{AHIDR} = 0,9$, a vontatási hatásfok $\eta_{vH} = 0,6$. A vonóhorgon a traktor $F_{vH} = 6 \text{ kN}$ erőt fejt ki, $v_H = 2 \text{ m/s}$ haladási sebesség mellett.

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

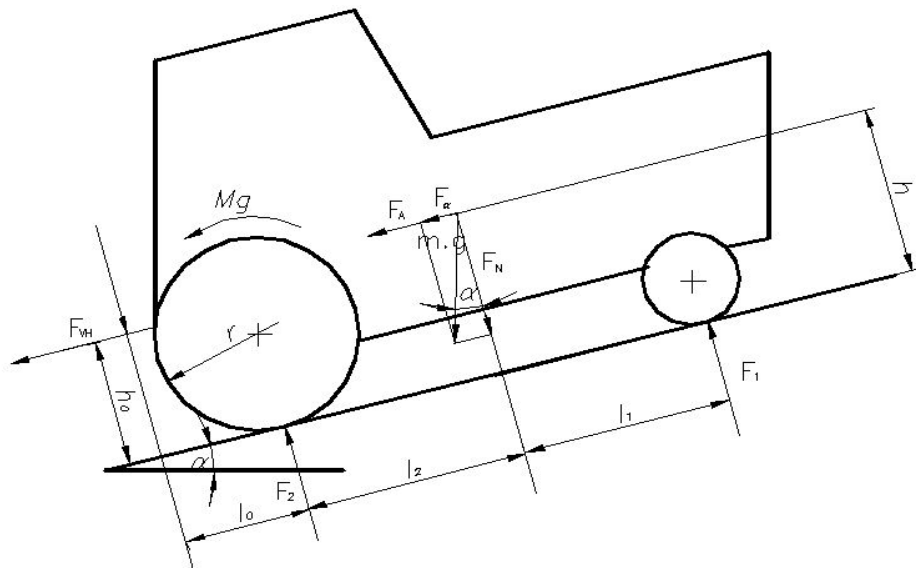
***„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”***

Kérdések:

Mekkora a motor üzemi teljesítménye $P_{\text{ü}}$ [kW]?

4. ADHÉZIÓS ERŐ SZÁMÍTÁSA

A traktor adhéziós erejének meghatározása az alábbi módon történik (5. ábra):



5. ábra: A traktorra ható erők

$$F_2 \cdot (l_1 + l_2) = F_N \cdot l_1 + F_\alpha \cdot h + F_{vH} \cdot h_0 + F_A \cdot h + M_g + y \cdot (l_1 + l_2 + l_0)$$

Az alábbi összefüggések felhasználásával az egyenlet átalakítható:

$$l_1 + l_2 = L$$

$$F_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha [N]$$

$$F_\alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha [N]$$

$$F_A = m \cdot a [N]$$

$$M_g = F_G \cdot r = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot r [Nm]$$

Ezeket behelyettesítve és az „F₂” adhéziós erőt kifejezve:

$$F_2 = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot l_1 + m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot h + F_{vH} \cdot h_0 + m \cdot a \cdot h + f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot r + Y \cdot (L + l_0)}{L} [N]$$

Az „F₁” erő értéke:

$$F_1 = m \cdot g \cdot \cos \alpha + Y - F_2 [N]$$

Négykerék hajtású traktor esetén az adhéziós erő a talajra merőlegesen ható erők összege:

$$F_{ad4} = m \cdot g \cdot \cos \alpha + Y [N]$$

ahol: Y - a vonóhorogra függőlegesen ható erő [N].

4.1. Mintafeladat

Egy m=4000 kg tömegű, kétkerék hajtású traktor $\alpha_1 = 10^\circ$ -os emelkedőn halad felfelé (5. ábra). A vonóhorgát $F_{vH} = 5$ kN vonóerő és $Y = 400$ N talajra merőleges erő terheli. Súlypontja az első tengelytől $l_1 = 2$ m-re, a hátsó tengelytől $l_2 = 0,9$ m-re van, a súlypont magassága $h = 1,1$ m, a vonóhorog magassága $h_0 = 0,6$ m, a vonóhorog távolsága a hátsó tengelytől $l_0 = 0,9$ m. A hajtott kerék gördülési sugara $r = 0,8$ m, a gördülési ellenállási tényező $f = 0,1$.

Kérdések:

- Mekkora az adhéziós erő (F_{ad2})? [kN]
- Ha az emelkedő szöge $\alpha_2 = - 10^\circ$ -ra változik (lejtőn lefelé halad a traktor) mennyi lesz az adhéziós erő (F'_{ad2})? [kN]
- Mennyi lesz az adhéziós erő, ha mindkét tengelyt meghajtjuk (F_{ad4})? [kN]
- Hogyan alakulnak az adhéziós tényezők (μ_{ad})?

Megoldás:

Nyomatéki egyenlet az első kerék talppontjára:

$$F_{ad2} \cdot (l_1 + l_2) = F_N \cdot l_1 + F_\alpha \cdot h + F_{vH} \cdot h_0 + F_A \cdot h + Mg + Y \cdot (l_1 + l_2 + l_0)$$

Ebből az emelkedőn haladó traktor adhéziós ereje:

$$F_{ad2} = \frac{l_1 \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + h \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha + h_0 \cdot F_{vH} + h \cdot m \cdot a + r \cdot f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + Y \cdot (l_0 + l_2 + l_1)}{(l_1 + l_2)} [N]$$

$$F_{ad2} = \frac{m \cdot g \cdot (l_1 \cdot \cos \alpha + h \cdot \sin \alpha + r \cdot f \cdot \cos \alpha) + h_0 \cdot F_{vH} + h \cdot m \cdot a + Y \cdot (l_0 + l_2 + l_1)}{(l_1 + l_2)} [N]$$

$$F_{ad2} = \frac{4000 \cdot 9,81 \cdot (2 \cdot \cos 10^\circ + 1,1 \cdot \sin 10^\circ + 0,8 \cdot 0,1 \cdot \cos 10^\circ) + 0,6 \cdot 5000 + 0 + 400 \cdot (0,9 + 0,9 + 2)}{(2 + 0,9)}$$

$$F_{ad2} = \frac{39240 \cdot (1,9696 + 0,191 + 0,0788) + 3000 + 1520}{2,9} = \frac{92394,57}{2,9} = 31860,18 [N] = 31,86 [kN]$$

A lejtőn haladó traktor adhéziós ereje:

$$F_{ad2'} = \frac{4000 \cdot 9,81 \cdot (2 \cdot \cos 10^\circ + 1,1 \cdot \sin(-10^\circ) + 0,8 \cdot 0,1 \cdot \cos 10^\circ) + 0,6 \cdot 5000 + 0 + 400 \cdot (0,9 + 0,9 + 2)}{(2 + 0,9)}$$

$$F_{ad2'} = \frac{39240 \cdot (1,9696 - 0,191 + 0,0788) + 3000 + 1520}{2,9} = \frac{77404,38}{2,9} = 26691,17 [N] = 26,69 [kN]$$

Mindkét tengely hajtása esetén:

$$F_{ad4} = m \cdot g \cdot \cos \alpha + Y = 4000 \cdot 9,81 \cdot \cos 10^\circ + 400 = 39043,86 [N] = 39,04 [kN]$$

Az adhéziós tényező az első esetben:

$$\mu_{ad1} = \frac{F_K}{F_{ad2}} = \frac{F_{VH} + F_V}{F_{ad2}} = \frac{F_{VH} + F_G + F_\alpha}{F_{ad2}} = \frac{F_{VH} + f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + m \cdot g \cdot \sin \alpha}{F_{ad2}}$$

$$\mu_{ad1} = \frac{5000 + 4000 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot \cos 10^0 + \sin 10^0)}{31860,18} = \frac{15678,34}{31860,18} = 0,492$$

Adhéziós tényező a lejtőn lefelé:

$$\mu_{ad2} = \frac{F_K}{F_{ad2'}} = \frac{F_{VH} + F_V}{F_{ad2'}} = \frac{F_{VH} + F_G + F_\alpha}{F_{ad2'}} = \frac{F_{VH} + f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - m \cdot g \cdot \sin \alpha}{F_{ad2'}}$$

$$\mu_{ad2} = \frac{5000 + 4000 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot \cos 10^0 - \sin 10^0)}{26691,17} = \frac{2050,43}{26691,17} = 0,077$$

Adhéziós tényező négykerék-hajtáskor:

$$\mu_{ad3} = \frac{F_K}{F_{ad4}} = \frac{F_{VH} + F_V}{F_{ad4}} = \frac{F_{VH} + F_G + F_\alpha}{F_{ad4}} = \frac{F_{VH} + f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + m \cdot g \cdot \sin \alpha}{F_{ad4}}$$

$$\mu_{ad3} = \frac{5000 + 4000 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot \cos 10^0 + \sin 10^0)}{39043,86} = \frac{15678,34}{39043,86} = 0,401$$

Adhéziós tényező négykerék-hajtáskor lejtőn lefelé:

$$\mu_{ad4} = \frac{F_K}{F_{ad4}} = \frac{F_{VH} + F_V}{F_{ad4}} = \frac{F_{VH} + F_G + F_\alpha}{F_{ad4}} = \frac{F_{VH} + f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - m \cdot g \cdot \sin \alpha}{F_{ad4}}$$

$$\mu_{ad1} = \frac{5000 + 4000 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot \cos 10^0 - \sin 10^0)}{39043,86} = \frac{2050,43}{39043,86} = 0,052$$



HÁZI FELADAT: a fenti mintafeladat alapján végezze el az alábbi számításokat!

4.2. Gyakorló feladat

Egy $m=6000$ kg tömegű, négykerék-hajtású traktor $\alpha_1 = 10^\circ$ -os emelkedőn halad felfelé. A vonóhorgát $F_{vH} = 8$ kN vonóerő és $Y = 1600$ N talajra merőleges erő terheli. Súlypontja az első tengelytől $l_1 = 2,8$ m-re, a hátsó tengelytől $l_2 = 1,2$ m-re van, a súlypont magassága $h = 1,28$ m, a vonóhorog magassága $h_0 = 0,9$ m, a vonóhorog távolsága a hátsó tengelytől $l_0 = 1,4$ m. A hajtott kerék gördülési sugara $r = 1,2$ m, a gördülési ellenállási tényező $f = 0,1$.

5. GÉPEK SÚLYPONTJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Fontosabb fogalmak és rövid magyarázatok a fejezet feladatainak megoldásához

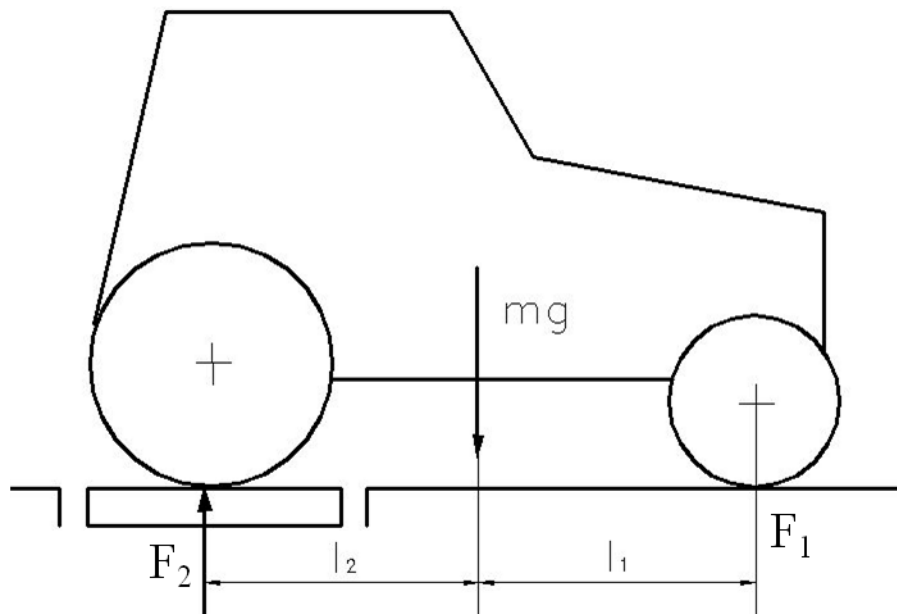
Miért fontos ismerni a súlypont helyzetét?

- 1) adhéziós erő meghatározása,
- 2) stabilitás vizsgálat.

Mit kell ismerni a súlypont meghatározásához?

- a) a gép tömegét,
- b) tengelytávolságát,
- c) nyomtávolságát.

A súlypont hosszirányú helyzetének meghatározása (6. ábra):



6. ábra: Súlypont hosszirányú meghatározásához szükséges erők és távolságok.

- 1) Mérlegen mérjük az F_2 terhelést.
- 2) Felírjuk a nyomatéki egyenletet az F_1 pontra:

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

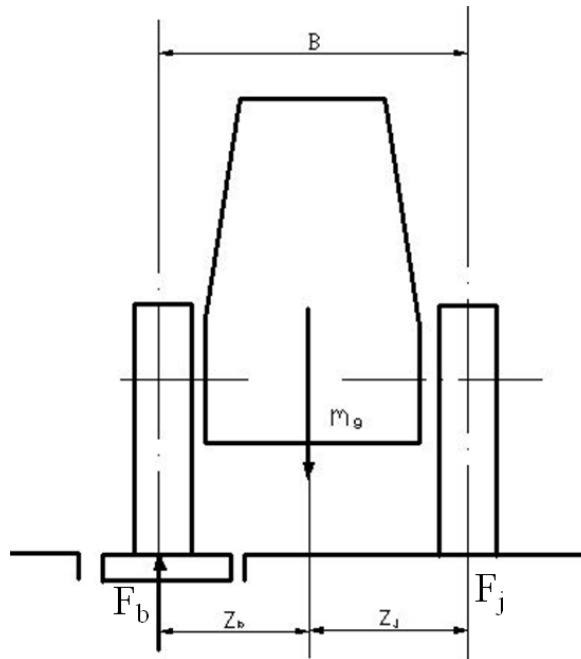
**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

$$m \cdot g \cdot l_1 = F_2 \cdot (l_1 + l_2)$$

$$l_1 = \frac{F_2 \cdot L}{m \cdot g} \quad [m]$$

$$l_2 = L - l_1 \quad [m]$$

A súlypont keresztirányú helyzetének meghatározása (7. ábra):



7. ábra: Súlypont keresztirányú meghatározásához szükséges erők és távolságok.

- 1) Mérlegen megmérjük az F_b terhelést.
- 2) Felírjuk a nyomatéki egyenletet az F_j -re:

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

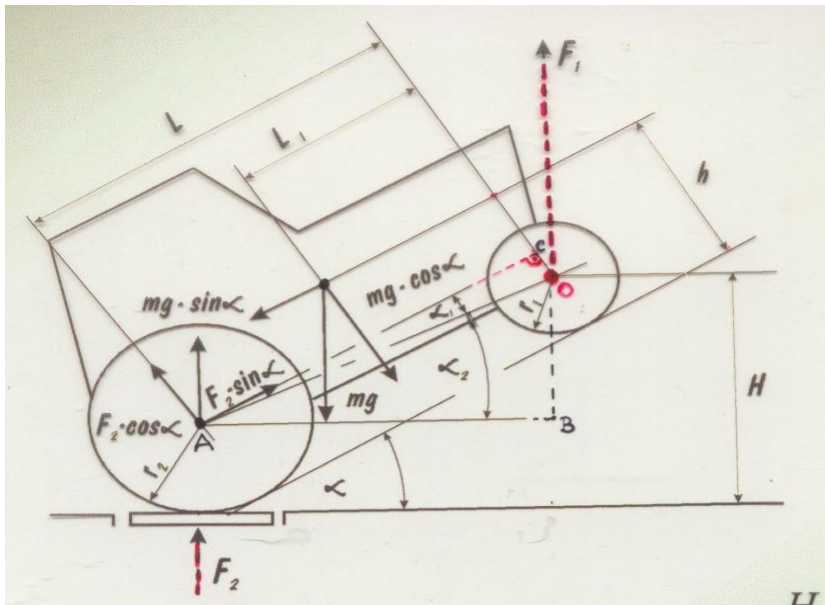
**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

$$m \cdot g \cdot z_j = F_b \cdot B$$

$$z_j = \frac{F_b \cdot B}{m \cdot g} \quad [m]$$

$$z_b = B - z_j \quad [m]$$

A súlypont magassági helyzetének meghatározása (8. ábra):



8. ábra: A súlypont magassági helyzetének meghatározásához
szükséges erők és távolságok

- 1) A gépet függőlegesen megemeljük "H" magasságba és megmérjük az alábbi paramétereket:
H, F₂, r₁, r₂.
- 2) Az alábbi összefüggések felhasználásával felírható a nyomatéki egyenlet a mellső tengely középpontjára:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\alpha_1 = \arctg \frac{r_2 - r_1}{L}$$

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{H - r_2}{\sqrt{L^2 + (r_2 - r_1)^2}}$$

$$l_1 \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + (h - r_1) \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha = (r_2 - r_1) \cdot F_2 \cdot \sin \alpha + L \cdot F_2 \cdot \cos \alpha$$

A nyomatéki egyenletből a súlypont magassága már egyszerűen meghatározható:

$$h = \frac{F_2 \cdot [(r_2 - r_1) \cdot \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha] + m \cdot g \cdot (r_1 \cdot \sin \alpha - l_1 \cdot \cos \alpha)}{m \cdot g \cdot \sin \alpha} \quad [m]$$

5.1. Mintafeladat

Egy traktor $m = 5000$ kg tömegű, tengelytávolsága $L = 3$ m (mindkét adatot mérésrel határoztuk meg). A traktor hátsó tengelyére $F_2 = 35$ kN erő esik, nyomtávolsága $B = 1,8$ m. A jobboldali kerekek alatt $F_j = 25$ kN erőt mérünk. Ha a traktor mellső tengelyét megemeljük $H = 2,1$ m magasra a hátsó tengelyen $F_2 = 38$ kN erőt mérünk. A hátsó kerék sugara $r_2 = 1$ m, az első kerék sugara $r_1 = 0,5$ m.

Kérdések:

- 1) Határozzuk meg a súlyponti koordinátákat (l_1, l_2, z_b, z_j, h)! [m]

Megoldás:

A súlypont hosszirányú helyzete:

$$l_1 \cdot m \cdot g = L \cdot F_2$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

$$l_1 = \frac{L \cdot F_2}{m \cdot g} = \frac{3 \cdot 35 \cdot 10^3}{5000 \cdot 9,81} = 2,14 [m]$$

$$l_2 = L - l_1 = 3 - 2,14 = 0,86 [m]$$

A súlypont keresztirányú helyzete:

Nyomatéki egyenlet a bal hátsó kerék talppontjára:

$$z_b \cdot m \cdot g = B \cdot F_j$$

$$z_b = \frac{B \cdot F_j}{m \cdot g} = \frac{1,8 \cdot 25 \cdot 10^3}{5000 \cdot 9,81} = 0,917 [m]$$

$$z_j = B - z_b = 1,8 - 0,917 = 0,883 [m]$$

A súlypont magassága:

Az „ α ” szög meghatározása:

$$\alpha_1 = \arctg \frac{r_2 - r_1}{L} = \arctg \frac{1 - 0,5}{3} = 9,46^\circ$$

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{H - r_2}{\sqrt{L^2 + (r_2 - r_1)^2}} = \arcsin \frac{2,1 - 1}{\sqrt{3^2 + (1 - 0,5)^2}} = 21,2^\circ$$

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 = 9,46^\circ + 21,2^\circ = 30,66^\circ$$

Nyomatéki egyenlet az első tengely középpontjára:

$$l_1 \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + (h - r_1) \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha = (r_2 - r_1) \cdot F_2 \cdot \sin \alpha + L \cdot F_2 \cdot \cos \alpha$$

Innen a súlypont magassága:

$$h = \frac{F_2 \cdot [(r_2 - r_1) \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha] + m \cdot g(r_1 \cdot \sin \alpha - l_1 \cdot \cos \alpha)}{m \cdot g \cdot \sin \alpha} \quad [m]$$

$$h = \frac{38000 \cdot [(1 - 0,5) \cdot \sin 30,66^\circ + 3 \cdot \cos 30,66^\circ] + 5000 \cdot 9,81 \cdot (0,5 \cdot \sin 30,66^\circ - 2,14 \cdot \cos 30,66^\circ)}{5000 \cdot 9,81 \cdot \sin 30,66^\circ}$$

$$h = 1,198 [m]$$



HÁZI FELADAT: a fenti mintafeladat alapján végezze el az alábbi számításokat!

5.2. Gyakorló feladat

Egy traktor $m = 7800$ kg tömegű, tengelytávolsága $L = 3,8$ m (mindkét adatot mérésrel határoztuk meg). A traktor hátsó tengelyére $F_2 = 4,8$ kN erő esik, nyomtávolsága $B = 2,1$ m. A jobboldali kerekek alatt $F_j = 39,5$ kN erőt mérünk. Ha a traktor mellső tengelyét megemeljük $H = 2,1$ m magasra a hátsó tengelyen $F_2 = 5,5$ kN erőt mérünk. A hátsó kerék sugara $r_2 = 1,2$ m, az első kerék sugara $r_1 = 0,75$ m.

Kérdések:

- 1) Határozzuk meg a súlyponti koordinátákat (l_1, l_2, z_b, z_j, h)! [m]

6. TRAKTOROK, GÉPEK STABILITÁSA

Fontosabb fogalmak és rövid magyarázatok a fejezet feladatainak megoldásához

Hosszirányú stabilitás meghatározása

A hosszirányú stabilitás határeset, ha a mellső kerekek terhelése nullára csökken (kormányozhatatlanság), ilyenkor bekövetkezik a hátrabillenés veszélye.

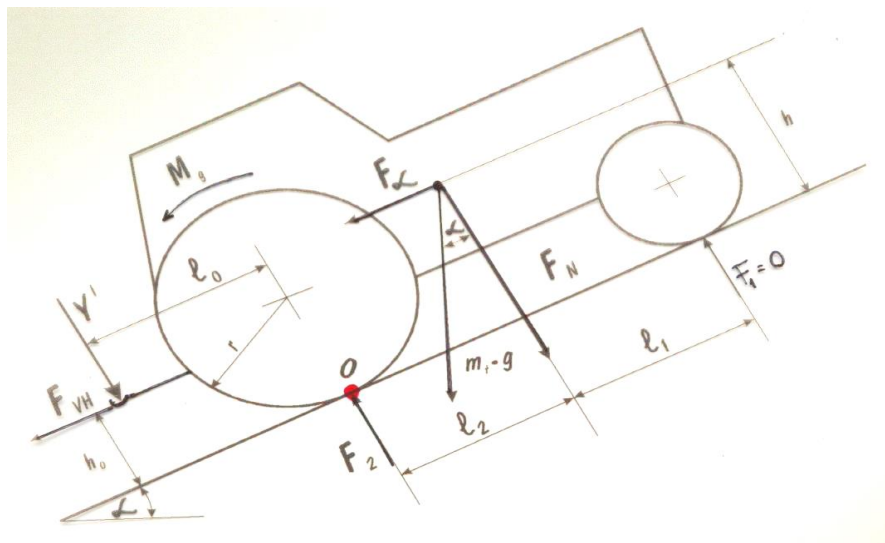
Ekkor a következő feltétel teljesül:

$$F_2 = m \cdot g \cdot \cos \alpha + Y \quad [N]$$

Hosszirányú dinamikai stabilitási kritikus szög: azon emelkedő szöge (α), amelynél a traktor hosszirányban labilissá válik (hátrabillen). (9. ábra)

A számítás elvégzéséhez az alábbi korlátozó feltételeket alkalmazzuk:

- a mellső kerekek terhelése nulla, $F_1=0$,
- a hátsó kerekek csúszása $\delta=100\%$, de a kerék nem ássa be magát,
- mivel $\delta=100\%$, ezért $a=0$, illetve $v_h=0$,
- a vonószerkezetet csak a talajjal párhuzamos erő terheli, azaz $Y=0$,
- a traktor forgó, mozgó tömegeinek hatását nem vesszük figyelembe.



9. ábra: Hosszirányú dinamikai stabilitási kritikus szögének meghatározásához szükséges erők és távolságok

Nyomatéki egyenlet az első kerék talppontjára:

$$l_2 \cdot F_N = h_0 \cdot F_{VH} + h \cdot F_\alpha + M_g$$

Mivel:

$$F_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha \quad [N]$$

$$F_\alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad [N]$$

$$M_g = F_G \cdot r = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot r \quad [Nm]$$

A vonóerő veszteségek:

$$F_v = F_G \cdot F_\alpha = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad [N]$$

A kerékerő (F_K):

$$F_K = \mu_{ad \max} \cdot F_{ad} = \mu_{ad \max} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \quad [N]$$

A vonóerő:

$$F_{VH} = F_k - F_v = \mu_{ad \max} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad [N]$$

Visszahelyettesítve a nyomatéki egyenletbe:

$$l_2 \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = h_0 \cdot \mu_{ad \max} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - h_0 \cdot f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - h_0 \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha + \\ + h \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha + r \cdot f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

Egyszerűsítve és átrendezve:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_2 - h_0 \cdot \mu_{ad \max} + h_0 \cdot f - r \cdot f}{h - h_0}$$

A kritikus szög (α) függ:

- konstrukciós tényezőktől (l_2 , h_0 , r , h),
- üzemeltetési jellemzőktől ($\mu_{ad \max}$, f).

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Rontja a stabilitást: - ha van „Y” terhelés,

- ha van gyorsulás (a),
- ha kerék „beássa” magát.

Javítja a stabilitást: - a lassulás,

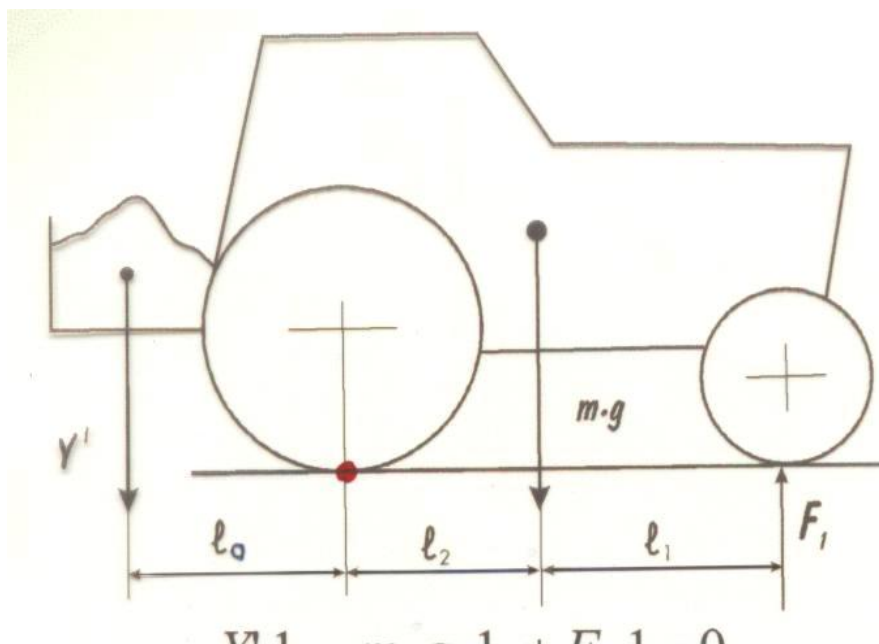
- ha „F_{VH}”-t csökkentjük ($\mu_{ad} < \mu_{admax}$).

FONTOS!!! Az „F₁” terhelés a valóságban nem lehet zérus.

A jó kormányozhatóság feltételének meghatározása (10. ábra)

A billentő nyomaték ($Y \cdot l_0$) sík terepen a traktort stabilizáló nyomaték ($m \cdot g \cdot l_2$) 40 %-a lehet, azaz:

$$Y \cdot l_0 = 0,4 \cdot m \cdot g \cdot l_2$$



10. ábra: a jól kormányozhatóság meghatározásának egyensúlyi feltételei

Nyomatéki egyenlet a hátsó kerék talppontjára:

$$Y \cdot l_0 - m \cdot g \cdot l_2 + F_1 \cdot L = 0$$

Az „F₁” erő számítása:

$$F_1 = \frac{m \cdot g \cdot l_2 - 0,4 \cdot m \cdot g \cdot l_2}{L} = \frac{0,6 \cdot m \cdot g \cdot l_2}{L} \quad [N]$$

Hátsókerék-hajtású traktorok esetében általában az alábbi összefüggés áll fenn:

$$l_2 = \frac{1}{3} L$$

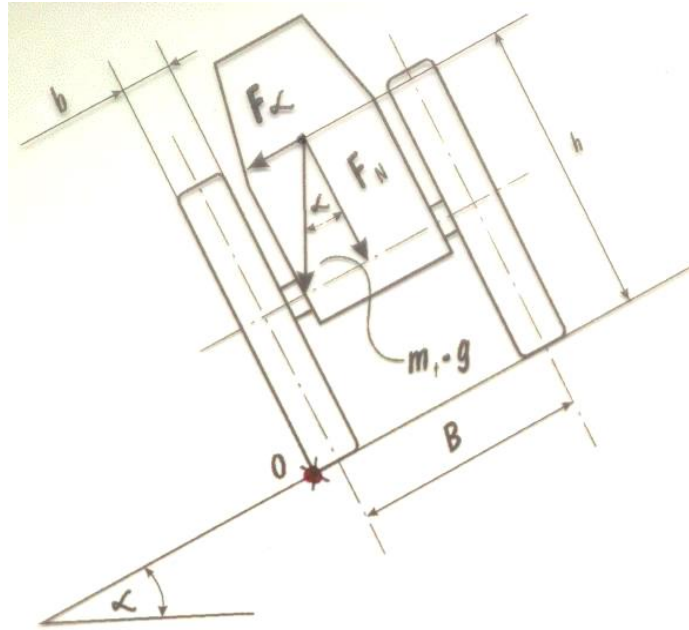
Ezek alapján:

$$F_1 = 0,2 \cdot m \cdot g \quad [N]$$

Ez egyben a jó kormányozhatóság feltétele is!

A keresztirányú stabilitás meghatározása

A számításhoz az alábbi helyzetből indulunk ki (11. ábra): a traktor domboldalon, a rétegvonal irányában halad, a gumibroncs deformációját elhanyagoljuk. Arra keressük a választ, hogy milyen kritikus α szög esetén következik be a borulás.



11. ábra.: Keresztirányú stabilitás

Nyomatéki egyenlet felírása az "O" pontra:

$$\frac{b+B}{2} \cdot F_N = h \cdot F_\alpha$$

$$\frac{b+B}{2} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = h \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b+B}{2 \cdot h}$$

A kritikus szög ismerete mellett fontos tudni, hogy a traktor az adott α szögű lejtőn **lecsúszik**-
e? Szélső esetben a lejtőirányú erő és a súrlódó erő egymással azonos, azaz:

$$\mu_K \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$\mu_K = \operatorname{tg} \alpha$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

ahol: μ_k – keresztirányú tapadási tényező,

α - a lejtő szöge.

Következtetés: ha a lejtő szögének (α) tangense nagyobb, mint a keresztirányú tapadási tényező, akkor a traktor lecsúszik, ha nem, akkor borulásveszély jön létre.

Forduláskor fellép a centrifugális erő is:

$$F_c = m \cdot \frac{v_h^2}{R} \quad [N]$$

ahol: R – a fordulási sugár [m].

- 1) Fordulás az emelkedő irányában: $F_\alpha + F_c$
- 2) Fordulás az emelkedővel ellentétesen: $F_\alpha - F_c$

6.1. Mintafeladat

Adottak az 5.1. Mintapéldában szereplő traktor adatai, továbbá a vonóhorog magassága $h_0=0,4$ m, a gördülési ellenállási tényező $f = 0,07$, valamint az adhéziós tényező maximális értéke $\mu_{\max} = 0,7$.

Kérdések:

- 1) Határozzuk meg a traktor hosszirányú dinamikai stabilitásának kritikus szögét (α)!

Megoldás:

A kritikus szög:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_2 - h_0 \cdot \mu_{ad \max} + h_0 \cdot f - r \cdot f}{h - h_0}$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

$$\alpha = \arctg \frac{l_2 - h_0 \cdot \mu_{ad \max} + h_0 \cdot f - r \cdot f}{h - h_0} = \arctg \frac{0,86 - 0,4 \cdot 0,7 + 0,07(0,4 - 1)}{1,198 - 0,4}$$

$$\alpha = 33,99^\circ$$

6.2. Mintafeladat

Egy traktor a domboldalon fordulást hajt végre, ahol az emelkedő szöge $\alpha=10^\circ$, a nyomtávolság $B=1,4$ m, a kerékabroncs szélessége $b=0,2$ m, a súlypont magassága $h=1,1$ m, a fordulási sugár $R=4$ m.

Kérdések:

- 1) Mennyi lehet a traktor haladási sebessége az oldalirányú stabilitás kritikus helyzete mellett (v)? [m/s]

Megoldás:

Nyomatéki egyenlet a kritikus helyzetben:

$$F_c \cdot h + h \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha = \frac{B+b}{2} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$m \cdot \frac{v^2}{R} \cdot h = \frac{B+b}{2} \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - h \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

Innen a sebességet kifejezve:

$$v = \sqrt{\frac{R \cdot g \left(\frac{B+b}{2} \cdot \cos \alpha - h \cdot \sin \alpha \right)}{h}}$$

$$v = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,81 \left(\frac{1,4+0,2}{2} \cdot \cos 10^\circ - 1,1 \cdot \sin 10^\circ \right)}{1,1}} = 4,61 \text{ [m/s]}$$



HÁZI FELADAT: a fenti mintafeladatok alapján végezze el az alábbi számításokat!

6.3. Gyakorló feladat

Adottak az 5.1. Mintapéldában szereplő traktor adatai, továbbá a vonóhorog magassága $h_0=0,7$ m, a gördülési ellenállási tényező $f = 0,08$, valamint az adhéziós tényező maximális értéke $\mu_{\max}= 0,65$.

Kérdések:

Határozzuk meg a traktor hosszirányú dinamikai stabilitásának kritikus szögét (α)!

6.4. Gyakorló feladat

Egy traktor a domboldalon fordulást hajt végre, ahol az emelkedő szöge $\alpha=8^\circ$, a nyomtávolság $B=1,8$ m, a keréka broncs szélessége $b=0,45$ m, a súlypont magassága $h=1,2$ m, a fordulási sugár $R=7$ m.

Kérdések:

Mennyi lehet a traktor haladási sebessége az oldalirányú stabilitás kritikus helyzete mellett (v)? [m/s]

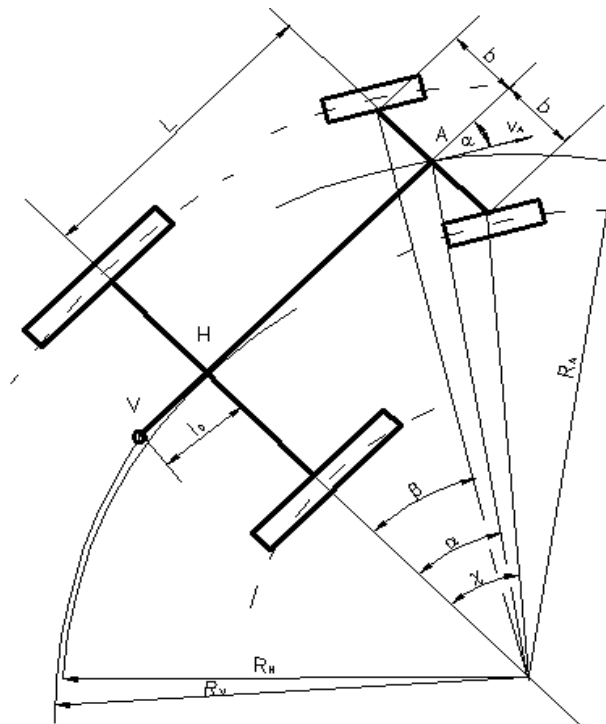
6.5. Gyakorló feladat

A 6.2. Gyakorló feladatban szereplő traktor $\mu_K = 0,6$ keresztirányú súrlódási tényező mellett egyenes haladás közben, rétegvonal irányában oldalra borulhat-e vagy lecsúszik-e a lejtőn?

7. GÉPCSOPORTOK MOZGÁSMÓDJÁVAL KAPCSOLATOS SZÁMÍTÁSOK

Fontosabb fogalmak és rövid magyarázatok a fejezet feladatainak megoldásához

Traktorok fordulási sugarának meghatározása (12. ábra)



12. ábra: Tengelycsonk kormányzású traktor (2 kerék)

A hátsó tengely középpontjának fordulási sugara:

$$R_H = \frac{L}{\tan \alpha}$$

A vonóhorog fordulási sugara:

$$R_V = \sqrt{R_H^2 + l_0^2}$$

A külső fordulási sugár:

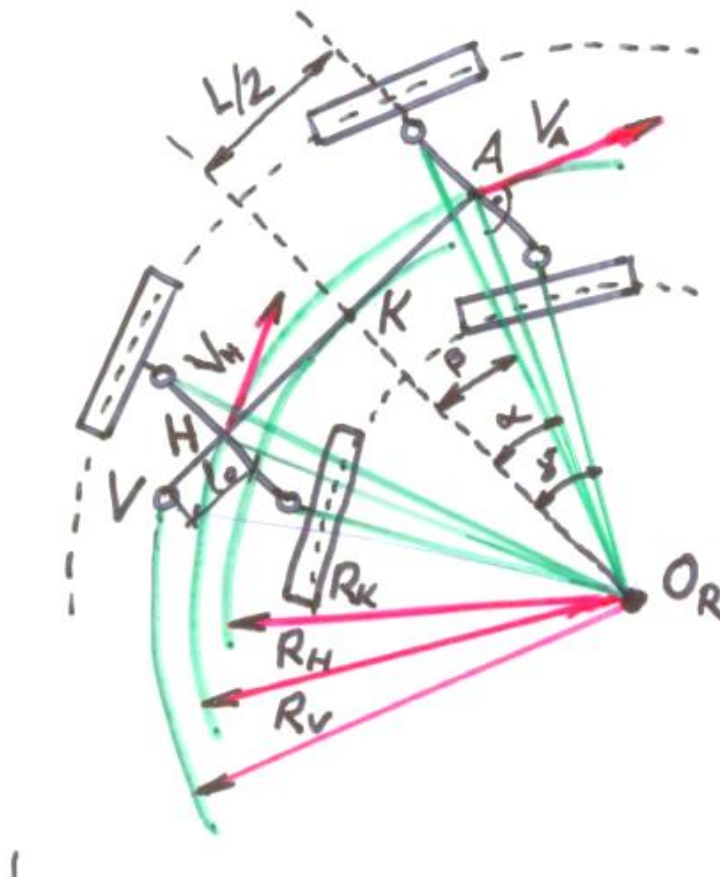
$$R_{EK} = \sqrt{(R_H + b)^2 + L^2} + \frac{k_e - 2b}{2}$$

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

ahol: α - vezetőszög;

k_e – mellső nyomtáv.



13. ábra: Tengelycsonk kormányzású traktor (4 kerék)

A traktorváz középpontjának fordulási sugara:

$$R_K = \frac{L}{2 \cdot \tan \alpha}$$

A hátsó tengely középpontjának fordulási sugara:

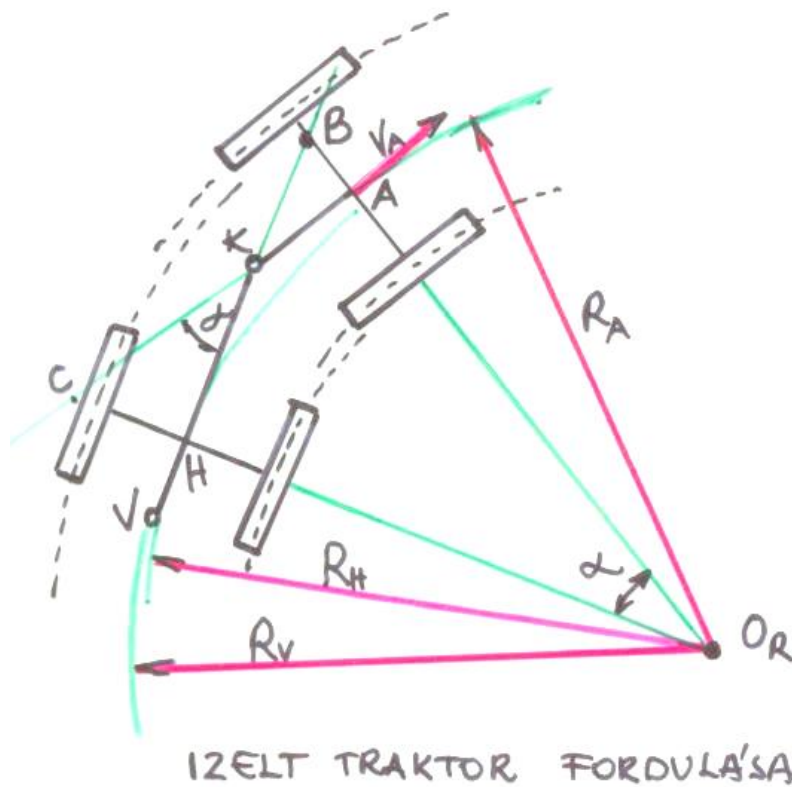
$$R_H = \frac{L}{2 \cdot \sin \alpha}$$

A vonóhorog fordulási sugara:

$$R_V = \sqrt{R_K^2 + \left(\frac{L}{2} + l_0\right)^2}$$

A külső fordulási sugár:

$$R_{EK} = \sqrt{(R_K + b)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} + \frac{k_e - 2b}{2}$$



14. ábra: Ízelt traktor kormányzása (a tagok nem egyformák)

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

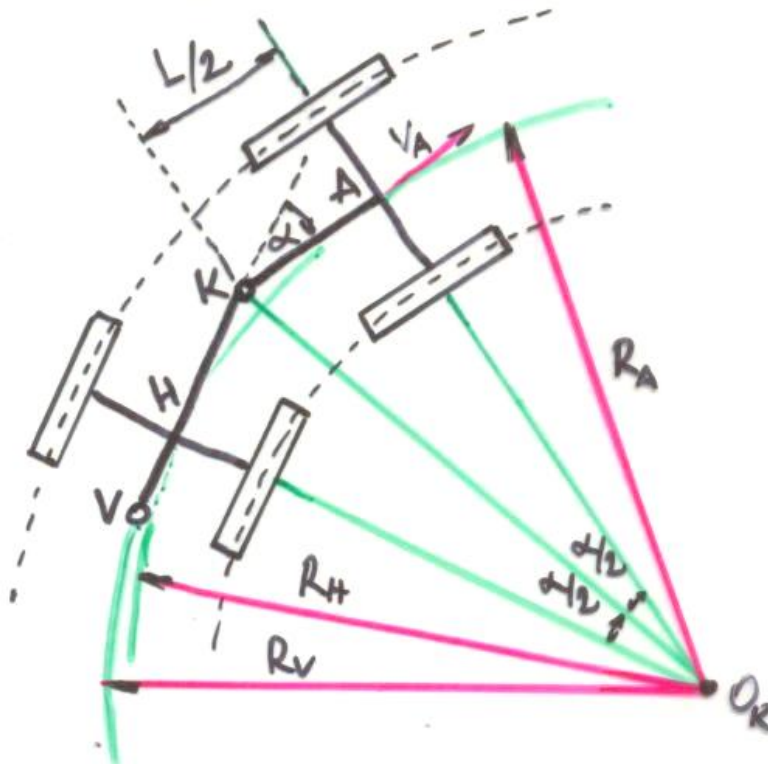
$$\overline{KB} = \frac{\overline{KA}}{\cos \alpha}$$

A hátsó tengely középpontjának fordulási sugara:

$$R_H = \frac{\overline{HK} + \overline{KB}}{\tan \alpha} = \frac{\overline{HK} \cdot \cos \alpha + \overline{KA}}{\sin \alpha}$$

A mellső tengely középpontjának fordulási sugara:

$$R_A = \frac{\overline{KA} \cos \alpha + \overline{HK}}{\sin \alpha}$$



15. ábra: Ízelt traktor kormányzása (a tagok egyformák)

Ebben az esetben:

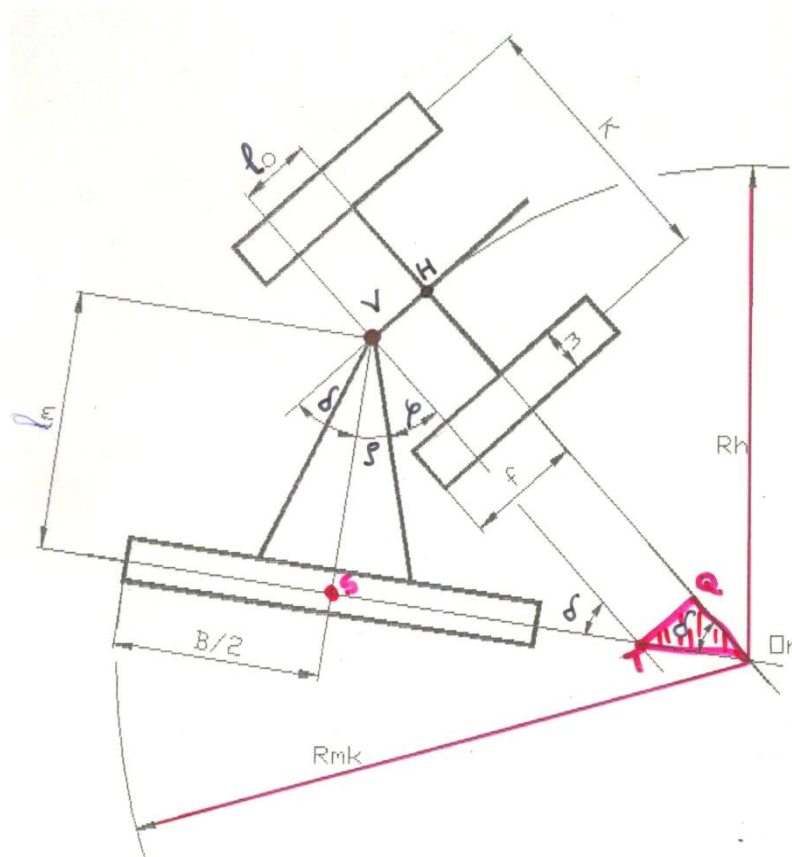
$$\overline{HK} = \overline{KA}$$

$$\overline{HK} = \frac{L}{2}$$

$$R_H = R_A$$

$$R_H = \frac{L}{2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}}$$

Gépcsoportok fordulási sugarának meghatározása



16. ábra: Fordulás vontatott munkagéppel

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

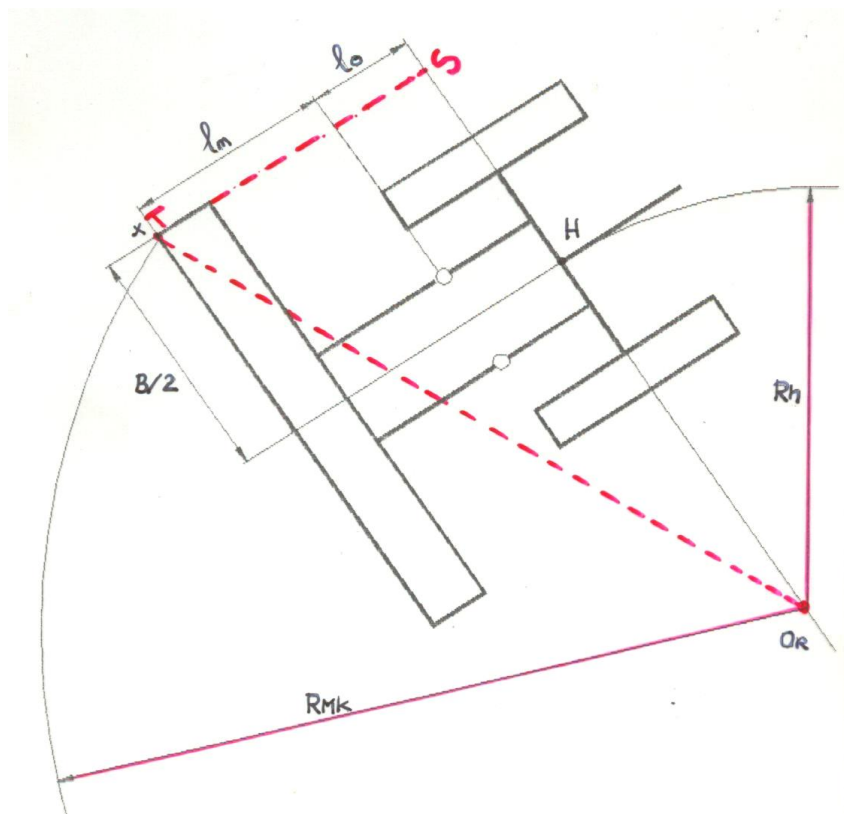
A traktor és a munkagép középpontja által bezárt szög:

$$\delta = \frac{\pi}{2} - \rho - \varphi$$

$$\varphi = \arctg \frac{\frac{f-l_0}{k} - \frac{m}{2}}{\frac{m}{2}}$$

A hátsó tengely középpontjának minimális fordulási sugara:

$$R_{H \min} = \frac{l_m}{\sin \delta} + \frac{l_0}{\tg \delta} = \frac{l_m}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - \rho - \arctg \frac{2(f-l_0)}{k-m} \right)} + \frac{l_0}{\tg \left(\frac{\pi}{2} - \rho - \arctg \frac{2(f-l_0)}{k-m} \right)}$$



17. ábra: Fordulás függesztett munkagéppel

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

A munkagép külső fordulási sugara:

$$R_{MK} = \sqrt{\left(R_H + \frac{B}{2}\right)^2 + (l_0 + l_m)^2}$$

7.1. Mintafeladat

Adott egy első tengelycsonk kormányzású traktor, melynek tengelytávolsága $L=2,6$ m, a kormányzás vezetőszöge $\alpha=33^\circ$, a vonóhorog kinyúlása $l_0=0,8$ m. A traktor mellső nyomtávolsága $k_e=1,6$ m, a tengelycsonkok közötti távolság $2b=1,2$ m.

Kérdések:

- 1) Számítsuk ki a traktor fordulási sugarait a H, az A, a V pontokra! [m]
- 2) Számítsuk ki a traktor külső fordulási sugarát (R_{EK})! [m]

Megoldás:

A „H” pont fordulási sugara:

$$R_H = \frac{L}{\tan \alpha} = \frac{2,6}{\tan 33^\circ} = 4 \text{ [m]}$$

A „V” pont fordulási sugara:

$$R_V = \sqrt{R_H^2 + l_0^2} = \sqrt{4^2 + 0,8^2} = 4,08 \text{ [m]}$$

Az „A” pont fordulási sugara:

$$R_A = \frac{L}{\sin \alpha} = \frac{2,6}{\sin 33^\circ} = 4,77 \text{ [m]}$$

A külső fordulási sugár meghatározása:

$$R_{EK} = \sqrt{(R_H + b)^2 + L^2} + \frac{k_e - 2b}{2} = \sqrt{(4 + 0,6)^2 + 2,6^2} + \frac{1,6 - 2 \cdot 0,6}{2} = 5,48 \quad [m]$$

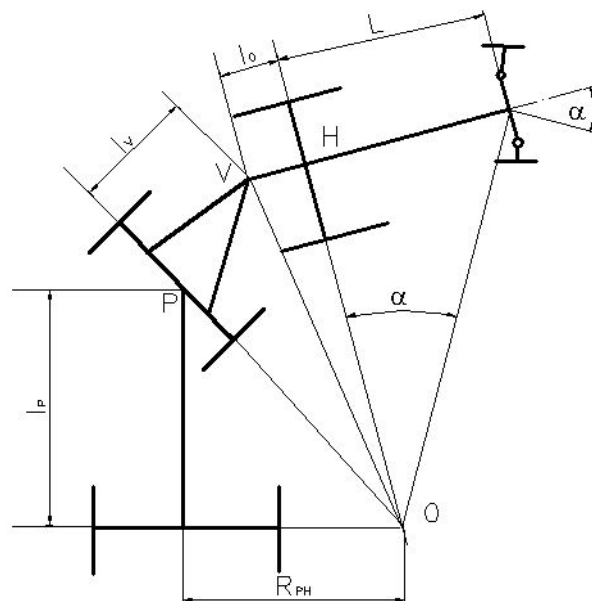
7.2. Mintafeladat

Adott az alábbi ábrán látható traktor-pótkocsi gépcsoprt fordulási helyzete. A traktor tengelytávolsága $L=2,8$ m, a vonóhorog kinyúlása $l_0=0,5$ m, a pótkocsi vonószerkezetének hossza $l_v=2$ m, a pótkocsi tengelytávolsága $l_p=3$ m, a pótkocsi hátsó tengely középpontjának a sugara $R_{PH}=2$ m.

Kérdések:

- 1) Határozzuk meg a 18. ábrán látható traktor-pótkocsi gépcsoprt a fordulási helyzetéből az α vezetőszöget!

Megoldás:



18. ábra: Vázlat a vezetőszög meghatározásához

A „P” pont fordulási sugara:

$$R_p = \sqrt{R_{PH}^2 + l_p^2} = \sqrt{2^2 + 3^2} = 3,61 \text{ [m]}$$

A „V” pont fordulási sugara:

$$R_v = \sqrt{R_p^2 + l_v^2} = \sqrt{R_{PH}^2 + l_p^2 + l_v^2} = \sqrt{2^2 + 3^2 + 2^2} = 4,123 \text{ [m]}$$

A „H” pont fordulási sugara:

$$R_H = \sqrt{R_v^2 - l_0^2} = \sqrt{R_{PH}^2 + l_p^2 + l_v^2 - l_0^2} = \sqrt{2^2 + 3^2 + 2^2 - 0,5^2} = 4,09 \text{ [m]}$$

Ezek alapján a vezetőszög:

$$\alpha = \arctg \frac{L}{R_H} = \arctg \frac{2,8}{4,09} = 34,39^\circ$$

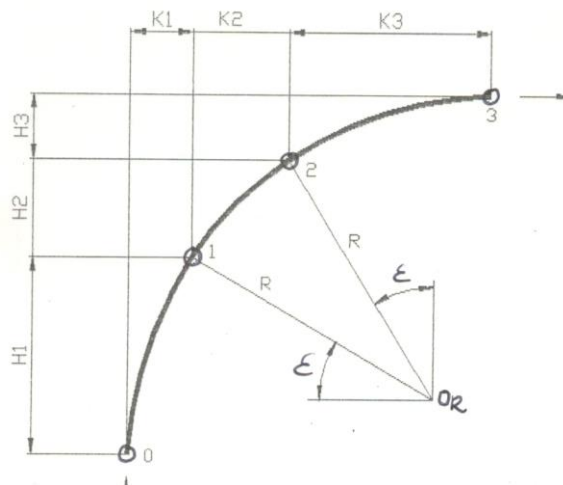
7.3. Mintafeladat

Egy tengelycsont kormányzású traktor tengelytávolsága $L = 3 \text{ m}$, a kormányzás szögsebessége $\omega = 0,3 \text{ s}^{-1}$, a kormányzási idő $t_0 = 1,4 \text{ s}$, a haladási sebesség pedig $v_1 = 1 \text{ m/s}$ és $v_2 = 5 \text{ m/s}$ értékű.

Kérdések:

- 1) Határozza meg a 90° -os forduló jellemzőit (18. ábra) (ε , H_1 , H_2 , H_3 , H_0)! [rad], [m]
- 2) Számítsa ki a forduló időtartamát (t)! [s]

Megoldás:



18. ábra: Vázlat a 90⁰-os forduló jellemzőinek meghatározásához

Az „ε” szög értéke:

$$\varepsilon_1 = -\frac{v_1}{L \cdot \omega} \cdot \ln \cos \omega t_0 = -\frac{1}{3 \cdot 0,3} \cdot \ln \cos 0,3 \cdot 1,4 = 0,101 \quad [rad]$$

$$\varepsilon_2 = -\frac{v_2}{L \cdot \omega} \cdot \ln \cos \omega t_0 = -\frac{5}{3 \cdot 0,3} \cdot \ln \cos 0,3 \cdot 1,4 = 0,505 \quad [rad]$$

A forduló H₁ vetülete:

$$H_{11} = v_1 \cdot t_0 - \frac{v_1^3 \cdot \omega^2 \cdot t_0^5}{40 \cdot L^2} = 1 \cdot 1,4 - \frac{1^3 \cdot 0,3^2 \cdot 1,4^5}{40 \cdot 3^2} = 1,398 \quad [m]$$

$$H_{12} = v_2 \cdot t_0 - \frac{v_2^3 \cdot \omega^2 \cdot t_0^5}{40 \cdot L^2} = 5 \cdot 1,4 - \frac{5^3 \cdot 0,3^2 \cdot 1,4^5}{40 \cdot 3^2} = 6,832 \quad [m]$$

A forduló H₂ vetülete:

$$H_{21} = R_H (\cos \varepsilon_1 - \sin \varepsilon_1) = \frac{L}{\operatorname{tg} \omega t_0} (\cos \varepsilon_1 - \sin \varepsilon_1)$$

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

$$H_{21} = \frac{3}{\operatorname{tg} 0,3 \cdot 1,4} (\cos 0,101 - \sin 0,101) = 6,006 \quad [m]$$

$$H_{22} = \frac{L}{\operatorname{tg} \omega t_0} (\cos \varepsilon_2 - \sin \varepsilon_2) = \frac{3}{\operatorname{tg} 0,3 \cdot 1,4} (\cos 0,505 - \sin 0,505) = 2,629 \quad [m]$$

A forduló H_3 vetülete:

$$H_{31} = \frac{v_1^2 \cdot \omega \cdot t_0^3}{6 \cdot L} = \frac{1^2 \cdot 0,3 \cdot 1,4^3}{6 \cdot 3} = 0,046 \quad [m]$$

$$H_{32} = \frac{v_2^2 \cdot \omega \cdot t_0^3}{6 \cdot L} = \frac{5^2 \cdot 0,3 \cdot 1,4^3}{6 \cdot 3} = 1,143 \quad [m]$$

A hosszirányú vetület összesen:

$$H_{01} = H_{11} + H_{21} + H_{31} = 1,398 + 6,006 + 0,046 = 7,45 \quad [m]$$

$$H_{02} = H_{12} + H_{22} + H_{32} = 6,832 + 2,629 + 1,143 = 10,604 \quad [m]$$

A forduló időtartama:

$$t_1 = 2t_0 + \frac{R_H \left(\frac{\pi}{2} - 2\varepsilon_1 \right)}{v_1} = 2 \cdot 1,4 + \frac{6,718 \left(\frac{\pi}{2} - 2 \cdot 0,101 \right)}{1} = 11,99s$$

$$t_{21} = 2t_0 + \frac{R_H \left(\frac{\pi}{2} - 2\varepsilon_2 \right)}{v_2} = 2 \cdot 1,4 + \frac{6,718 \left(\frac{\pi}{2} - 2 \cdot 0,505 \right)}{5} = 3,55s$$

7.4. Mintafeladat

Egy traktor egy $A = 200$ ha területű táblát $B=6$ m munkaszélességű géppel művel meg, miközben a haladási sebessége $v_H=3$ m/s. Az üresmeneti idő $t_{\text{üm}}=3,2$ h, az üresmeneti úthossz pedig $s_{\text{üm}}=40$ km.

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Kérdések:

- 1) Mennyi a gépcsoport üresmeneti időkihasználási tényezője ($K_{\text{üm}}$)?
- 2) Számítsa ki, mennyi a munkamenetek tényezője (v)!
- 3) Mennyi a fajlagos úthossz (λ)? [km/ha]

Megoldás:

A tényleges (munkával megtett) úthossz:

$$s_m = \frac{A}{B} = \frac{200 \cdot 10^4}{6} = 3,33 \cdot 10^5 \text{ m} = 333 \text{ [km]}$$

Az alapidő:

$$t_a = \frac{s_m}{v_H} = \frac{333 \cdot 10^3}{3} = 1,11 \cdot 10^5 \text{ s} = 30,86 \text{ [h]}$$

Az üresmeneti időkihasználási tényező:

$$K_{\text{üm}} = \frac{t_a}{t_a + t_{\text{üm}}} = \frac{30,86}{30,86 + 3,2} = 0,906$$

A munkamenetek tényezője:

$$v = \frac{s_m}{s_m + s_{\text{üm}}} = \frac{333}{333 + 40} = 0,893$$

A fajlagos úthossz:

$$\lambda = \frac{s_{\text{össz}}}{A} = \frac{333 + 40}{200} = 1,87 \text{ [km/ha]}$$



HÁZI FELADAT: a fenti mintafeladatok alapján végezze el az alábbi számításokat!

7.5. Gyakorló feladat

Adott egy első tengelycsonk kormányzású traktor, melynek tengelytávolsága $L=3,6$ m, a kormányzás vezetőszöge $\alpha=31^\circ$, a vonóhorog kinyúlása $l_0=1,2$ m. A traktor mellső nyomtávolsága $k_e=1,8$ m, a tengelycsonkok közötti távolság $2b=1,5$ m.

Kérdések:

- 1) Számítsuk ki a traktor fordulási sugarait a H, az A, a V pontokra! [m]
- 2) Számítsuk ki a traktor külső fordulási sugarát (R_{EK})! [m]

7.6. Gyakorló feladat

Adott a fentebbi ábrán látható traktor-pótkocsi gépcsoport fordulási helyzete. A traktor tengelytávolsága $L=3,6$ m, a vonóhorog kinyúlása $l_0=1,1$ m, a pótkocsi vonószerkezetének hossza $l_v=2,8$ m, a pótkocsi tengelytávolsága $l_p=3,5$ m, a pótkocsi hátsó tengely középpontjának a sugara $R_{PH}=2,7$ m.

Kérdések:

Határozzuk meg a traktor-pótkocsi gépcsoport adott fordulási helyzetéből az α vezetőszöget!

7.7. Gyakorló feladat

Egy tengelycsonk kormányzású traktor tengelytávolsága $L=3,2$ m, a kormányzás szögsebessége $\omega=0,34$ s⁻¹, a kormányzási idő $t_0=1,6$ s, a haladási sebesség pedig $v_1=1,2$ m/s és $v_2=4,5$ m/s értékű.

**„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”**

Kérdések:

- 1) Határozza meg a 90°-os forduló jellemzőit a 7.3. Mintafeladatban bemutatottak alapján (ε , H_1 , H_2 , H_3 , H_0)! [rad], [m]
- 2) Számítsa ki a forduló időtartamát (t)! [s]

7.8. Gyakorló feladat

Egy traktor egy $A=85$ ha területű táblát $B=7$ m munkaszélességű géppel művel meg, miközben a haladási sebessége $v_H=3,2$ m/s. Az üresmeneti idő $t_{\text{üm}}=1,1$ h, az üresmeneti úthossz pedig $s_{\text{üm}}=9$ km.

Kérdések:

- 1) Mennyi a gépcsoport üresmeneti időkihasználási tényezője ($K_{\text{üm}}$)?
- 2) Számítsa ki, mennyi a munkamenetek tényezője (v)!
- 3) Mennyi a fajlagos úthossz (λ)? [km/ha]