



Ujpál Sándor

LÉGI NAVIGÁCIÓ ALAPJAIT OKTATÓ PROGRAM

Előadásomnak nem célja a légi navigáció alapismereteinek teljes kifejtése, ez megtörténik az általam elkészített oktató programban, ezért csak nagyvonalakban foglalkozom a légi navigáció fejezeteinek tartalmával és az egyes fogalmak magyarázatával.

Ezzel párhuzamosan bemutatom az oktató program módszertani és tartalmi felépítését, az elérhető célt, a felhasználás módját, és végül mellékelem a futtatható programot. A program kódjából csak a bemutató előadásomban villantok fel részleteket.

AZ OKTATÓ PROGRAM

Az oktató program lehetővé teszi a légi navigáció alapismereteinek és az útvonalrepüléssel kapcsolatos előkészületi és légi tájékoztatói ismeretek elsajátítását, ismétlését és ellenőrzését.

A programot Turbo Pascal 7.0 nyelven írtam DOS OS alatt valós módban, - a 80286-os típusú, illetve a későbbi processzorok a műveletek két módját támogatják: a valós (real) és a védett (protected) módokat - . A valós mód csak a hagyományos 1 Mbyte-os memória kezelését teszi lehetővé, vagyis 1MB operatív memória címezhető, tehát meghatározza az írható programkód nagyságát.

A címzésre egy 32 bites értéket használunk, amely két – egyenként 16 bites – részből áll: alaplímből és az offsetből. Ezt a 32 bites mezőt logikai címnek nevezzük; ebből képezi a processzor a tényleges fizikai címet. Az offset egy 64 Kbyte-os szegmens címzését teszi lehetővé, ezzel korlátozva az írható programkód nagyságát. A programom felhasználja ezt a teljes területet, ezért az almenüben a Help részt már csak jelezni tudtam, mivel a KódMax nem tette lehetővé annak teljes kifejtését.

1. A program felépítése - Főmenü

Figyelembe véve didaktikai szempontból az oktatás folyamatának mozzanatait, a program **Főmenüje** lényegében három pontból áll:

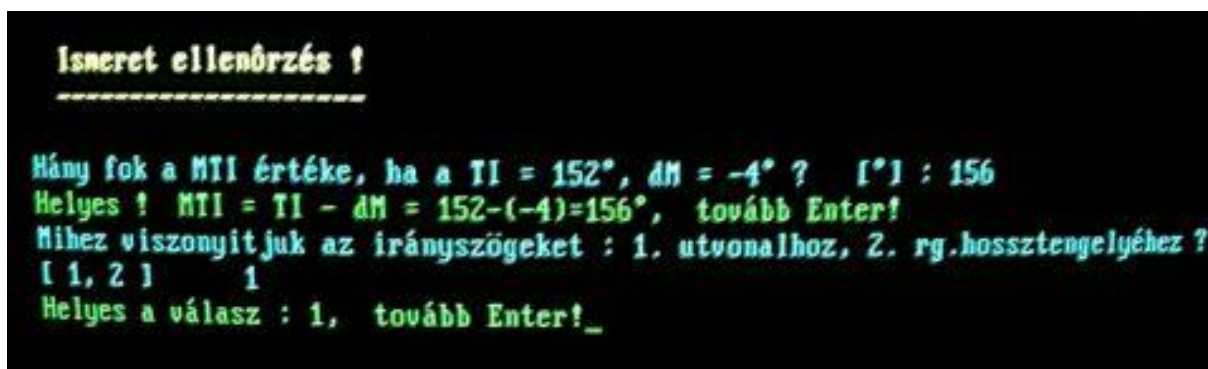
1. ISMERETSZERZÉS

2. ISMÉTLÉS

3. Rövid ELLENŐRZÉS

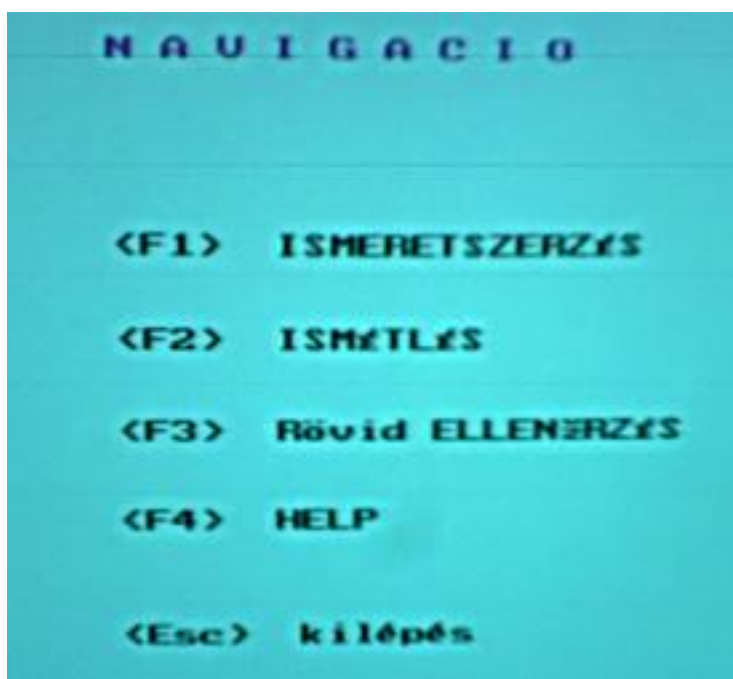
4. HELP (helyhiány miatt nem lett kidolgozva)

Az első pont, az ismeretszerzés választásakor a hallgatónak végig kell menni a légi navigációt öt fejezetben tárgyaló teljes tananyagon. A fejezetek végén kérdésekre kell válaszolni és csak helyes



válasz esetén léphet a következő fejezetre.

1. ábra. Példa a programból



2. ábra. Főmenü.

A főmenü 2. pontjának választása biztosítja a tananyag fejezetenkénti ismétlését. Az egyes fejezetekben az ismeretszerzés tananyaga ismétlődik és a program által feltett kérdésekre kell a hallgatónak válaszolnia.

A egyes fejezetek végén visszakerülünk az almenübe, ahol választhatunk másik témát, vagy visszaléphetünk a főmenühöz.

A főmenü 3. pontja egy rövid (30 kérdéses) ellenőrző – értékelő rész. A program tíz helytelen válasz esetén visszaküld a főmenühöz, és ekkor már csak az 1. és a 2. pont között választhatunk. Amennyiben 30 kérdésre válaszoltunk és a helytelen kérdések száma kevesebb mint 10, akkor értékelést kapunk és a program befejeződik.

3. A program fejezetei - Almenü

A program öt fejezetre osztva – **Almenü** - tárgyalja a légi navigáció alapismereteit:

1. *Földrajzi alapfogalmak*

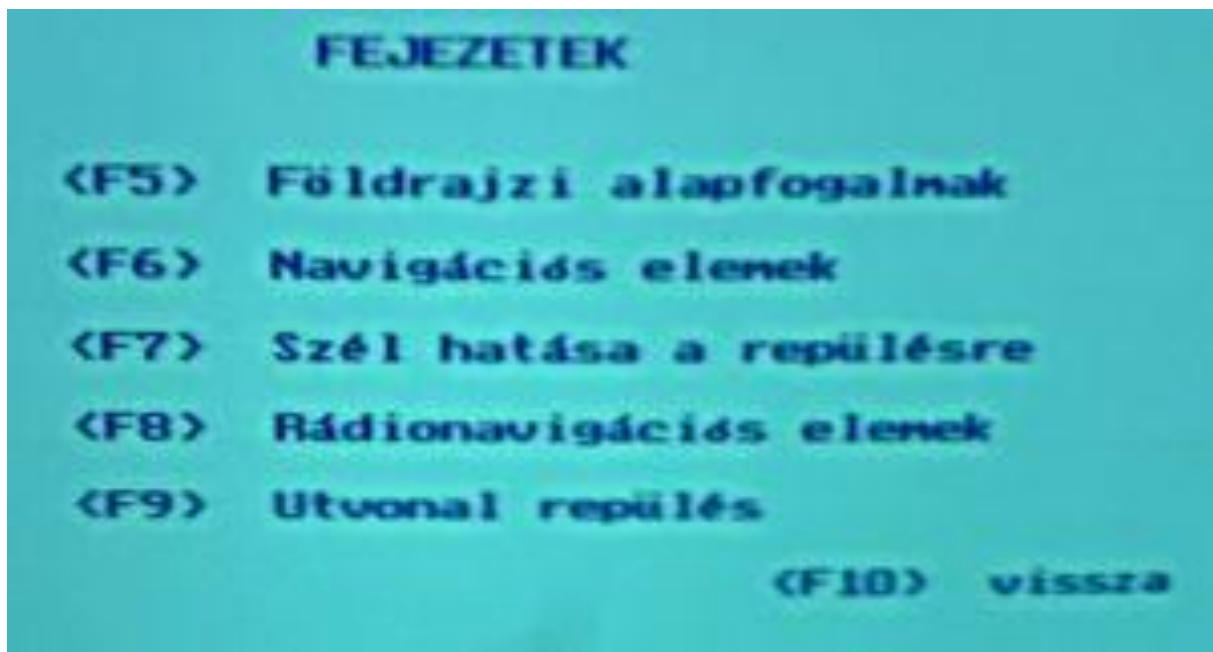
2. *Navigációs elemek*

3. *Szél hatása a repülésre*

4. *Rádionavigációs elemek*

5. *Útvonalrepülés*

Az **Almenüben** található a fejezetek:



Amint látjuk a fejezetek előhívása a funkcióbillentyűkkel történik.

3. ábra. Fejezetek

A teljesség igénye nélkül nézzük meg fejezetek tananyagát:

1. *Földrajzi alapfogalmak*

a. A Föld alakja és méretei:

Csillagászati megfigyelések és földméréstani munkák alapján megállapították, hogy a Föld alakja nem szabályos gömb, hanem forgási ellipszoid. A feldolgozott adatok alapján az ellipszoid méretei a következők: - a Föld egyenlítőjének sugara (a nagyfőtengetely hossza) **a = 6378,245 km;**

- a Föld tengelysugarának hossza (a kisfőtengetely hossza) **b = 6356,863 km.**

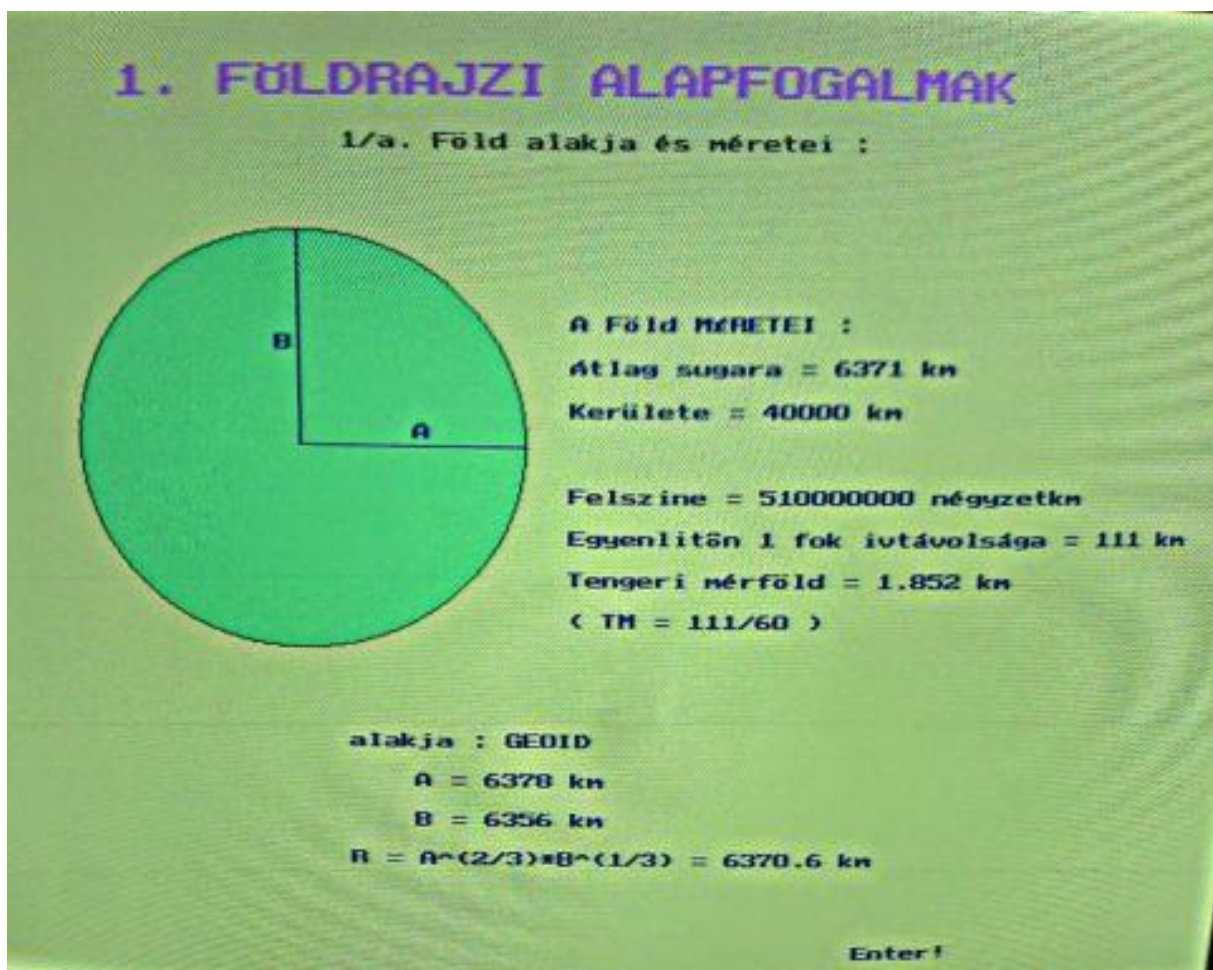
Ebből következik, hogy a Föld forgási tengelye a sarkok lapultsága miatt nem egészen 43 kilométerrel rövidebb az Egyenlítő átmérőjénél, ezért a Földet gyakorlatilag gömbnek tekinthetjük.

A gömb, valamint az ellipszoid térfogatképleteiből ki lehet számítani a földsugarat, amelyet a légi tájékozódási számítások során nemzetközileg is elfogadtak.

A két térfogat összehasonlításából ($V_g = V_e$) kapjuk:

$$R = \sqrt[3]{a^2 b} = 6370.6 \text{ km}$$

Ezek szerint a Föld sugara: **$R = 6370,6 \text{ km}$** , gyakorlatilag $R = 6371 \text{ km}$ –nek tekinthetjük.



4. ábra. Földrajzi alapfogalmak¹

2. Navigációs elemek

A repülés navigációs elemei:

A légi tájékozódáshoz a repülőgép személyzetének a repülés minden pillanatában ismernie kell a gép tartózkodási helyét (földrajzi koordináták, magasság), a repülés irányát, a célhoz vezető pontos útvonalat, a repülés sebességét és még sok más nélkülözhetetlen adatot. Ezek együttesen a navigációs

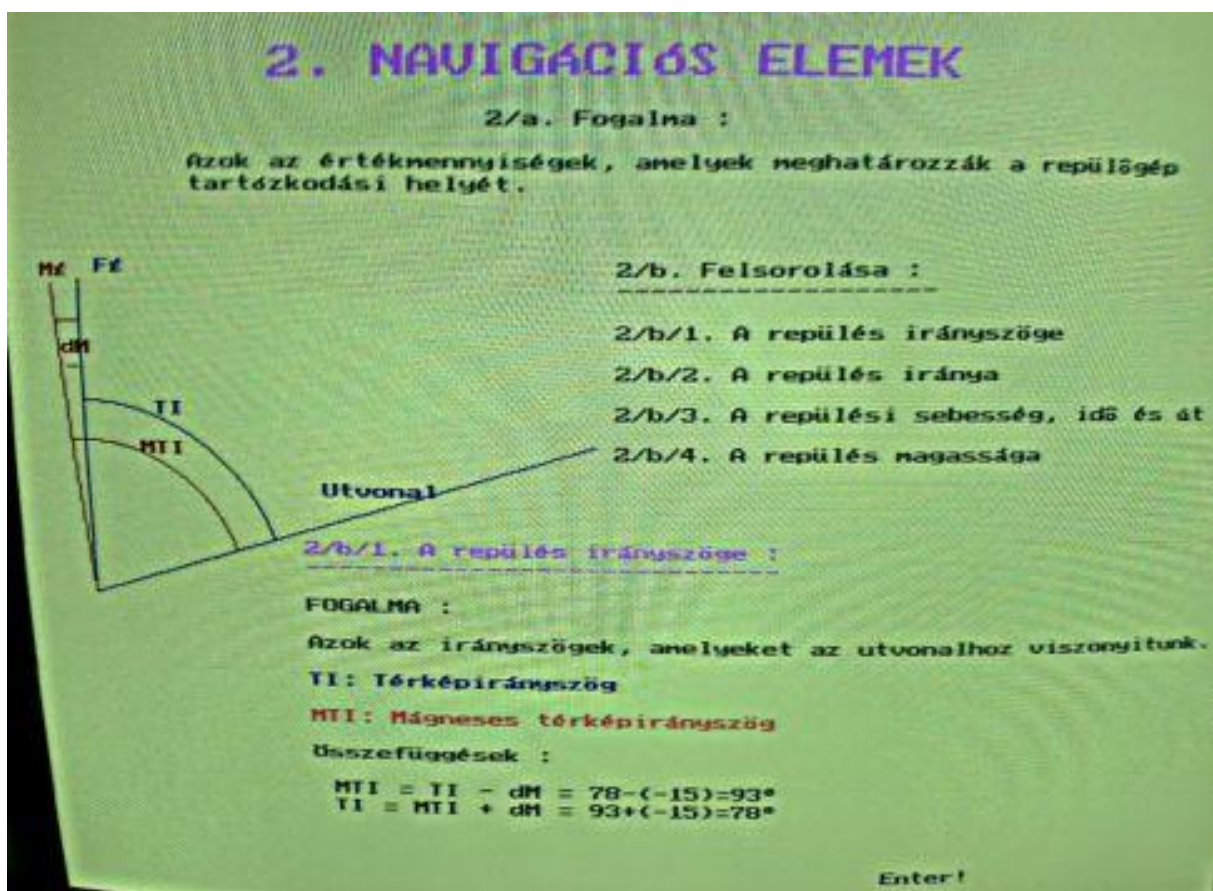
¹ Az ábrák a futóprogramból lettek kivéve.

elemek, más szóval azok az értékmennyiségek, amelyek meghatározzák a repülőgép tartózkodási helyét. **Felsorolása:** - a repülés irányszöge;

- a repülés iránya;
- a repülés sebessége, idő, út;
- a repülés magassága;
- a repülési útvonal.

Navigáláson általában a légi vagy a vízi járművek mindenkori helyzetének meghatározását és a kívánt irányba való vezetését értjük.

Navigáció fogalma: a gépszemélyzet azon összetett tevékenysége, amely arra irányul, hogy a repülő szerkezetet a megadott időben, a megadott útvonalon egyik pontból a másikba vezesse.



5. ábra. Navigációs elemek, irányszögek

A repülés irányszögeit valamely Északi (FÉ, MÉ) irányvonal és az útvonal között mérjük, ezek a Térképirányszög és a Mágneses térképirányszög. A közöttük levő különbség a dM, vagyis a mágneses elhajlás, vagyis a deklináció. Megjegyzés: továbbiakban „d” a görög deltát helyettesíti.

A deklináció előjele +, ha a MÉ jobbra van a FÉ -től és negatív az előjel, ha a MÉ balra van a FÉ -től.

A mágneses irányszöget megkapjuk, ha térképirányszögből levonjuk a deklinációt: $MTI = TI - dM$.

A repülés irányait a repülőgép hossz tengelyéhez viszonyítjuk és valamelyik Északtól mérjük.

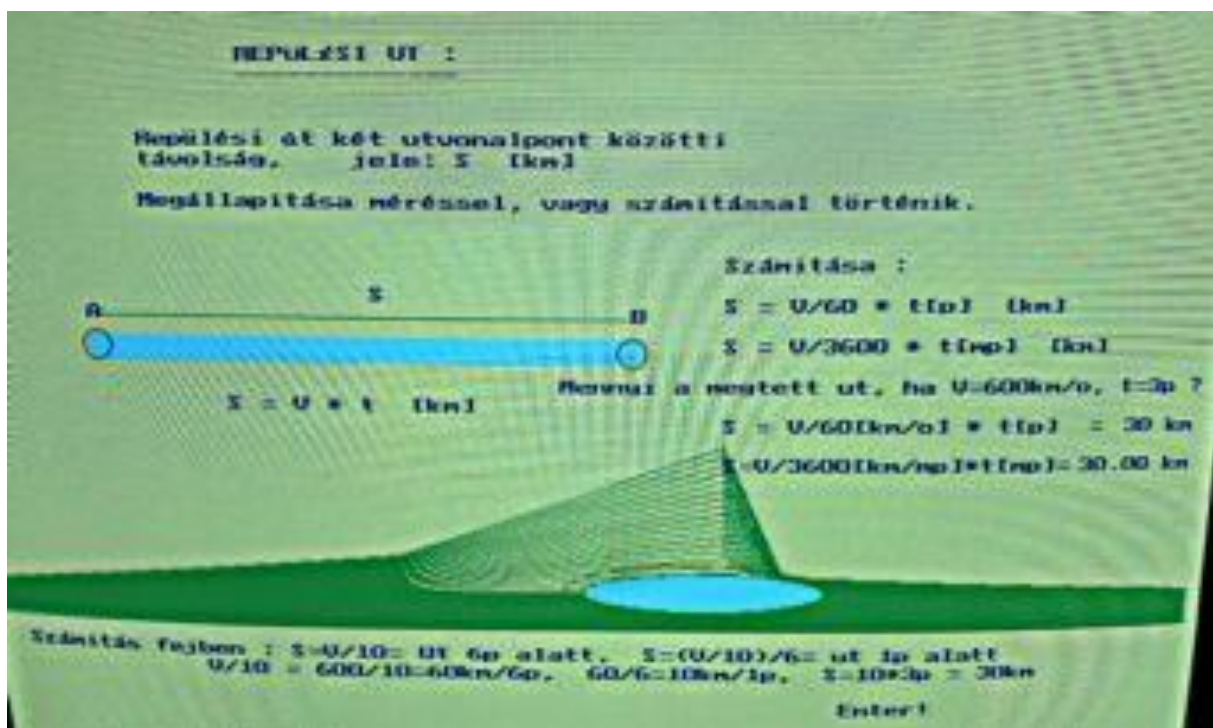


A harmadik irány az Iránytűirány (II), ekkor a deviációt (dD) is figyelembe vesszük.

6. ábra. Repülés irányai

A deviáció az iránytű hibájából származik, létrejön az IránytűÉszak (IÉ). $II = GTI - dM - dD$.

Következő téma a repülési sebesség jele: V, a repülési idő jele: t, és a repülési út jele: S. $S = V * t$.



7. ábra. Repülési út

A repülési út számítása történhet: papíron, fejben, vagy navigációs számológéppel.

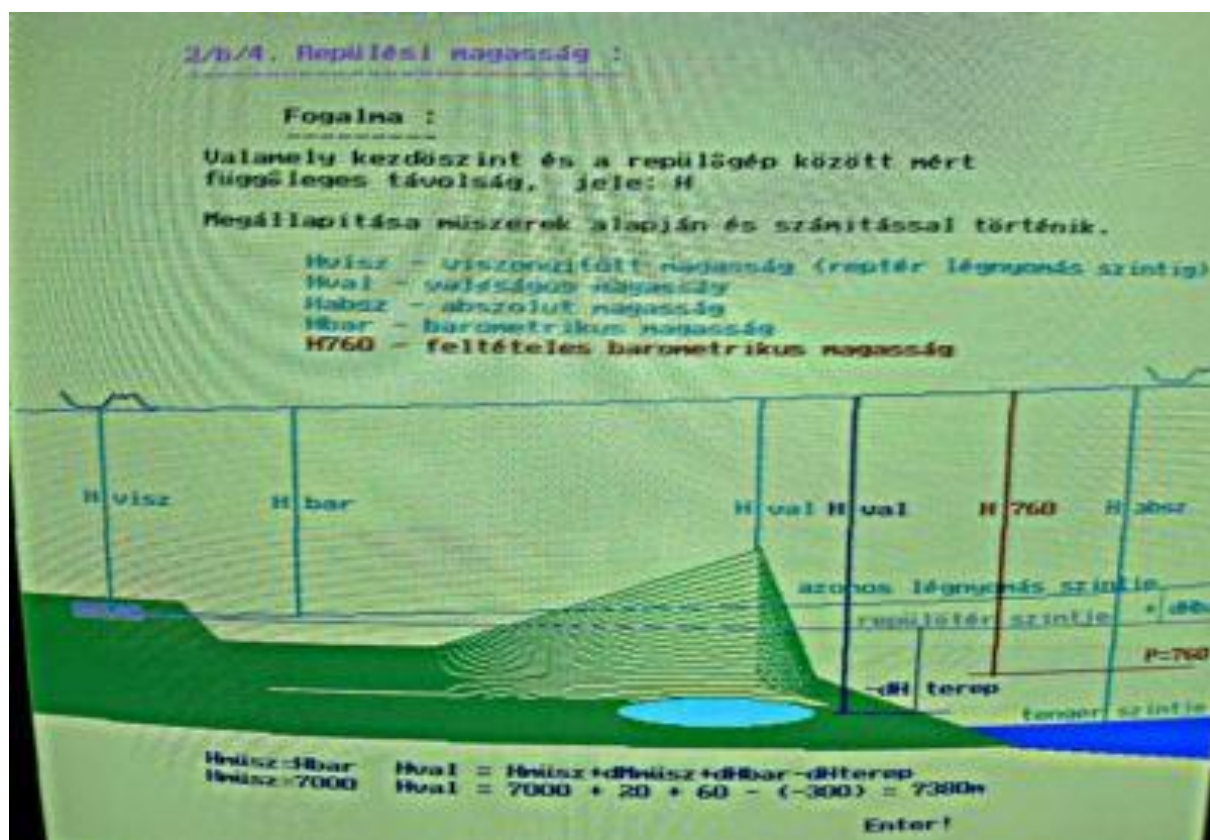
Repülés magassága:

A repülési magasság az a függőleges távolság, amely meghatározott számítási alapszinttől a repülőgépig terjed.

A légi navigáció során használt repülési magasságok a következők:

- *Abszolút magasság (Habsz).* A tengerszint és a repülőgép között mért függőleges távolság.
- *Barometrikus magasság (Hbar).* Az azonos légköri nyomásszint és a repülőgép közötti függőleges távolság.
- *Feltételes barometrikus magasság (H760).* A 760 Hgmm-es feltételes légköri nyomáshoz viszonyított magasság. Az útvonalrepülés során a magassági elkülönítésnél van külön jelentősége.
- *Viszonyított magasság (Hvisz).* A repülőtér szintje és a repülőgép között mért függőleges távolság.
- *Valóságos magasság (Hval).* A repülőgép és a földfelszín repülőgép alatt levő pontja közötti függőleges távolság.

Most nézzük meg egy ábrán a fenti magasságokat:



8. ábra. Repülési magasságok

Áttérünk a harmadik fejezet tárgyalására:

3. A szél hatása a repülésre

A szél fogalma: A levegő közel vízszintes mozgását szélnek nevezzük.

A szél hatására a repülési sebesség, a repülési idő és a repülési útvonal megváltozik, ennek mértéke és iránya függ a szél sebességétől (u) és irányától.

Kétféle szélirányt különböztetünk meg: a meteorológiai szélirányt (ahonnan a szél fúj, $dmet$) és a navigációs szélirányt (ahová a szél fúj, $dnav$).

3. Szél hatása a repülésre :

3/a. Szél :
A levegő közel vízszintes irányú mozgását szélnek nevezzük.
A szélssebesség jele: u , a szélirány jele: $dmet$ és $dnav$.

3/b. A szélirány értelmezése :
Meteorológiai szélirány: ahonnan a szél fúj.
Navigációs szélirány: ahová a szél fúj.

3/c. ábrázolása :



$dmet$: a földrajzi észak és a szélvektora által bezárt szög
 $dnav$: mágneses észak és a szélvektora által bezárt szög

Összefüggések :
 $dnav = dmet - 180 - dM$
 $dnav = 300 - 180 - (+15) = 105^\circ$

Enter!

9. ábra. A szél hatása a repülésre

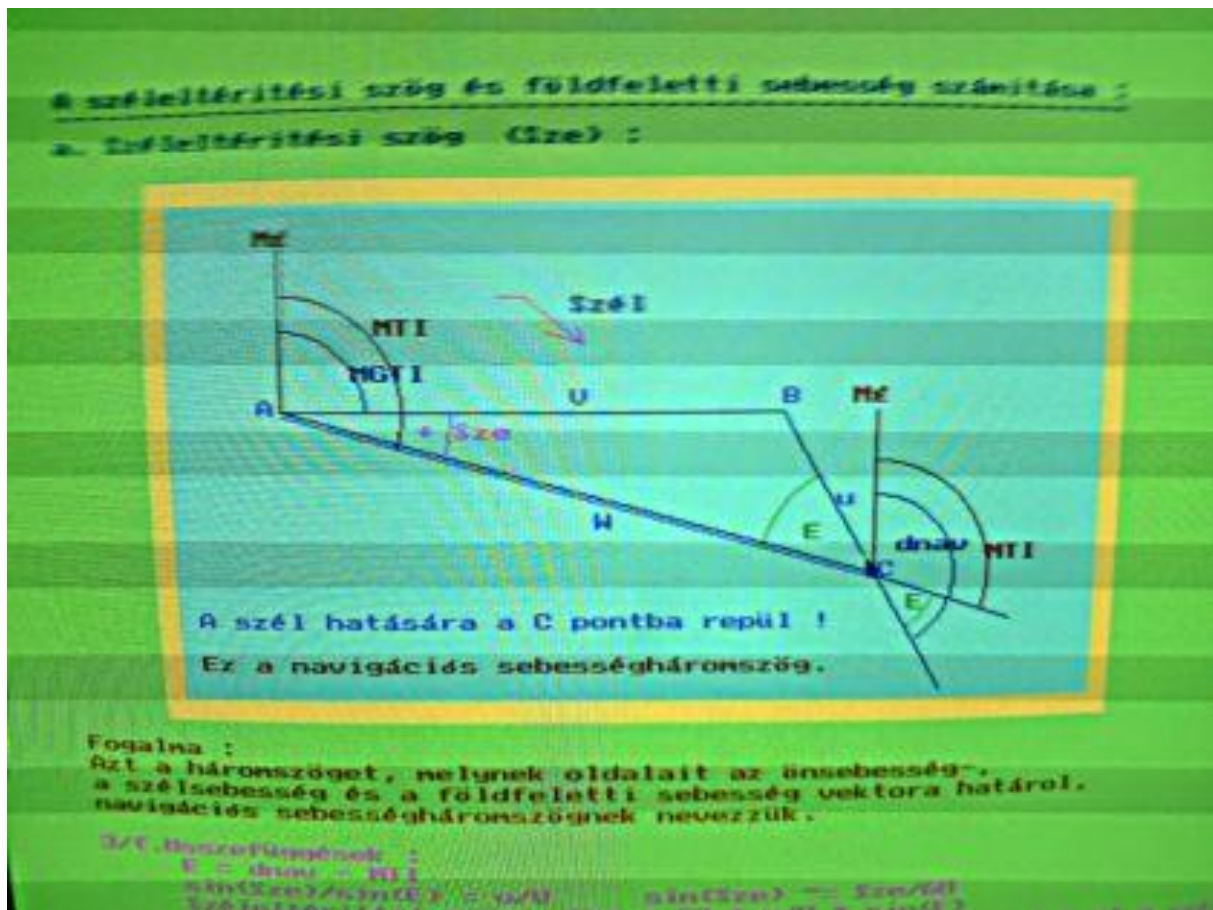
A szél iránya és nagysága hatással van a földfeletti sebességre (W). A földfeletti sebesség lehet nagyobb, vagy kisebb az önsebességnél, így megváltozhat a repülési idő és a repülési út.

A szélssebesség jele: u , melynek vektora hozzáadódik az önsebesség vektorához.

Képlete: $W = V + - u$.

Amennyiben oldalról fúj a szél és nem tartunk ellene, a repülőgépet eltéríti a tervezett útvonaltól.

Az eltérés nagysága függ az önsebességtől is, ezért azt gondolhatnánk, hogy nagy sebességű repülőgépeknél ez elhanyagolható. Ez nem így van, mivel ezek a gépek általában nagy magasságban repülnek, itt pedig jelentős nagyságú szelek vannak, akár 100, 150 km/ó is lehet a szélssebesség.



10. ábra. Navigációs sebesség háromszög

A fenti ábrán a V az önsebesség és az u a szélesebesség adott, az Sze széleltérítési szöget, a W földfeletti sebességet és az E (epsilon) szöget ki kell számolni.

$$E = dnau - MTI, \quad V/u = \sin E / \sin Sze, \quad \sin Sze = u \cdot \sin E / V, \quad Sze = u / V \cdot \sin E$$

Az Sze előjele $+$, ha a szél jobbra visz el a tervezett útvonaltól, ha balra visz el az Sze előjele negatív.

$$W = V \cdot \cos Sze + u \cdot \cos E, \quad \mathbf{W} = \mathbf{V} + \mathbf{u} \cdot \cos E$$

Felszállás előtt az aktuális széladatokat alapján ezeket kiszámítjuk és ennek megfelelően számoljuk ki az iránytűirányt és a repülési időt.

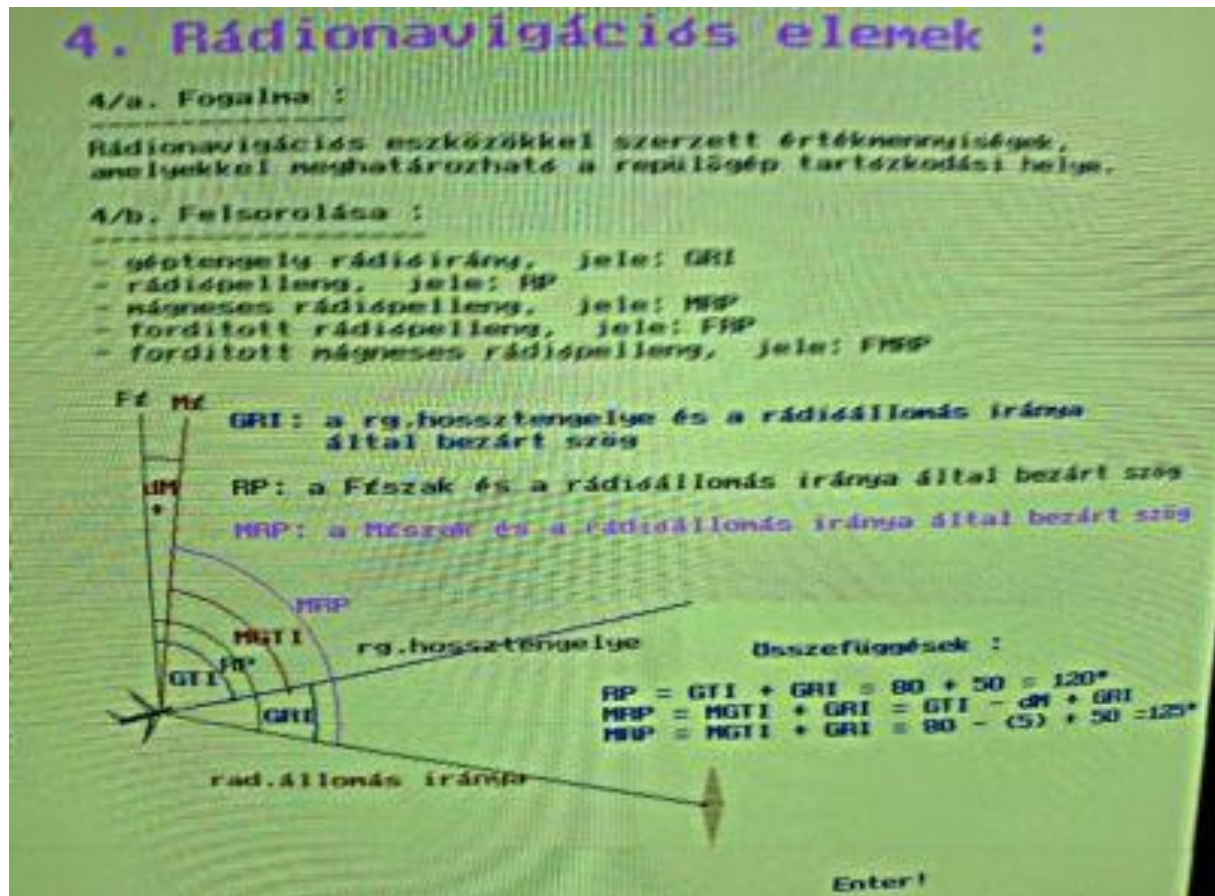
4. Rádió navigációs elemek

A légi tájékozódás során a repülőgép tartózkodási helyének megállapításánál jelentős szerepe van a földön levő rádió navigációs eszközöknek és a fedélzeten levő rádió navigációs műszereknek. Ezek segítségével állapítjuk meg a rádió navigációs elemeket.

A rádió navigáció elemei:

- Géptengely rádióirány (GRI). A repülőgép hossz tengelye és a rádióállomás iránya által bezárt szög, az automatikus rádióiránytű jelzőműszer külső gyűrűjén olvasható le.
- Rádiópeleng és mágneses rádiópeleng (RP, MRP). A repülőgép helyén átmenő földrajzi, (mágneses) Észak iránya és a rádióállomás iránya által bezárt szög. $MRP = GTI + GRI + dM$.

- Fordított rádiópeleng és fordított mágneses rádiópeleng (FRP, FMRP). A rádióállomás helyén átmenő földrajzi, (mágneses) Észak iránya és a repülőgép iránya által bezárt szög.
FMRP=MGTI+GRI+, -180 fok.



11. ábra. Rádionavigációs elemek

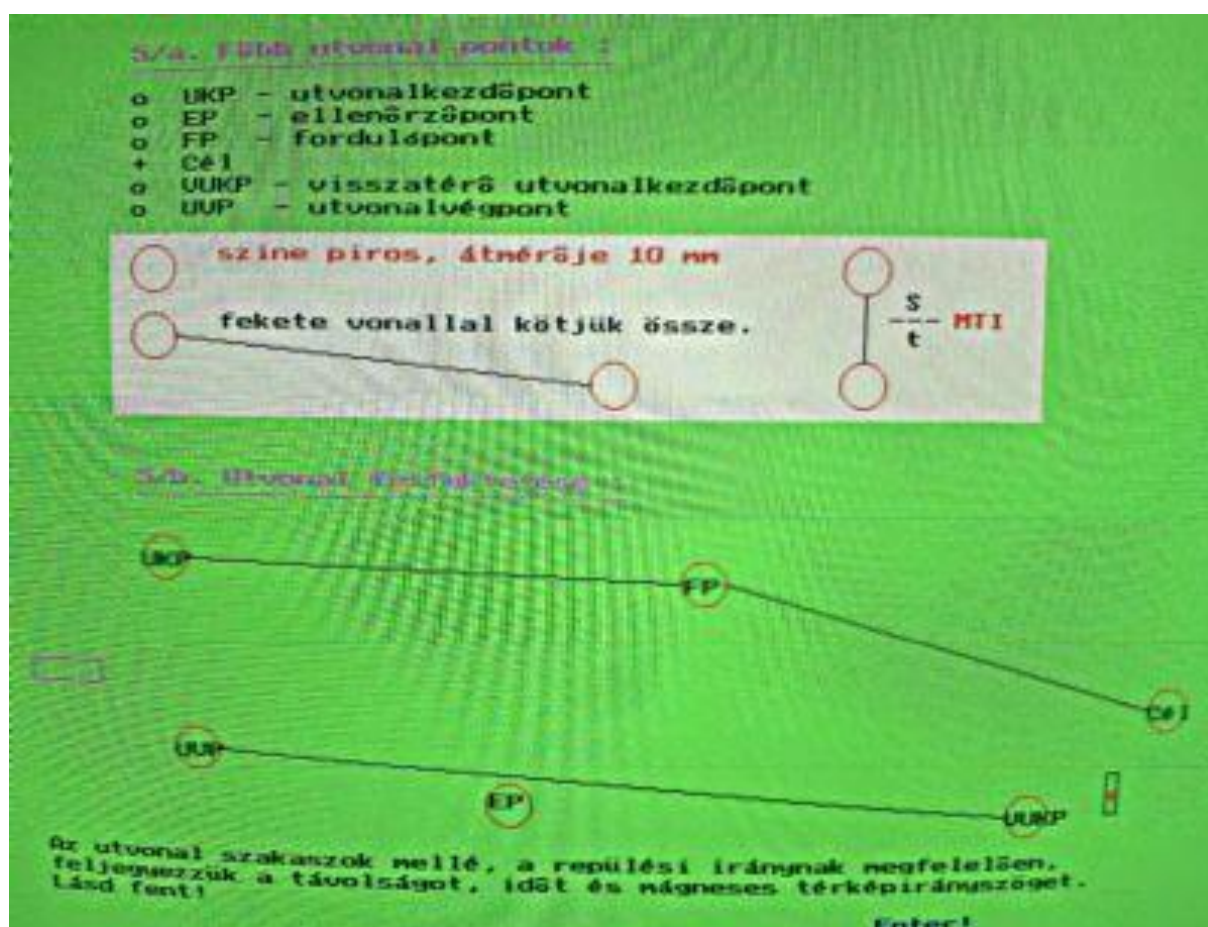
A programban van egy másik ábra is ami bemutatja a fordított rádiópelengeket és azok értelmezését. Ezt az ábrát hely hiányában nem mutatom be.

Néhány szót még a már említett automatikus rádióiránytűről:

A repülőgépen az egyik legfontosabb rádiótechnikai navigációs eszköz az automatikus iránymérő készülék, a rádióiránytű, vagy más néven a rádiókompassz. A pilótafülke műszerfalán elhelyezett fokbeosztásos műszerről minden pillanatban leolvashatjuk az irányadó rádióállomásnak a repülőgéphez viszonyított elhelyezkedését. Ezzel meghatározhatjuk a géptengely rádióirányát (GRI), amiből tudjuk hogy távolodunk, vagy közeledünk a rádióállomáshoz, illetve balra vagy jobbra vagyunk-e tőle.

Ez a műszer bonyolult időjárási viszonyok között segíti a végrehajtandó leszállást is, a műszeres leszállító rendszer (ILS), mint fő eszköz mellett.

Ez utóbbi berendezés fontos eszköze a fedélzeten, az úgynevezett VOR1 és VOR2 műszer, amelyek leszállás közben folyamatosan mutatják a repülőgép helyzetét a sikló pályához viszonyítva.

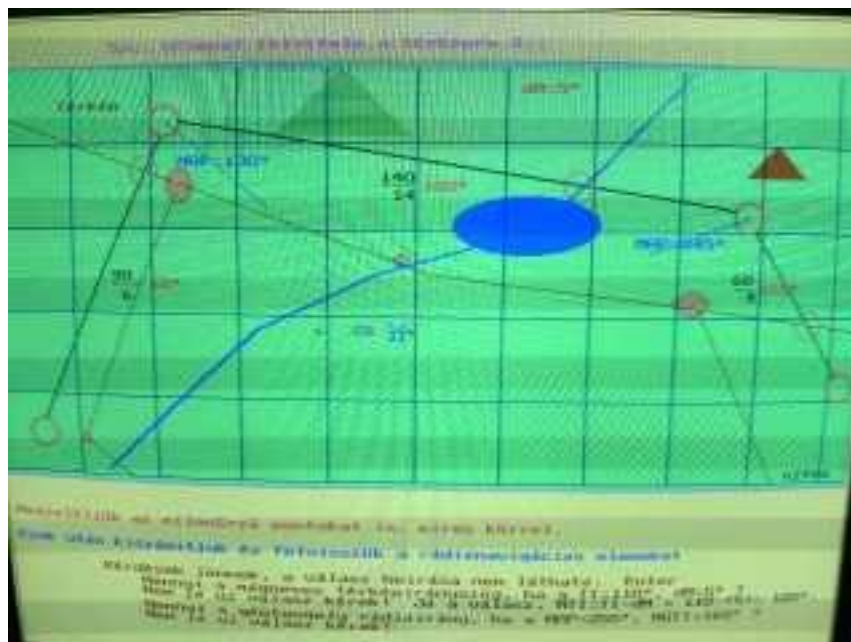
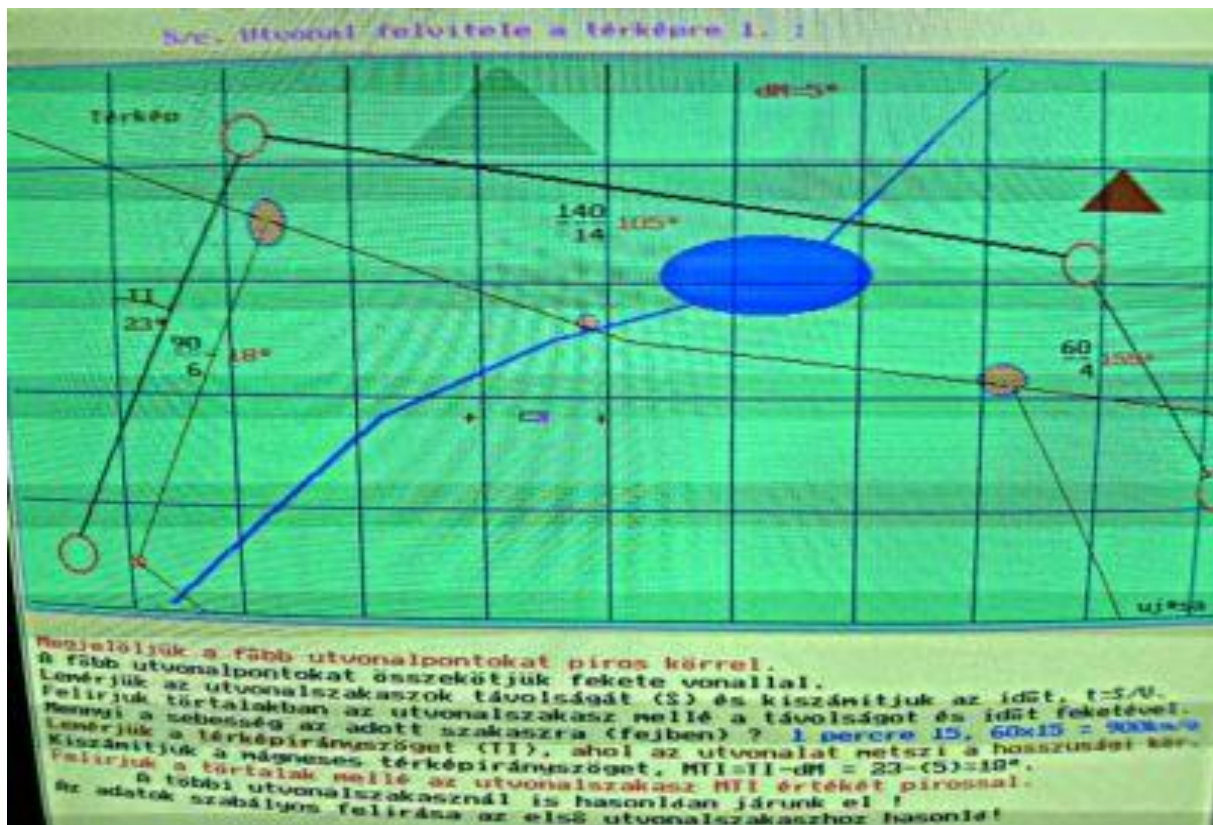


13. ábra. Az útvonal főbb pontjai

Amint látjuk, hatféle főbb útvonalpontot különböztetünk meg, amelyeket 10 mm átmérőjű piros színű körrel kell a repülőtérképen megjelölni. A fordulópontokat (FP) fekete vonallal kell összekötni. Az útvonal szakaszok jobb oldalára fekete színnel fel kell tüntetni számlálóban a szakasz távolságát (S), nevezőben a repülési idejét (t) az önsebesség (V) figyelembevételével. A törtvonaltól jobbra piros színnel a mágneses térképirányszöveget (MTI) kell írni. Ezeket 10 mm nagyságú számokkal kell felvinni a térképre.

Néhány szó a térképekről: A négy színben (fekete, kék, barna, zöld) nyomtatott céltérképek, amelyek 1: 100 000 és 1: 200 000 méretarányúak, valamennyi település és út megtalálható rajtuk.

A repülőtérkép 1: 500 000 és 1: 1 000 000 méretarányú, az összes települési pont és valamennyi fontosabb út fel van tüntetve rajta. Megemlítjük még az 1: 1 000 000 méretarányban készülő útvonaltérképet, amelyek az állandó légi útvonalakat tartalmazzák.



A mágneses rádiópelenget (MRP) kék színnel felvisszük a térképre, a fordulópontoknál (FP).

15. ábra. Az MRP felvitele az útvonalra

Ezek után a fedélzeti naplót kell kitölteni az útvonal szakaszonként kiszámított adatokkal: út, idő és mágneses térképírányző (S, t, MTI).

Felszállás előtt a konkrét széladatok birtokában kiszámítjuk a tényleges repülési időt (t_2) és az Sze értékét, ez utóbbival helyesbítjük az **MTI**-t, és az így kapott mágneses géptengelyirányt (**MGTI**) és t_2 értékét beírjuk a fedélzeti napló utolsó két rovatába, útvonal szakaszonként.

Szél. Fedélzeti napló :

Kitöltése a repülés felkészülés és a repülés napján történik.

A repülés felkészülés napján a széladatok még ismeretlenek, ezért nem tudunk minden rovatot kitölteni.

FEDÉLZETI NAPLÓ					
Főbb pontok	S	t1	MTI	t2	MGTI
UKP M=940	90	6	18°	5p42mp	14°
FP1 M=660	140	14	105°	12p40mp	106°
FP2 M=880	60	4	155°	4p05mp	160°
UKP					

Beírjuk az ismert adatokat a térkép alapján.

Beírjuk a mágneses térképírásműveket is.

A többi a repülés napján kell kiszámolni a széladatok alapján!

Első útvonalszakaszra : $U=900\text{km/h}$, $dmet=258^\circ$, $u=80\text{km/h}$, $dH=5^\circ$

A széltérítési szög számítása: $dnu=dmet-180-dH=258-180-(5)=78^\circ$

Széltérítési szög számítása: $E = dnu - MTI = 78 - 18 = 60^\circ$

A földfeletti sebesség számítása: $M = U + u \cdot \cos(E) = 900 + 80 \cdot \cos(60) = 940\text{km/h}$

MGTI és t_2 számítása: $MGTI=MTI-Sze=18-4=14^\circ$, $t_2=90/(940/60)=90/15.66=5.75\text{p42mp}$

Beírjuk a kiszámított t_2 és MGTI értékeket!

Kiszámítjuk az adatokat a többi útvonalszakaszra is, majd beírjuk a naplót.

Enter!

16. ábra. A fedélzeti napló kitöltve

Az előadásban szereplő ábrák a navigáció alapjait oktató futtatott programból lettek kivéve!

A programról még: A navigáció alapjait oktató program formailag és tartalmilag a fokozatosság elvére épül. Az első négy fejezet az ötödiket, az útvonal repülés fejezetét készíti elő, amely az új ismeretek mellett integrálja az előző fejezetek lényegét.

A program interaktív, amely a fejezetek végén párbeszéd formában röviden visszakérdez és a témával kapcsolatos főbb ismeretek bevésésére törekszik.

A program néhány elmélyült tanulmányozása biztosítja az útvonalrepüléssel kapcsolatos légi navigációs ismeretek elsajátítását kezdők számára, illetve az anyag átismétlését az ebben jártasoknak.

A program kódja megközelítően 1300 utasítás sorból áll. A futtatható programot teszteltem: DOS 6.22, Windows 98, Windows2000, és Windows XP operációsrendszer alatt. Ez utóbbi három operációs rendszerben a program DOS ablakban fut.

A légi navigáció alapjait oktató program állományai a „NAVIGOKT” könyvtárban vannak elhelyezve, ezt kinyitva a run.bat fájlra klikkelve indul. A bejelentkező animációs képből az Escape –val lehet tovább lépni, majd a Nyitóképből az Enterrel.

A főmenüben és az almenü fejezeteiben a funkcióbillentyűkkel lehet közlekedni (F1 – F9).

A programból kilépni csak a teljes program végén lehet, illetve a fejezetek végén az F10 billentyűvel visszakerülünk a főmenübe. A főmenüből véglegesen az Esc billentyűvel lehet kilépni, ekkor egy Záró képet látunk, itt a program az Enter billentyű lenyomására fejeződik be.

Az oktató programot a bemutató előadásomat követően, floppy lemezen átadom az illetékes tanszéknek felhasználásra.

Az oktató program véleményem szerint felhasználható a HM oktatási intézeteiben a repülőgép vezetők és repülésirányítók képzésében tanórákon, illetve az önképzések során.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Légitájékoztató szakutasítás Re/16. HM, Budapest 1963.
- [2] PÁLFFY ISTVÁN: Tájékoztató a vízen, a levegőben és a kozmoszban. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1979.
- [3] Dr. Nagy Sándor: DIDAKTIKA. Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.
- [4] Dr. Nánási Miklós: Pedagógia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [5] BENKŐ TIBORNÉ: Programozzunk Turbo Pascal nyelven! ComputerBooks, Budapest, 1993.
- [6] BENKŐ TIBORNÉ – HEGEDŰS ANDRÁS: IBM PC Programozása Turbo Pascal Nyelven. BME Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest, 1992.
- [7] PIRKÓ JÓZSEF: TURBO PASCAL 7.0 . LSI Oktatóközpont, Budapest, 1993.