



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 tájékozódási 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:

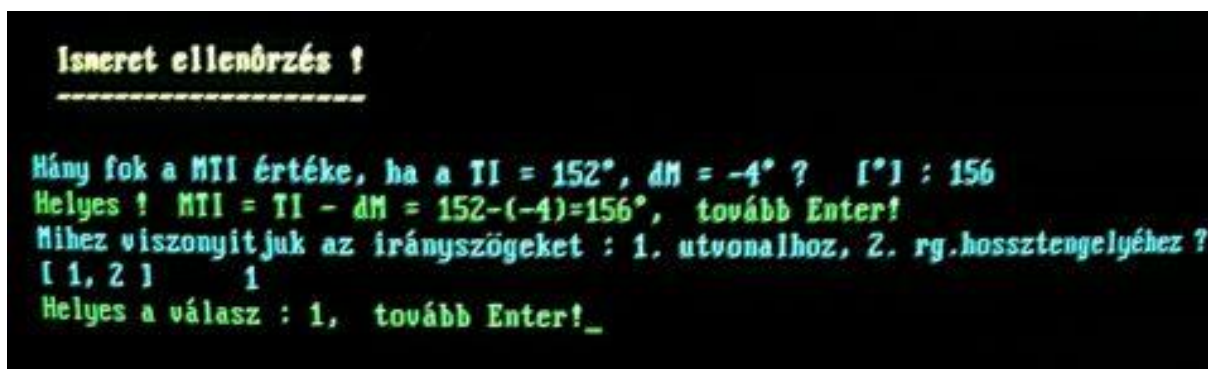
1. ISMERETSZERZÉS

2. ISMÉTLÉS

3. Rövid ELLENŐRZÉS

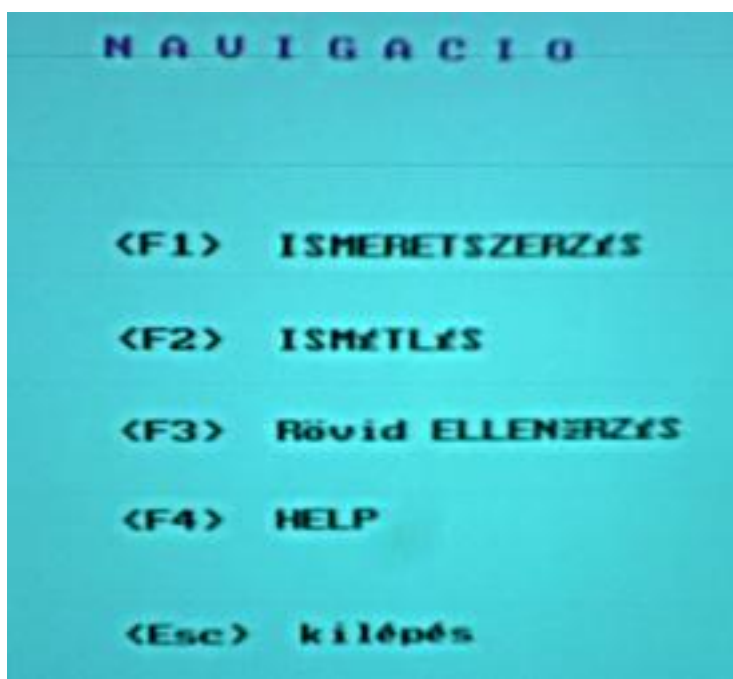
4. HELP (helyhiány miatt nem lett kidolgozva)

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*

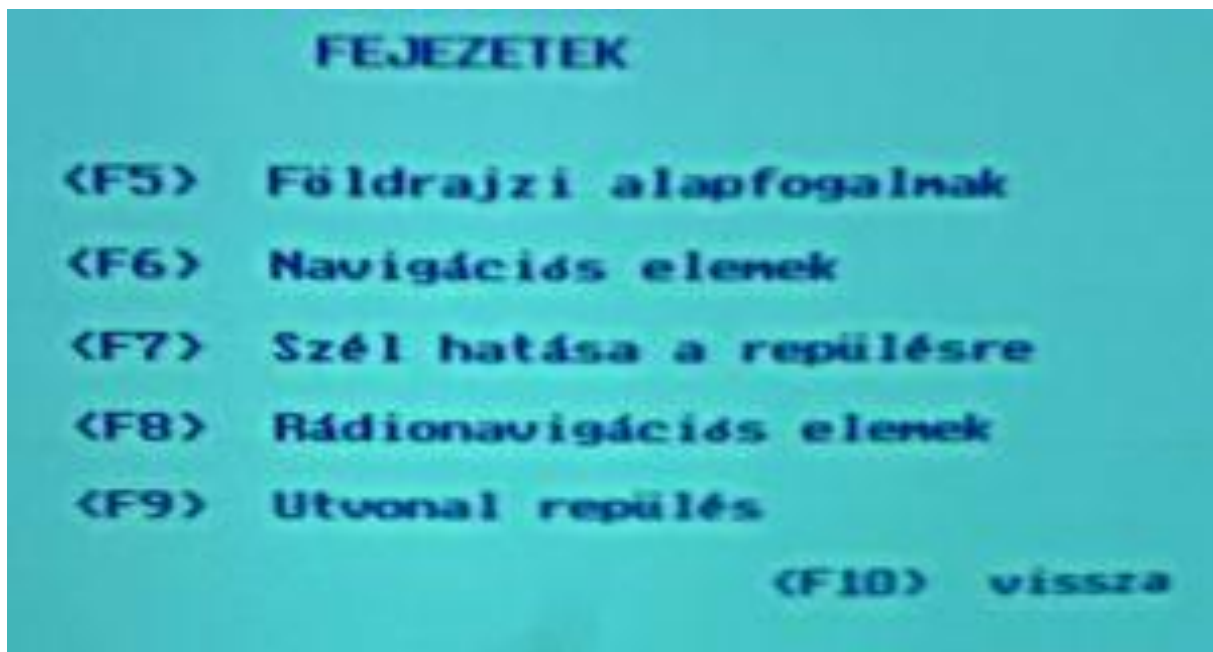
2. *Navigációs elemek*

3. *Szél hatása a repülésre*

4. *Rádionavigációs elemek*

5. *Útvonalrepülés*

Az **Almenüben** találhatóak 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.**

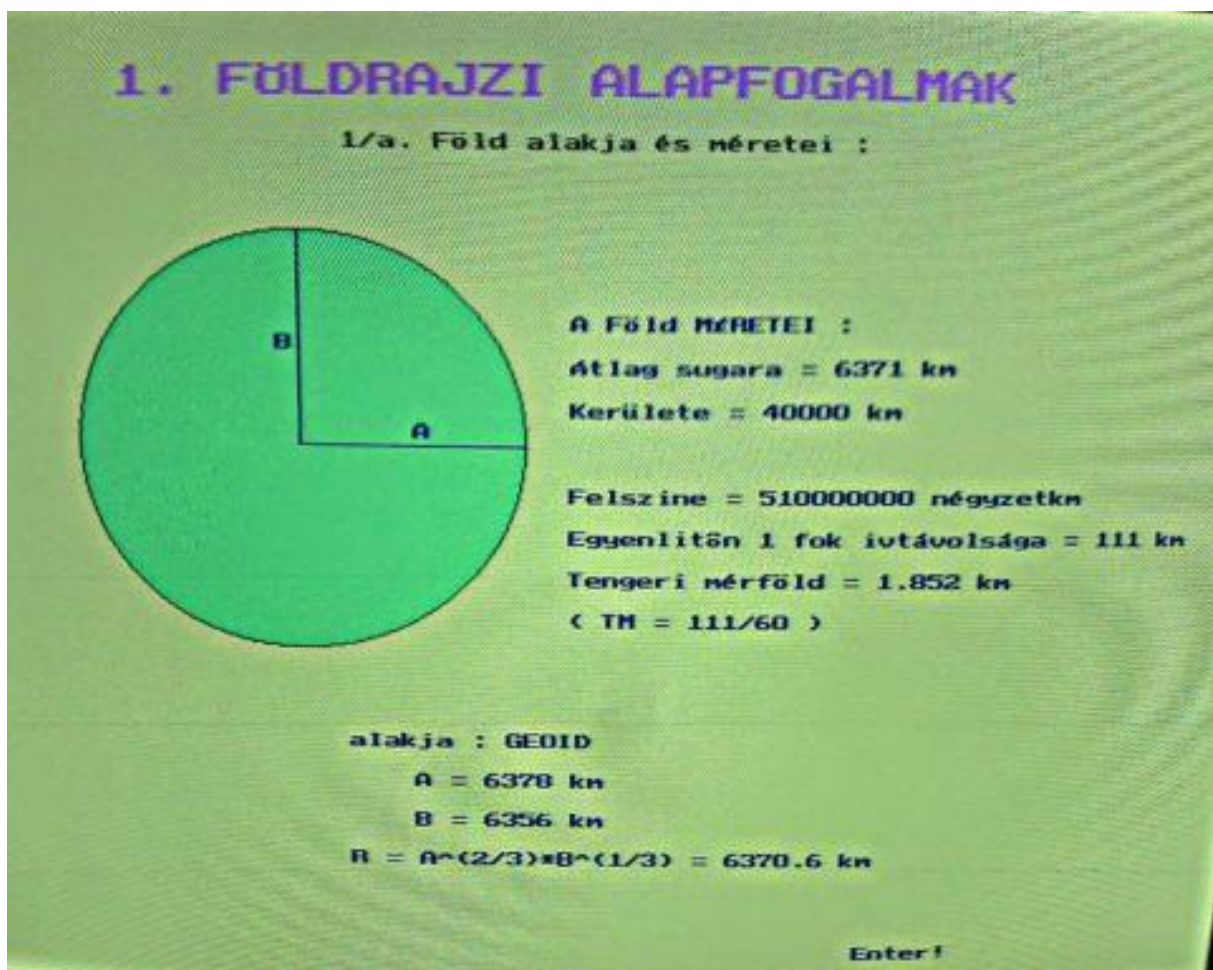
Ebből következik, hogy a Föld forgási tengelye a sarkok lapultsága miatt nem egészen 43 kilométerrel rövidebb az Egyenlítő átmérőjénél, ezért a Földet gyakorlatilag gömbnek tekinthetjük.

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

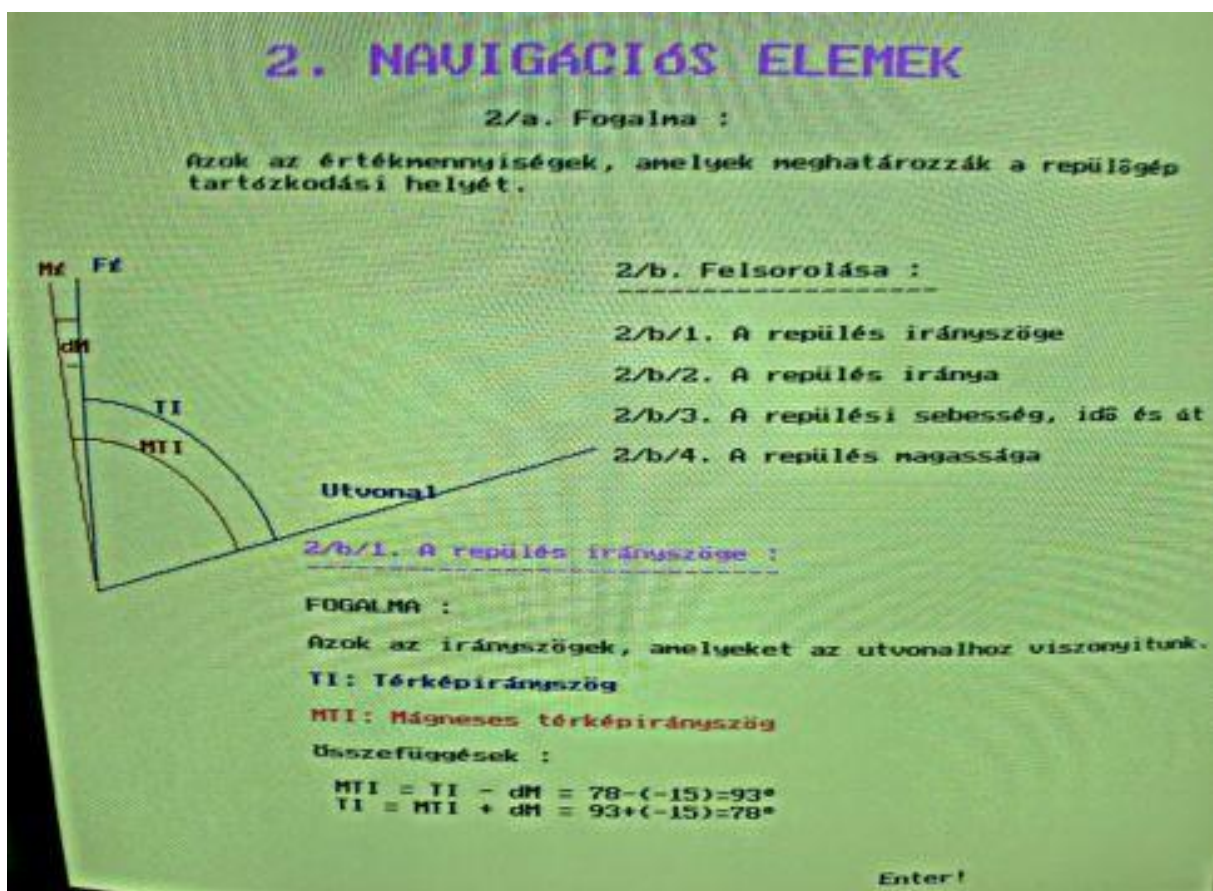
¹ Az ábrák a futóprogramból lettek kivéve.

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.

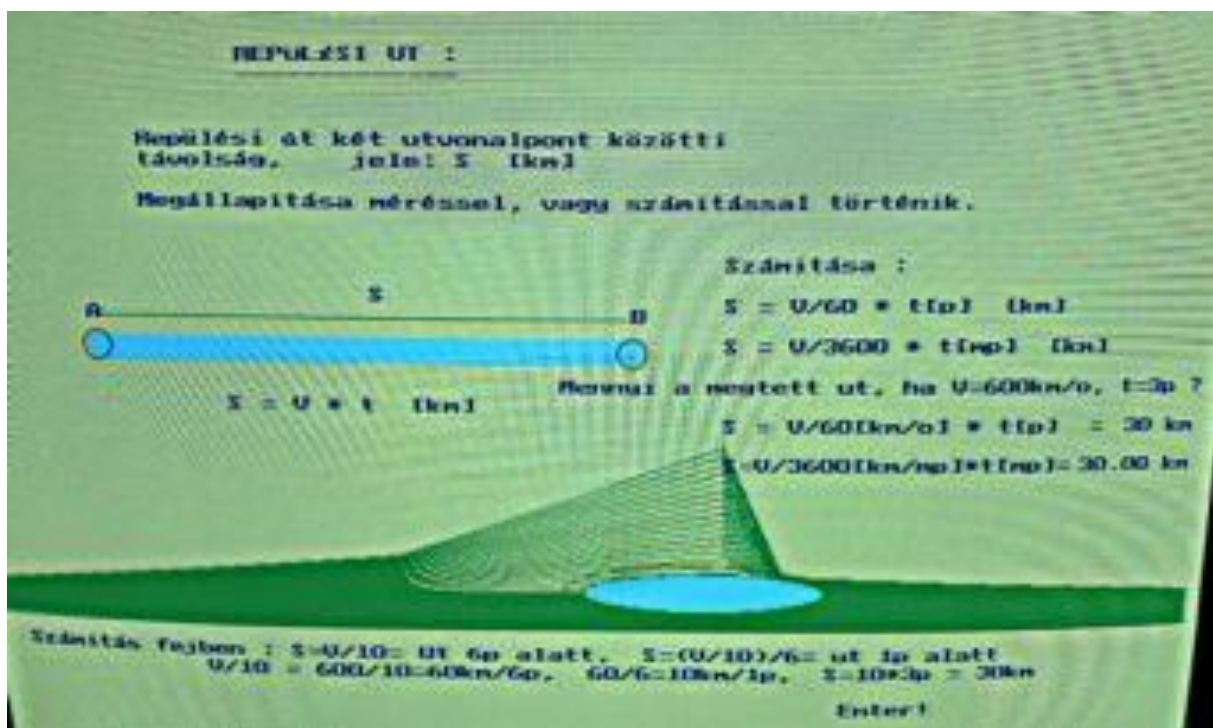


A harmadik irány az Iránytűirány (II), ekkor a deviációt (dD) is figyelembe vesszük.

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.

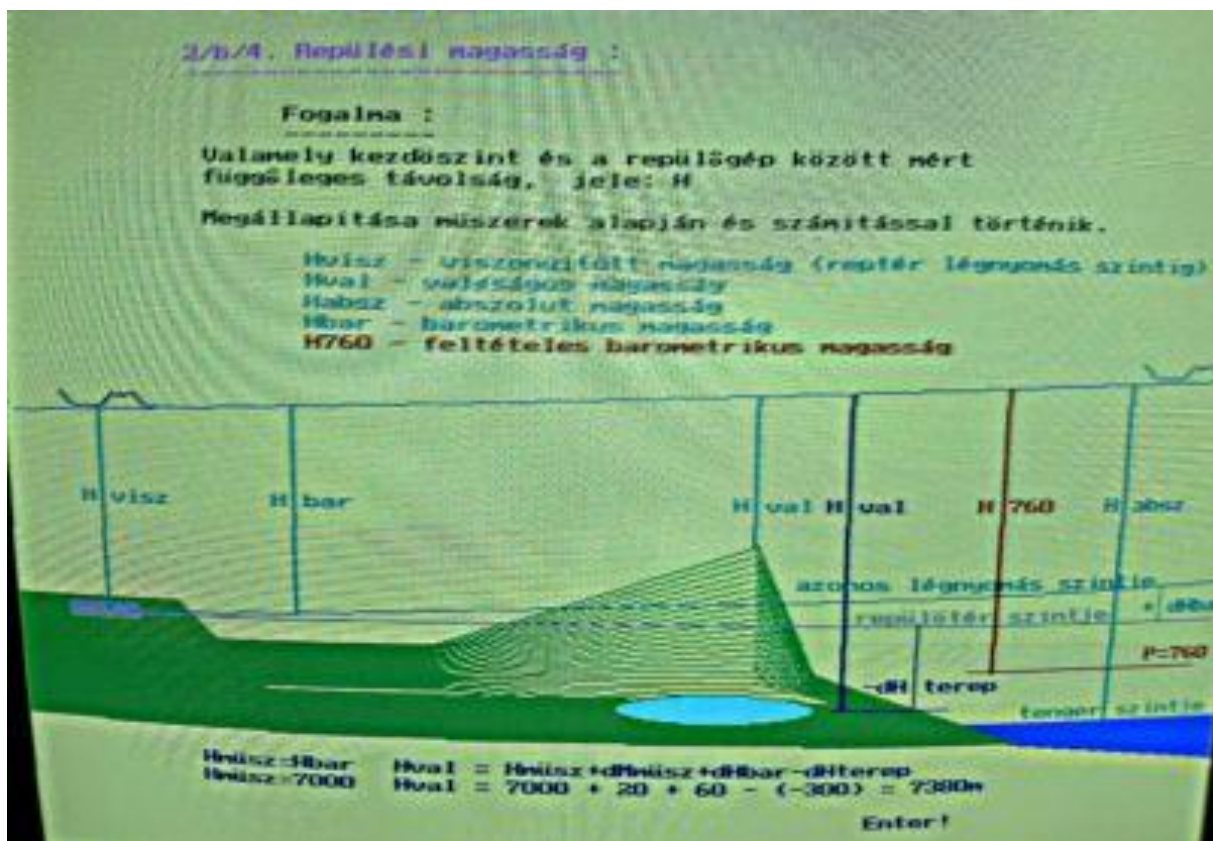
Repülés magassága:

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

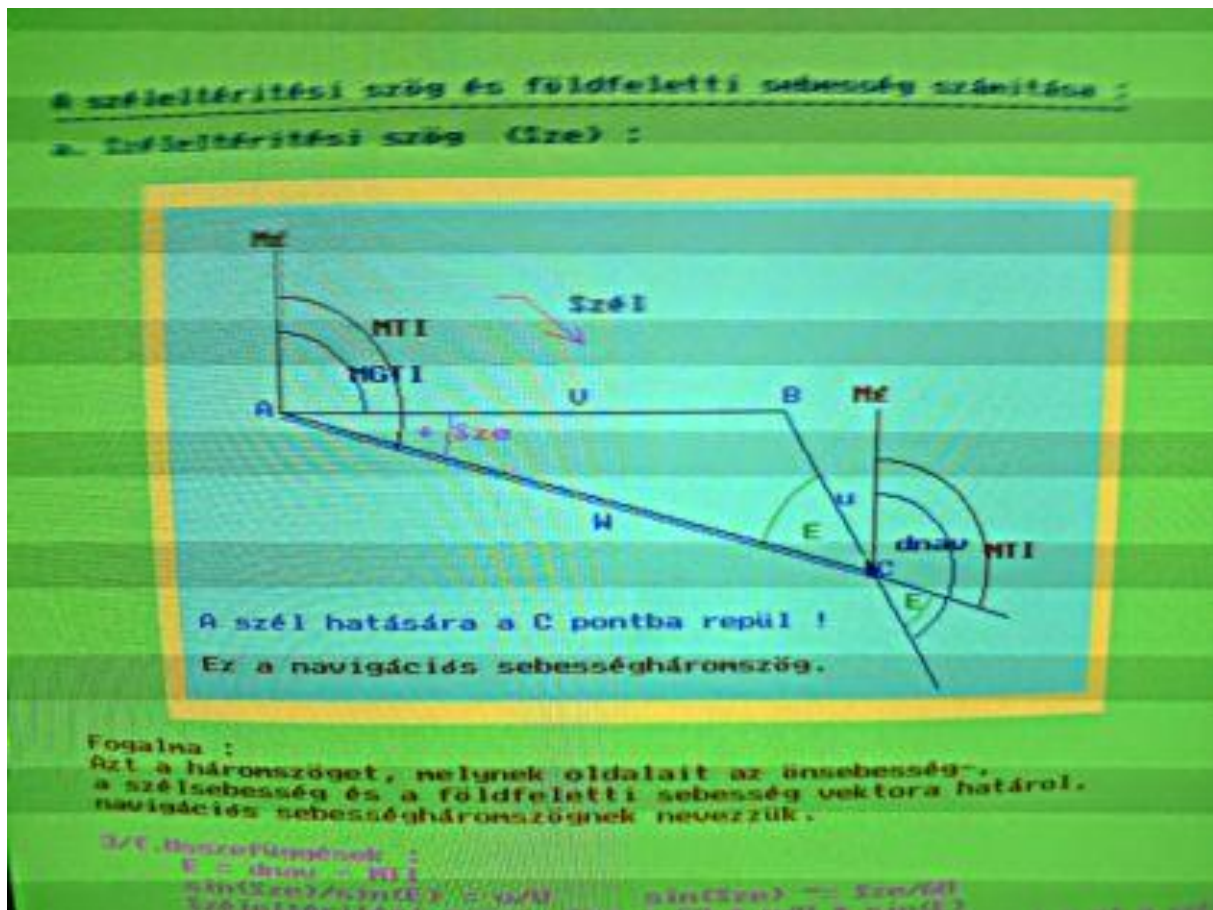
A szél iránya és nagysága hatással van a földfeletti sebességre (W). A földfeletti sebesség lehet nagyobb, vagy kisebb az önsebességnél, így megváltozhat a repülési idő és a repülési út.

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.

$$E = dnav - MTI, \quad V/u = \sin E / \sin Sze, \quad \sin Sze = u \cdot \sin E / V, \quad \mathbf{Sze} = u / V \cdot \sin E$$

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 irányűirányt és a repülési időt.

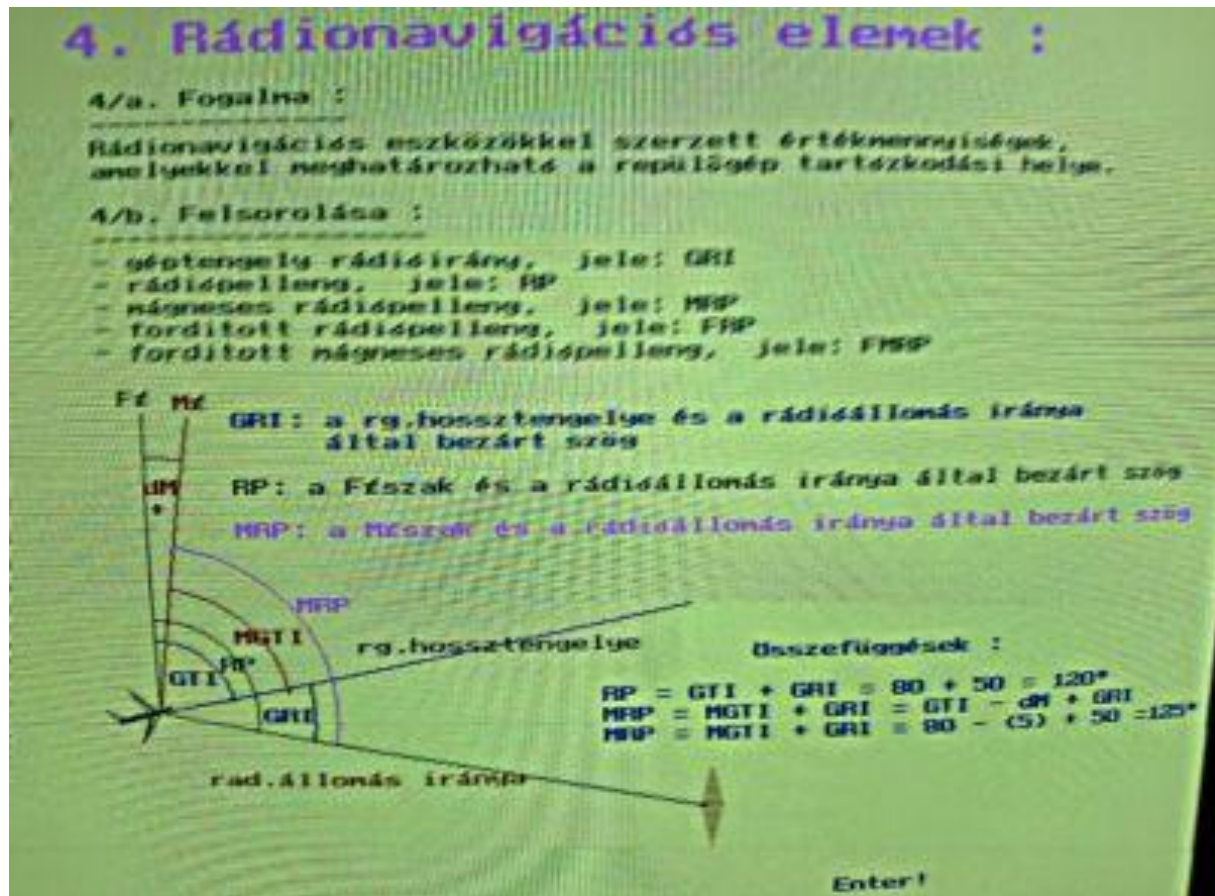
4. Rádió navigációs elemek

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

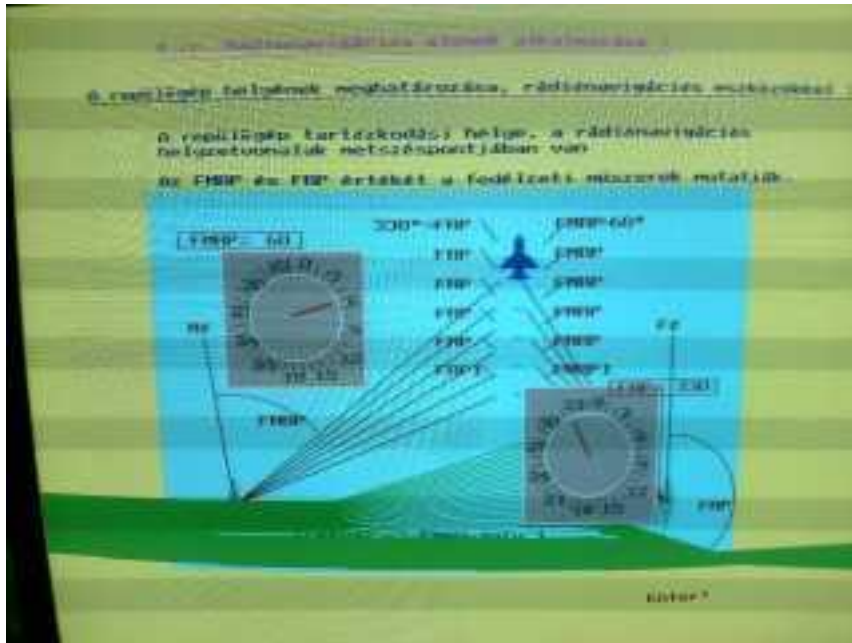
A programban van egy másik ábra is ami bemutatja a fordított rádiópelengeket és azok értelmezését. Ezt az ábrát hely hiányában nem mutatom be.

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 fedélzetén, az úgynevezett VOR1 és VOR2 műszer, amelyek leszállás közben folyamatosan mutatják a repülőgép helyzetét a sikló pályához viszonyítva.



12. ábra. Rádió navigációs elemek alkalmazása

A két helyzetvonal (FMRP) metszéspontja a repülőgép pillanatnyi tartózkodási helye.

5. Útvonal repülés

Az előző négy fejezet ismeretanyagával mintegy előkészítettük az útvonalrepülést, de e-mellett újabb ismeretek is szükségesek. Ilyenek például a repülési térkép előkészítése és az útvonal felfektetésének módja a térképre.

Meg kell ismernünk a fedélzeti naplót is, amely a legfontosabb útvonaladatokat tartalmazza. A program ezek kiszámításának és kitöltésének módját is bemutatja.

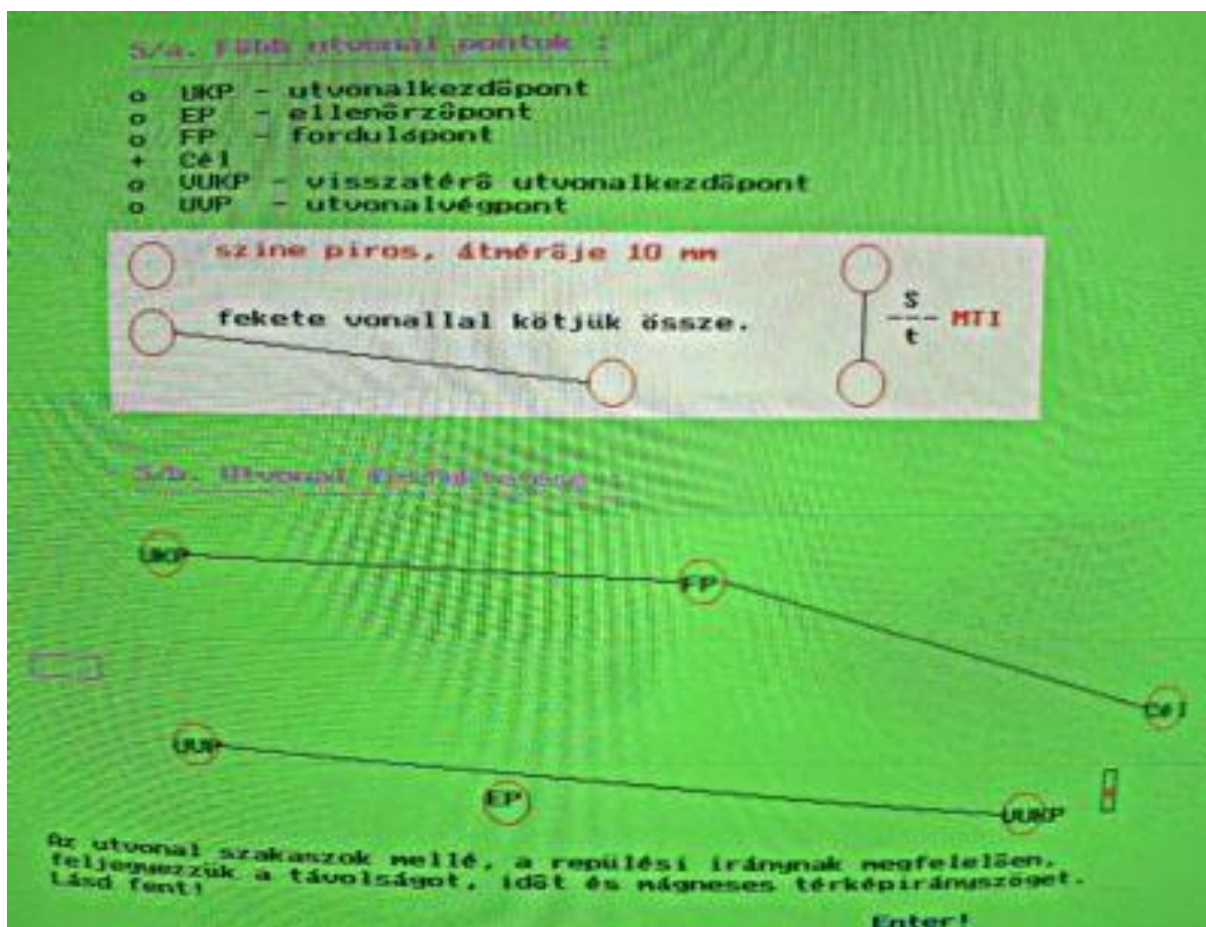
A program ismerteti a navigációs elemek és a rádió navigációs elemek kiszámítását a konkrét útvonal szakaszokra, ezek felvitelét a szél adatok figyelembevételével.

Az útvonal végrehajtása során ellenőrizni kell a repülőgép útvonalon történő helyzetét, a tervezett útvonaltól való eltérést és ezeket helyesbíteni kell. Az ellenőrzés és az eltérés helyesbítése történhetnek látás utáni tájékozódással és rádió navigációs eszközök felhasználásával.

Az útvonal felfektetése és az útvonal végrehajtás során ennek módszereit is figyelembe kell venni:

- Irány szerinti útvonal ellenőrzés és helyesbítés látás után, ennek megfelelően a térkép előkészítése.
- Távolság szerinti ellenőrzés és helyesbítés látás után.
- Az útvonal irány szerinti ellenőrzése rádió navigációs eszközökkel.
- Az útvonal távolság szerinti ellenőrzése oldalt fekvő rádió állomás alapján.
- Távolság szerinti ellenőrzés a rádió állomástól való távolság meghatározásával.
- Útvonal helyesbítése a sebesség, illetve az útvonal hosszának megváltoztatásával.

Ezek után nézzük meg az útvonal főbb pontjait és azok felfektetését a repülő térképre:

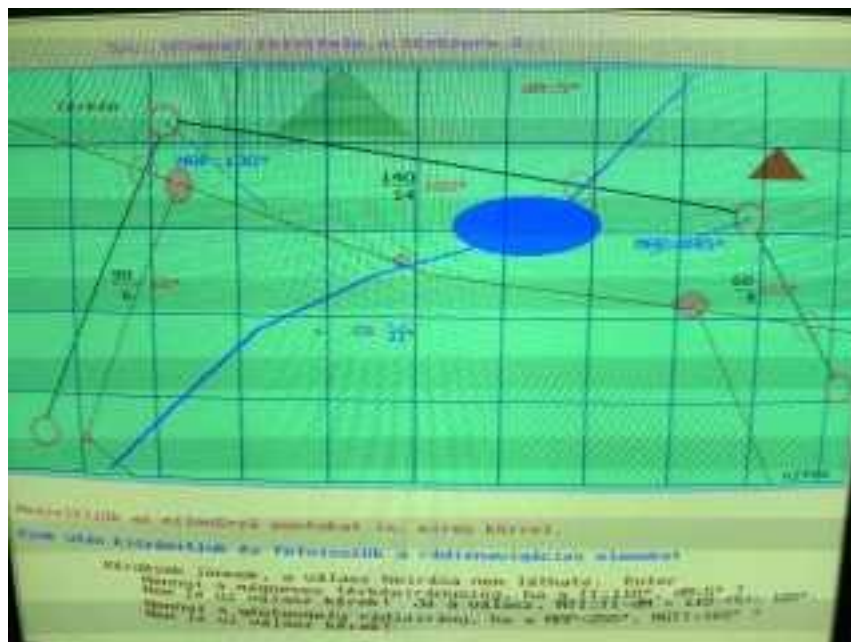
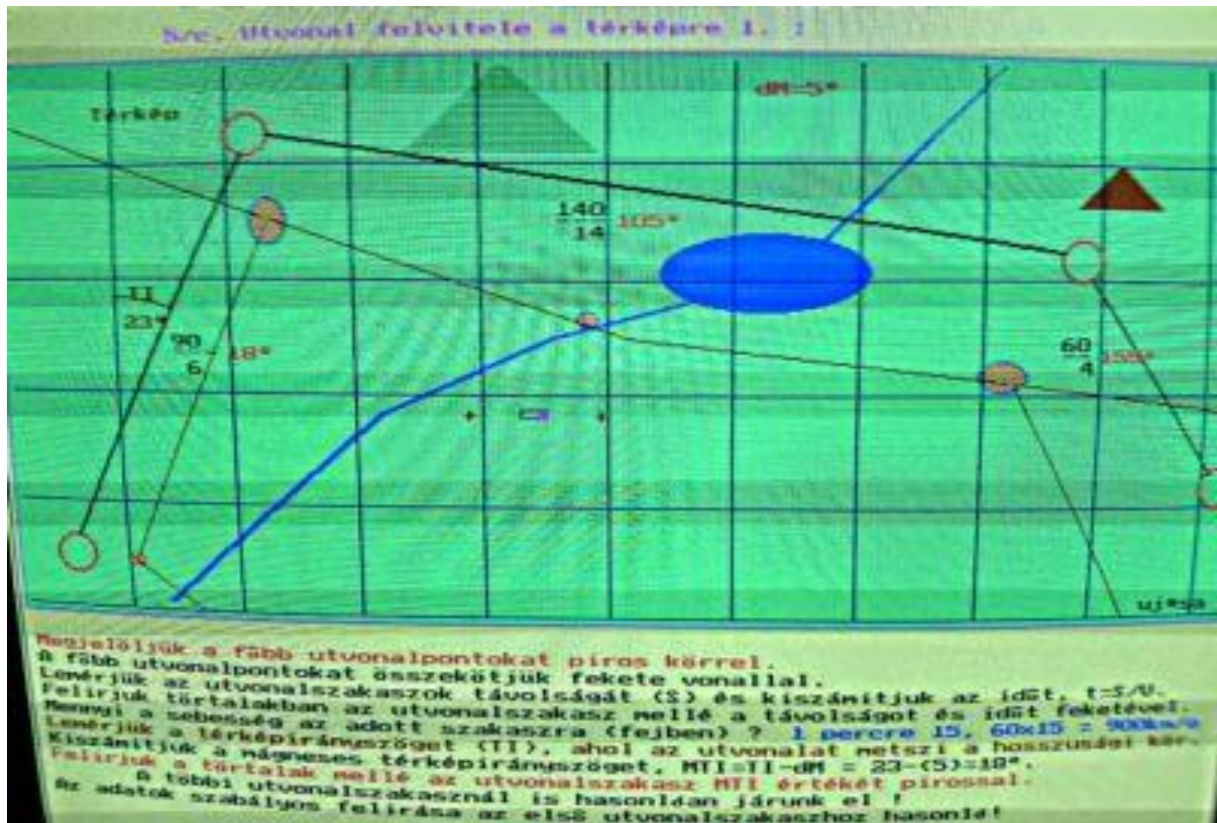


13. ábra. Az útvonal főbb pontjai

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 térképirányszög (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 : $U=900\text{km/h}$, $d_{\text{met}}=258^\circ$, $u=80\text{km/h}$, $dH=5^\circ$

A széltérítési szög számítása: $d_{\text{nav}}=d_{\text{met}}-180-(dH)=258-180-(5)=73^\circ$

Széltérítési szög számítása: $E = d_{\text{nav}} - \text{MTI} = 73 - 18 = 60^\circ$

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

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

Beírjuk a kiszámított t_2 és **MGTI** értékeket!

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

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 párbeszédés 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: Programozunk 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.