



# MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

82/1



MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

82/1

# UVATERV MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK 1982/1

XIV. ÉVFOLYAM 1. SZÁM

A szerkesztő bizottság elnöke:

**DR. KOZÁRY ISTVÁN**

Szerkesztő bizottság:

Bacsó Antal	Dr. Korondi Dezső
Gedeon Gyula	Müller László
Dr. Herczegh Károly	Dr. Petúr Alajos
Dr. Jánoshegyi Ferenc	Dr. Rózsa László
Kelemen László	Dr. Sigrai Tibor

Felelős szerkesztő:

**Rédei György**

Szakszerkesztő:

**Dr. Jánoshegyi Ferenc**

Szaklektor:

**Jancsó Ferencné**

## TARTALOM

<i>Dr. Kozáry István</i> A számítástechnika alkalmazása az UVATERV-nél	3	<i>Kovács Gábor – dr. Marton Mihályné</i> Programrendszer a metróüzem tervezéséhez	67
<i>Hiesz Győző – Nagy Károly</i> Közlekedési hálózatok tervezése	18	<i>Lámer Géza – Pethő Csaba – dr. Rózsa László</i> Metró-alagútfalazatok tervezése számítógéppel	71
<i>Kovács László – dr. Marton Mihályné – Tamás György</i> Számítógépre alapozott geodéziai eljárások	22	<i>Jakab György – dr. Sigrai Tibor</i> Műemlékszerkezetek felújításának tervezése	75
<i>Jancsó Ferencné – dr. Jánoshegyi Ferenc</i> Automatizált úttervezési rendszer (UTESZ)	26	<i>Erdősy Miklós – Földi András – dr. Petúr Alajos</i> Kikötött toronyszerkezetek statikai vizsgálata számítógéppel	77
<i>Bacsó Antal – Jancsó Ferencné</i> Útkorszerűsítések tervezése számítógéppel	36	<i>Fabricsius Éva</i> Építmények ábrázolása elektronikus rajzgéppel	81
<i>Gedeon Gyula – Jancsó Ferencné</i> Vasúttervezés elektronikus számítógéppel	40	<i>Borsi Éva – Kovács Attila</i> Épületgépészeti számítások gépesítése	84
<i>Dr. Petúr Alajos – Schwerteczky Ferenc</i> Számítóprogramok a hidtervezésben	45	<i>Küzmos György – dr. Léderer Károly – dr. Lengyel Endre</i> Repülőtéri földmunkák és pályaszerkezetek gépi számítása	87
<i>Csécsi Irén – Földvári Kálmán – Schwerteczky Ferenc</i> Lemezhidak számítógépprogramja	48	<i>Szick Antalné – Szick Antal</i> Térvilágítás tervezése számítógéppel	91
<i>Kaján László – Reviczky János – Zámolyi Ferenc</i> Szabodon szerelt vasbeton hidak számításának programrendszere	52	<i>Murányi Aladár – Semsey Péter</i> 0,4 kV-os elosztóberendezések programrendszere	94
<i>Kaján László – dr. Petúr Alajos</i> Statikai számítások az Árpád-híd átépítésénél	61	<i>Küzmos György – Tusnády Pálné</i> Építésztervezési programrendszer	98
<i>Gyulai Zoltánné – Halászné Schmidt Zsuzsa – Küzmos György</i> Számítástechnika a metróvonal-tervezésben	64	<i>Kováts Kornélia – Mihályfy Árpád</i> Tervezési szerződések számítógépes nyilvántartása	103
		<i>Jakab György – Tamás Lajos</i> Az UVATERV számítástechnikai berendezései	106

## A SZÁMÍTÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSA AZ UVATERV-NÉL

Az UVATERV-nek – mint a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium legnagyobb tervezővállalatának – alapfeladata a közlekedési és hírközlési létesítmények műszaki tervezése. Ezenkívül, számos közlekedésépítés-tervezési szakterület profilgazdájaként, kutatást-fejlesztést is végez.

Az alaptevékenységünk eredményeként elkészült műszaki tervek tartalma és színvonala, a dokumentációink alapján megvalósuló beruházások jelentős hatással bírnak a népgazdaságra. Ezért a műszaki tervezést segítő gépesítés a vállalati gazdálkodás hatékonyságának emelésén túl a népgazdaságnak is hasznos.

Az elsősorban a tőkés piacra irányuló exporttervezéseink volumene az utóbbi években növekedett. Ezek a megbízások új tervezéstechnológiákat igényelnek. Az éles verseny miatt a munkákat igen rövid határidőre kell vállalni, ezért szinte nélkülözhetelenné vált számunkra a számítástechnika alkalmazása. Egyes esetekben a megbízó a szerződésben ki is köti, hogy a tervek gép segítségével készüljenek.

A Műszaki Közlemények e számának célja, hogy bemutatassa a több mint másfél évtized alatt, módszeres fejlesztő munkával a számítástechnika alkalmazásában elért eredményeinket és ismertesse fejlesztési elképzeléseinket.

### A számítástechnika alkalmazásának fejlődése vállalatunknál

A tervezői munka jelentős része adatgyűjtési, majd logikai döntéseken alapuló számítási és rajzlási feladatok megoldása, ezek nagy része pedig gépesíthető. A korszerű tervezési eljárások ma már összefonódnak a tervezésgépesítéssel, a korszerű technika és annak használatát biztosító eljárások alkalmazásával.

Az UVATERV néhány tervezője a hagyományos tervezési technológiák rendszerében már a hatvanas évek elején egyes számítások részfeladatait elektronikus számítógéppel oldotta meg. Bár ezek a kezdeményezések nem voltak összehangoltak és jórészt a terveknek egyéni érdeklődésén alapultak, mégis nagy volt a jelentőségük, mert a tervezés új eszközeinek, majd a korszerűbb tervezéstechnológiának az alkalmazását indították el. Ebben az időben azonban nemcsak a tapasztalat hiányzott a számítógép alkalmazásához, hanem a gépek is fejletlenek voltak, a számítógép alig tudott többet nyújtani egy automatikusan és nagy sebességgel dolgozó számológépnél.



Az M3 autópálya hatvani csomópontja

A hatvanas évek közepén helyezték üzembe Magyarországon a fejlettebb, már magas szintű programnyelvel rendelkező számítógépeket. Ezzel egyidőben mind sürgetőbbé vált a műszaki tervezőmunkában is a számítógépek alkalmazása. Az UVATERV önálló, számítástechnikai szakemberekből álló, számítésgépesítési csoportot hozott létre nagyobb témák feldolgozására, a fejlesztések és alkalmazások összhangjának megteremtésére. A csoport kidolgozta és mintegy száz út- és hídtervezésnél sikerrel alkalmazta pl. a költségvetés programjait. A számítástechnika ilyen szintű és szervezetszerű alkalmazása sem jelentett többet azonban nagyobb részfeladatok gépesítésénél.

1970-ben a tervezőmunka hatékonyabb számítógépes támogatására vállalatunk létrehozta Számítésgépesítési osztályát, amelynek alapvető feladata volt a tervezéstechnológiai sorok mérnöki számítási szakaszainak gépesítése. A számítástechnikai szakemberek egy osztályon belüli elhelyezésevel lehetőség nyílt a számítástechnikai szakmai szint emelésére és az egyes tervezői szakágaknak készülő programok összehangolására. Vállalatunk akkor még nem rendelkezett saját számítógéppel, a programokat idegen központokban, a bérelhető maradék gépkapacitást felhasználva futtattuk. Annak ellenére, hogy az idegen számítógépközpontokban, különösen a rajzgép tekintetében állandó kapacitáshiánnyal kellett számolni, 1976-ban az év minden munkanapjára már több mint 10 óra gépidő-felhasználás jutott egy közepes teljesítményű gépet alapul véve.



Bár ez az eredmény már önmagában is számottevő, a számításgépesítést vállalatunk nem minden szakágában alkalmazták még, a gépesítésbe bevont szakágakban is csak részlegesen. További jelentős fejlődést csak saját számítóközpontunk üzembe állításától várhattunk. 1974-ben megkezdtük a szervezését és 1976. december 28-án létrehoztuk saját Számítóközpontunkat, melyben üzembe helyeztünk egy ESZ 1020 B (R-20) típusú számítógép-konfigurációt, majd 1978-ban egy CalComp 9000 off-line elektronikus rajzgépet, és a központ működéséhez megszerveztük a szükséges szakegységeket.

#### Az alkalmazás módja

Egyes szakágakban nagyobb részletszámításokhoz vagy szerkesztésekhez használják a számító- és rajzgépet. Ez már jelentős időmegtakarítással jár, és a tervek minőségét is bizonyos mértékben javítja, mert a számítógép segítségével az eddig munkaiğenyességük miatt nem használt módszerek is bevonultak a gyakorlatba. A részletszámításokhoz az utóbbi időben elterjedten használják tervezőink a mágneskártyás zsebszámológépeket, amelyekkel – jól megválasztva helyüket a tervezés technológiai sorában – a nagy számítógépre is előkészíthetők a feladatok; kisebb kiegészítő, gyors ellenőrző számítások is végezhetőek velük.

Néhány szakterületünkön (pl. autópálya-, híd- és metrótervezés, közlekedési hálózat tervezése) már a gyakorlatban használják tervezőink a számítástechnika fejlettebb alkalmazási módját jelentő komplex rendszereket, programcsomagokat. Ezek a komplex rendszerek a tervezéstechnológia egyidejű korszerű kialakításával készültek. A számító- és rajzgépet minden tervezési fázisban segíti a tevező munkáját, még a tervdokumentáció készítésénél is, mivel a számítások eredménytáblázatait és az elektronikus rajzgéppel készített rajzok közvetlenül a tervdokumentációba helyezhetőek.

A számításokhoz és a rajzolásokhoz megbízható adatokra van szükség. Ezért nem elég a korszerű programrendszer, hanem annak háttérében megfelelő műszaki adatbázis is szükséges, amelynek birtokában nyílik igazán lehetőség a teljes körű komplex rendszerek kimunkálására. Az adatbázison alapuló, automatikus adatkapcsolatú programrendszerek kialakítását is megkezdtük és például az úttervezés területén már a gyakorlatban is alkalmazzuk. A tervezési idő jelentős csökkentése mellett a tervek minőségét is nagymértékben javítottuk. A tervező több változatot részleteiben is megvizsgálhat, minimális adatszolgáltatás-módosítással.

#### A vállalat számítástechnikai szervezete, felszereltsége és működése

A sok szakágat érintő tervezőmunka olyan szervezet létrehozását igényelte, amelyben a programkidolgozás során a szakág legjobb tervezőmérnökeinek tudása és a matematikai, számítástechnikai ismeretek a legmagasabb szinten érvényesíthetők, továbbá a dokumentált prog-



A győri Mosoni-Duna-híd

ramokat a felhasználó tervezőmérnökök, technikusok (a programüzemeltetők segítségével, a programot kidolgozók közreműködése nélkül) önállóan alkalmazhatják. A feladatokat tehát célszerűen meg kellett osztani, így Számítóközpontunk három egységre, a Programtervező, a Programüzemeltető és a Számítógép-üzemeltető osztályra tagozódik (1. ábra).

A Programtervező osztály feladata az alkalmazói software fejlesztése, vagyis a tervezési munkarészek gépesítése. Mivel ez új tervezési technológia bevezetését igényli, csak úgy oldható meg, ha a feladat megfogalmazásától a teljes megvalósításig közreműködnek benne az adott szakágat legjobban ismerő mérnökök.

A Programtervező osztály szervezetét úgy alakítottuk ki, hogy felépítése ne vállalatunk szervezetét, hanem szakági felépítését tükrözze. Olyan programtervező csoportokat hoztunk létre, melyek az azonos vagy tervezéstechnológiájában hasonló szakegységeket szolgálnak ki (2/a és 2/b ábrák).

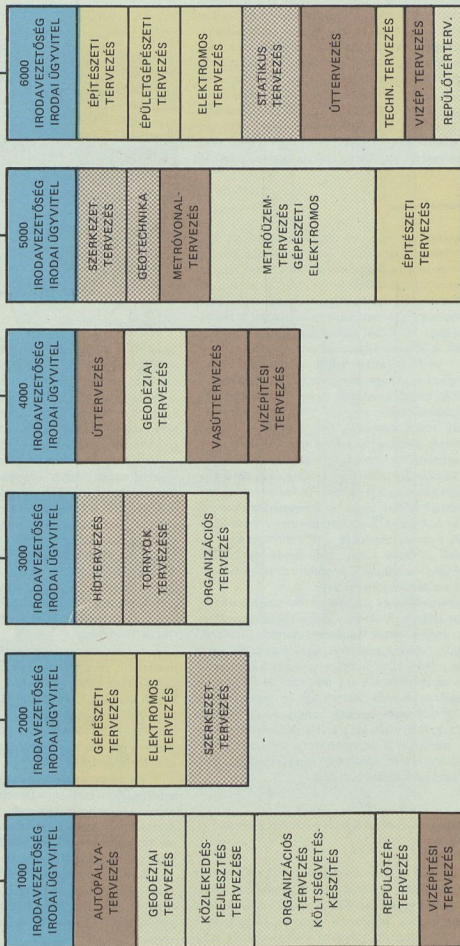
A programkészítés folyamatában felhasználjuk a legkorszerűbb programozási elveket, módszereket és nem utolsósorban több mint másfél évtizedes tapasztalatainkat. A műveleti sebességet és tárkapacitást tekintve szerény gépi háttérünk ellenére a nemzetközi összehasonlítást is kiálló tervezéstechnológiákat hoztunk létre, amelyek ma már lényegesen nagyobb teljesítményű gépi háttérrel igényelnek.

A Programüzemeltető osztályon – miután a tervező a felhasználói kézikönyv (tervezésműtatófüzet) segítségével összegyűjti a program használatához szükséges adatokat – a programüzemeltetők a dokumentáció alapján (a programtervező közreműködése nélkül) megszerzik és lebonyolítják a program, illetve programrendszer futtatását (3. ábra), és ők végzik a Programtervező osztály részére a futtatások ütemezését is. A Programüzemeltető osztály a software gyakorlati alkalmazásába vétele érdekében oktatási és kiadvány-előkészítési tevékenységet is végez.

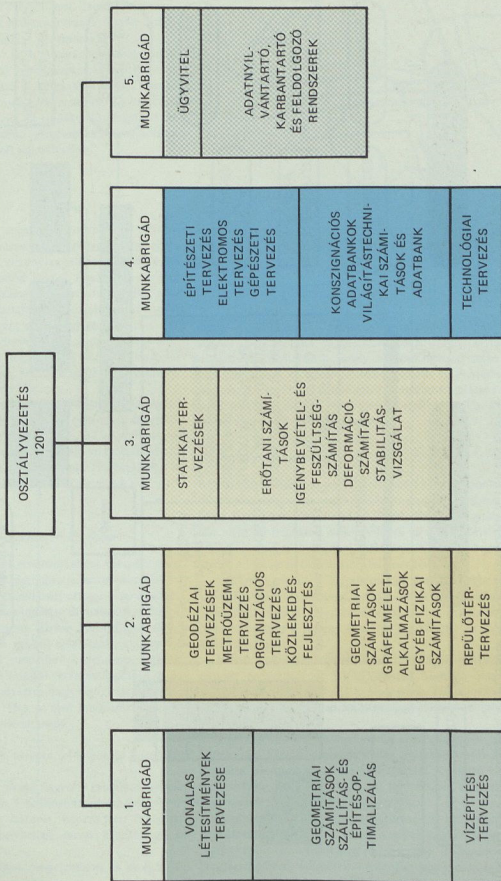
# AZ UVATERV VÁZLATOS FELEPÍTÉSE

VÁLLALATVEZETŐSÉG,  
IGAZGATÓK

VÁLLALATI SZINTŰ IRÁNYÍTÁSI, VEZETÉSI FUNKCIÓK  
VÁLLALATI SZINTŰ ÜGYVITEL ÉS ADMINISZTRÁCIÓ  
KÖZPONTI OSZTÁLYOK

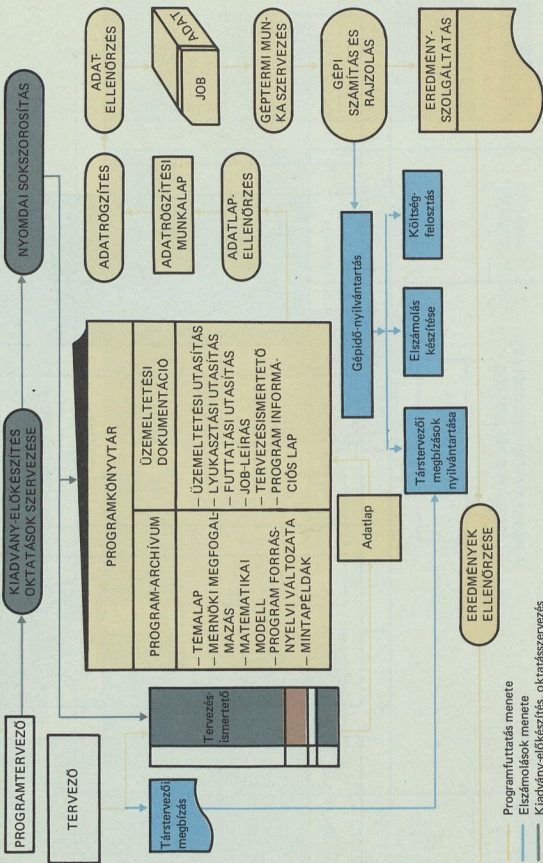


A PROGRAMTERVEZŐ OSZTÁLY  
VAZLATOS FELÉPÍTÉSE





## AZ ŰVATERV RENDSZERE A PROGRAMFELHASZNÁLÁSRA A TERVEZÉSBEN



A Számítógép-üzemeltető osztály a Számítóközpont teljes gépparkjának műszaki üzemeltetését végzi. Az osztályhoz tartozó alapsoftware-csoport alapsortware-rendszerfejlesztést végez és a programtervezők részére általánosan használható modulokat, programokat ír.

A tervezőmérnökök és a programtervezők között szűkszerűen kialakuló munkakapcsolat mellett megszervertük a tervezőirodák és a Számítóközpont állandó összeköttetését megteremtő számítástechnikai összekötő hálózatot, amelynek tagjai az irodákon összegyűjtik az új feladatokat, a működő programokkal kapcsolatos észrevételeket és a javasolt fejlesztéseket.

#### Alkalmazási területek

A vállalat profiljának megfelelő szerteágazó tervezőmunka széles körű tevékenységet igényel Számítóközpontunktól is. Vannak viszonylag ritkán előforduló, de nagy számítási és rajzolási igényű feladataink, ezekre alapozva átgondolt és számítási részeiben lehetőleg általános megoldásokat tartalmazó programfejlesztéseket végzünk. Ugyanakkor igény az is, hogy az adott programrendszerek a megfelelő tervezéstípusokhoz a legteljesebb mértékben illeszthetők legyenek. Különösen érvényes ez rajzolóprogramjainkra, hiszen a műszaki tervezés kifejező és közlési eszköze a rajz.

A tervezésgépesítés mellett a vállalatirányítást segítő programrendszerek kidolgozása is megindult Számítóközpontunkban; az anyagkönyvelés, az utókalkuláció, a munkaügyi nyilvántartás, a tervezői szerződések nyilvántartásának programrendszerei már elkészültek, és azokat egészben vagy részben már alkalmazzuk is.

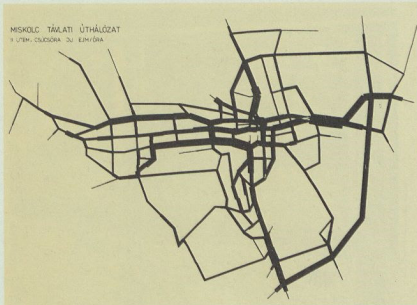
#### Közlekedésfejlesztés tervezése számítógéppel

Sokéves fejlesztési munka eredményeként *komplex programrendszer* áll rendelkezésünkre a városi közlekedési tervek kidolgozásához. A rendszer átfogja a tervezés teljes menetét: a forgalomszámlálást és statisztikai feldolgozását, a távlati forgalom, illetve célforgalmak előrebecslését, az úthálózati modell előállítását, a forgalom ráterhelését a hálózati modellre. A rendszer szűkszerűen komplex, mert minden tervezési lépésben szükség van arra a többszázeges nagyságú adathalmazra, amelynek jelentékeny része az első munkafázisban — a forgalomszámláláskor — keletkezik.

A rendszer jellemzői:

- nagy tömegű adatok további feldolgozása kevés élőmunka mellett;
- a programrendszert alkotó nagyobb programegységek — az ún. alrendszerek — önállóan is futtathatók;
- a rendszer nemcsak közepes, hanem akár Budapest méretű városok közlekedési tervei készítésénél is alkalmazható;
- a hálózati modell rajzi megjelenítését is elvégzi (4. ábra).

A jelzőlámpás csomópontok fázistervezésének számításihoz külföldi irodalomból adaptáltunk programot,



4. ábra

amely a jelzőlámpák összehangolására szolgál. A jelzőlámpás csomópontok fázistervének rajzolásához olyan programot készítettünk, amely a munkai igényes rajzot dokumentálásra alkalmas formában készíti el. A számítástechnika segíti a csomópontok forgalomáramlásának tervezését is a „Közúti csomópont forgalomáramlási ábráinak rajzolása” című programmal.

#### Geodéziai programrendszer

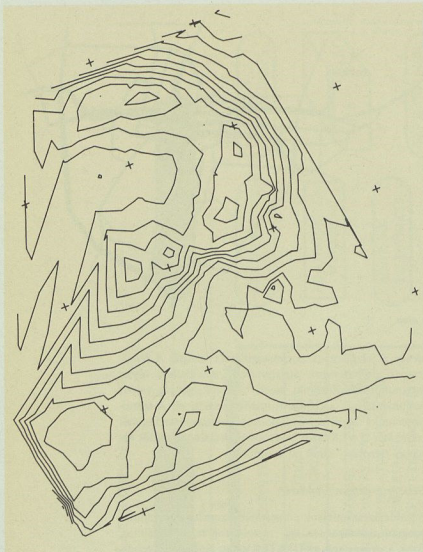
A geodéziai számítások programrendszere három számítóprogram-csomagot és egy rajzolóprogramot tartalmaz. Ezek a programok az UVATERV-ben előforduló geodéziai tervezési feladatok mindegyikénél (a terepfelvételek kiértékelésénél, a kitzési adatok számításánál, a kisajátításnál, a térképrajzolásnál stb.) felhasználhatók.

A Síkrajzi geodéziai számítások programcsomagja az UVATERV-nél előforduló minden vízszintes értelmű geodéziai számítás elvégzésére alkalmas. A programok felhasználásához a terepen kitöltött jegyzőkönyvek szolgáltatják az adatot.

A Tachimetrikus terepfelvételek kiértékelése programcsomagjai az UVATERV-nél használt összes műszertípusra elkészültek. A programok felhasználásához ugyancsak a terepen kitöltött jegyzőkönyvek szolgáltatják az adatot.

A WILD TC-1 tachimat mérési eredményeinek feldolgozására készült programcsomag programjai a tachimat által automatikusan mágneskazettára rögzített mérési eredményeket dolgozzák fel, így elmarad a jegyzőkönyvvezetés és a manuális adatrögzítés.

Mindhárom számítóprogram-csomag a kiszámított koordinátákról jegyzéket készít, melyet mágnesszalagra rögzít. Ez a koordinátajegyzék adattára a geodéziai programrendszer bármelyik számítóprogram-csomagjának, a helyszínrajzi rajzolóprogramnak, valamint a vonalas létesítmények tervezésénél felhasznált programrendszereknek.



5. ábra. Szintvonalas terephelyszínrajz részlete

A helyszínrajzi rajzolóprogrammal a mágnesszalagon rögzített koordinátajegyzék felhasználásával elkészíthető mind a pontjeles, mind a szintvonalas terephelyszínrajz (5. ábra).

#### Számítástechnika az úttervezésben

A vállalat egyik fontos szakterülete az úttervezés, amely kiterjed a különböző osztályokba sorolható új utakra és útkorszerűsítésekre, a településeken kívüli és azokon belüli gyorsforgalmú és egyéb fő- és alsóbrendű utakra, ipartelepi és mezőgazdasági belső utakra. Külföldi megbízásra is végzünk úttervezést, többek között a fejlődő afrikai országok számára. Az úttervezési munkák mintegy 60%-a számítási, szerkesztési és dokumentáció-készítési feladat. Ezek a munkarészek bonyolultak, de azonos jellegűek, ezért az úttervezés is jól gépesíthető folyamat.

Az UVATERV első, programrendszerként működő programsorozata az UTESZ (úttervezés elektronikus számítógéppel) rendszer volt, amelyet olyan formában dolgoztunk ki, hogy az egyéb vonalásleítmény-tervezési programrendszereknek (vasút, metró) is alapjául szolgál-

jon. Ebben a rendszerben fejlesztettük ki elsőként az automatikus információellátást, és alkalmaztuk a modul rendszerű programozást. Az UTESZ programrendszert a tervezési feladat típusának megfelelően alrendszerekbe soroltuk.

A HELYSZÍNRAJZI alrendszer az üttengely vízszintes vonalvezetésének kialakítására szolgál. A magassági vonalvezetés tervezése a HOSSZ-SZELVÉNY-alrendszer segítségével történik. A KERESZTSZELVÉNY-alrendszerrel határozható meg az út keresztiszelvényének jellemző adatai. A TEREPADAT-alrendszerrel állíthatók elő az út építése előtti terep adatai. A VONALVEZETÉS ELLENŐRZÉSE alrendszerrel forgalomtechnikai szempontból értékelhető a három metszeten (helyszínrajz, hossz-szelvény, keresztiszelvény) tervezett út terve. A gazdasági értékeléshez és a költségszámításhoz nyújt segítséget a FÖLDMUNKAMENNYISÉGEK és ELOSZTÁS alrendszer. A KITŰZÉSI alrendszerbe tartoznak azok a programok, amelyekkel a terv megvalósításához szükséges adatok terepre való visszaviteléhez a számításokat és rajzokat szolgáltatják.

A programrendszer méreteire jellemző, hogy több mint 30 programból és 500 modulból áll. A számítógépprogramok alkalmasak a magyar, angol és francia előírások szerinti úttervezési feladatok végrehajtására és eredményjelzésére, a rajzolóprogramok pedig ezen nyelvtérleteken szokásos formában képesek a tervek rajzi megjelenítését elvégezni.

Az útkorszerűsítések tervezése – ha a régi pálya megtartása nem célunk – ugyancsak elvégezhető az UTESZ programok segítségével. Ha az útkorszerűsítés jellege olyan, hogy a korszerűsítendő pályából minél több részt meg kívánunk tartani, akkor a hossz-szelvény tervezését más szempontok szerint kell végezni, mint az új utak tervezésénél. Ez a tény már a terepadatok összegyűjtésére is kihat. UKO elnevezéssel olyan útkorszerűsítési programrendszert alakítottunk ki, amely az UTESZ-ből átvesszi az új utak és a korszerűsítések tervezésénél azonos programokat és tartalmazza az útkorszerűsítés tervezéséhez célszerű kiegészítő programokat.

#### Számítástechnika a vasúttervezésben

A vasúttervezési programrendszer kialakítását egy rövid határdejeű, nagy munka – a tunéziai Sfax és a líbiai Tripoli közötti 500 km hosszú vasútvonal tervezése – tette sürgetővé. Mivel a vasútvonal tervezése sok szempontból hasonló az úttervezéshez, az UTESZ rendszer néhány programjának átalakításával viszonylag rövid idő alatt kialakítottuk a Vasúti aléltítménytervező programrendszert, amely a szóban forgó munkához készített célrendszer volt, és a megrendelő kívánásának megfelelően arab, francia és angol nyelvű eredménytáblázatokon szolgáltatott eredményt. Számítási részei ma is korszerűek és egy általános Vasúti vonaltervező (VAVTESZ) programrendszer alapjai képezik, amelynek fejlesztése jelenleg is folyamatban van.

A metróvonal- és a metróüzem-tervezés szoros kölcsönhatásban van egymással, ezért a kettőt számítástechnikai szempontból is össze kellett hangolni. Ezt szemlélteti az 6. ábra. A metróvonal-tervezési programokat is az UTE SZ programjai alapján alakítottuk ki.

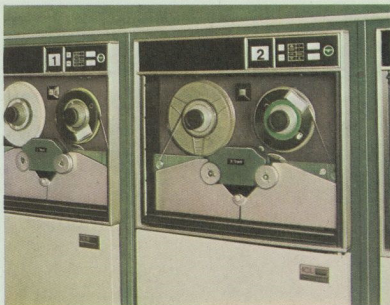
A vízszintes vonalvezetés tervezéséhez a *Metró helyszínrajzi vágánytengely főpontszámítása* és a *Metró helyszínrajzi vágány-, illetve alagúttengely részletpontszámítása* programok használatosak.

A *Pályaszint főpontszámítása* és a *Pályaszint részletpontszámítása* programok a függőleges síkban történő vonalvezetést rögzítik.

A *sínszál és pályabeton kitézési adatainak számításával* – az előbbiekből meghatározott vágány- és alagúttengely alapján – a vágányt és az alépitményt helyezzük el az alagútban; a program a keresztmetszeti elrendezés kitézési adatait számítja.

Az *alagútfalazó-elem kiosztása* program az előregyártott vasbeton vagy az öntöttvas tübbing normálgyűrű-elemeiből úgy állítja össze az alagutat, hogy optimálisan kövesse a megtervezett vágánytengelyt.

A helyszínrajzi felmérés és a tervezett alagúttengely adatai alapján az *Űrszelvényvizsgálat* program – amelyhez rajzolóprogram is tartozik – alkalmas vasbeton vagy

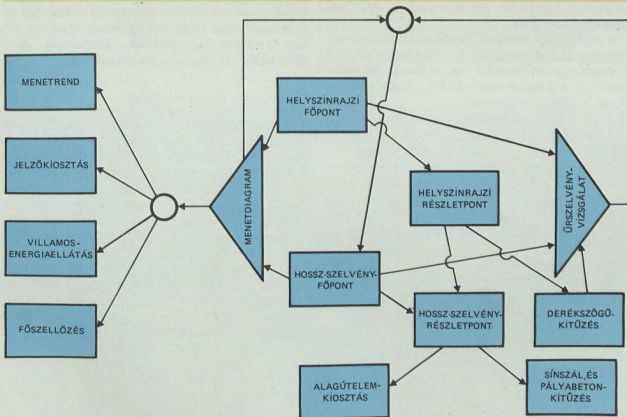


Mágnesszalagos egység

öntöttvas elemekből épített alagút vizsgálatára egyenes és íves szakaszon is.

A *metró-menetiagram számítógépes szimulációja* a pálya- és járműjellemzők alapján meghatározza a megtett utat, a pillanatnyi sebességet, az indulás óta eltelt időt,

6. ábra. A metróvonal- és metróüzem-tervezés folyamatábrája





*Az észak–déli metróvonal Deák Ferenc téri mélyállomása*

a pillanatnyi áramfelvételt és az indulás óta fogyasztott villamos energiát. A program ugyanezeket az eredményeket mágnesszalagra is rögzíti, ezeket az adatokat használják fel a programrendszer további programjai. A menetdiagram-rajzoló program út–sebesség, út–idő, út–áramfelvétel diagramokat ábrázol.

*A metró-menetrend számítása* program az egyviszonylatos, maximum egybetétjáratos metróvonal közlekedési rendjét rögzíti a megadott feltételek mellett. A számító-programhoz kapcsolódó rajzolóprogram az egész napi menetrendet ábrázolja.

*A jelzőközlés számítása* program a biztosítóberendezések tervezésénél használható fel, olyan vonalakon, ahol pontszerű vonatbefolyásolás van, védőszakaszos vonatfedezéssel. A program meghatározza a jelzők telepítési helyeit, szinképét, láthatóságát.

A *Főszellőzés számítógépes tervezése* programmal a ventilátorok által szállítandó szellőzőlevegő mennyisége határozható meg különböző hőfokváltozásokra.

A *villamosenergia-ellátás és vonaláramok meghatározása* program az energiaellátás tervezéséhez szolgáltatókat adatként, meghatározza, hogy a vonalon közlekedő vonatok hogyan terhelik az egyes táppontokat, mekkora a tápvezetékben folyó áram nagysága és a vonali feszültségessége.

A programrendszer városi gyorsvasutak (metrók) tervezéséhez készült, de egyes programjai elővárosi vasutak és közúti villamosok üzemi tervezéséhez is használhatók.

#### *Számítás-technika a metró-szerkezettervezésben*

Földalatti-műtárgyak szerkezetterveinek elkészítésénél az erőtani számításban már a statikai váz és a terhelések felvétele is komoly problémát jelent. Állomá szerkezetek tervezésénél szükséges még az általános alak és a szabálytalan megtámasztások figyelembevétele is. Ezek a feltételek olyan számítási módszert igényelnek, amely ezt a nagyfokú általánosságot követni tudja. Ezt az igényt

a végeelem-módszer elégíti ki a legjobban. Ezért alakítottunk ki néhány, ezen a módszeren alapuló programot.

A *Síkbéli rúdszerkezetek vizsgálata* program síkban fekvő, tetszőleges irányú rudakból felépített statikai rendszer erőjátékának meghatározására alkalmas; az egyes terhelésfajtákból származó igénybevételek és alakváltozások szuperponálhatók. A program a számításnál a hajlítónyomatékon kívül a normálérő okozta alakváltozást is figyelembe veszi, s ezzel nemcsak a pontosságot növeli, hanem a szerkezet modellezésében is sokkal tágabb lehetőségeket nyújt. Az input adatainak vizuális ellenőrzéséhez a statikai vázhálózatot rajzoló program áll rendelkezésre.

Az *általános alakú és peremfeltételű lemezek vizsgálatára* készített program lemez-igénybevételeket és alakváltozásokat számol végeelem-módszer alapján. Nemcsak koncentrált terheket, hanem adott felületen megoszló terheket is figyelembe vesz, és ez is lehetővé teszi a terhelések szuperponálását. A programhoz az input-adatak vizuális ellenőrzésére elemhálózat-kirajzoló program csatlakozik.

A *Közetmechanikai feladatok számítása* program két-dimenziós lineáris és nemlineáris kontinuum-feladatokat old meg végeelem-módszer alapján, figyelembe veszi a műtárgy és a föld közötti kölcsönhatást, az egyes közetrészek egymásra gyakorolt hatását, sőt a közet plasztikus tulajdonságát is, és alkalmas az egész építéstechnológia figyelemmel kísérésére.

A *Síkjában terhelt felület szerkezetek vizsgálata* programmal tárcsa- és rúdelemekkel modellezhető szerkezetek alakváltozásait és igénybevételeit lehet számítani végeelem-módszer alapján. Koncentrált erőket, elemi és térfogat jellegű erőket tud figyelembe venni terhelésként. Az input adatainak vizuális ellenőrzéséhez elemhálózat-kirajzoló program is rendelkezésre áll.

#### *Számítógéppel segített hídtervezés*

Első számítógépes programjaink között már voltak hídstatikai számításokat végző programok is. Ma a hídtervezés az egyik olyan szakterület, ahol a legtöbb számítógépes programot dolgoztuk ki.

A *Lemez-híd-számító programcsomag* tömör vagy takarékos lemez, valamint sokbordás lemezgerenda-felszerkezetek vizsgálatára alkalmas. A *lemez-igénybevételek számító programok* segítségével meghatározhatók az igénybevételek (hajlító- és csavarónyomatékok, nyíróerők) és az alakváltozások.

A *helyszíni vasbeton lemezzel együtt dolgozó Hoyer-tartók számítása* program segítségével, az igénybevételek felhasználásával homogén vagy inhomogén – például előregyártott tartós – keresztmetszetek feszültség- és határterhelés-számítása végezhető el, és a program az előfeszített, előregyártott tartókat szerelési állapotokban is tudja vizsgálni.

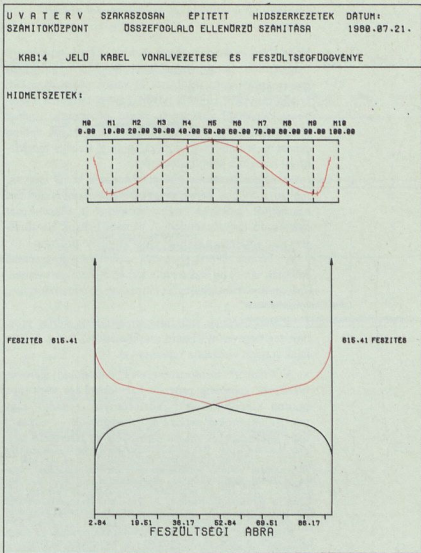
A *Szabadon szerelt feszített vasbeton hidak számítása* programrendszer az előregyártott elemes és szabadbetonozásos híd típus statikai számításának magas fokú gépésítésére alkalmas. E hidak tervezése gyakorlatilag nem végezhető el számítógép nélkül.

A rendszer tartalmaz általános jellegű feladatokat megoldó programelemeket (olyanokat, amelyek más híd-típusok esetén változtatás nélkül alkalmazhatók), továbbá csak a feszített, szabadszereléses technológiával épített vasbeton hidaknál alkalmazható programelemeket. Az első csoportba a keresztmetszet statikai jellemzőit, a feszültséget számító programelemek, a másodikba a szabadszereléssel, a vasbeton szerkezetek feszítésével, a szerkezeti rajzok előállításával kapcsolatos programelemek tartoznak (7. ábra).

A *Gerendahidak tervezése* programrendszert az acél, illetve az együttdolgozó acél és beton anyagú gerendahíd-felszerkezetek statikai számításához fejlesztjük. A rendszer a többfőtartós nyitott, egy-háromcellás szekrénytartós, valamint a két önálló szekrénytartós, merőleges alaprajzú gerendaszervezetek statikai vizsgálatához készült. Ennek a nagyméretű programrendszernek már elkészült a *Gerendahidak számítása üzemi teherre* c. programja.

Ebben a programrendszerben is sok általánosan használható programot alkalmazunk, ilyen a keresztmetszet statikai jellemzőit, a gerendahíd-felszerkezet erőjátékát számító program; a speciálisak közé a feszültséget, a stabilitást számító programok tartoznak.

A hídtervezés gépesítésében elért eredményeink ellenére igen sok programfejlesztési feladatunk van még. A fejlesztési koncepcióknak alapján (az utóbbi években megkezdett irányzatot folytatva) egy-egy híd típusra lehetőleg komplex számítógépes programrendszer ki-fejlesztésére törekszünk.



7. ábra

A korösladányi híd



### Magasépítési létesítmények számítógéppel segített tervezése

Vállalatunq a közlekedéssel és hírközléssel kapcsolatos magasépítési létesítményeket – repülőtéri, autópálya menti épületeket, autóbusz- és vasúti pályaudvarokat, tv-adótornyokat stb.– is tervez. Ezen a területen a szerkezetek erőtani számítását segítő programok vannak túlsúlyban, de az utóbbi években kidolgoztunk épületgépészeti számítógéprogramokat is, és a vizuális megjelenítést is segíti a számítástechnika.

Statikai számítás segítő programjaink közül leggyakrabban a *Síkbeli keretszerkezetek számítása* programot használjuk, amellyel meghatározhatjuk a vázszerkezet mértékadó igénybevételeit. A bemenő adatok ellenőrzésére igen alkalmas a statikai vázat kirajzoló program.

A *Térbeli keretszerkezetek számítása* programmal épületek váz- és tetőszerkezete térbeli alakzatként vizsgálható; igénybevételek és alakváltozások határozhatók meg vele.

A *Merevítőfalak számítása tárcsamodell szerint* program segítségével nyílászáró szerkezetekkel áttört épületefalak statikai vizsgálatra végezhető el.

A *Kikötött toronyszerkezetek mértékadó igénybevételeinek számítása* program kábelekkel egy vagy több ponton kihorgonyozott hírközlőtornyok – rádió- vagy televízióműsorokat sugárzó antennatornyok –, valamint ipari létesítmények magas kéményeit megtámasztó szerkezetek statikai vizsgálatára alkalmas. A programmal figyelembe vehető a kábelek nemlineáris rugalmas viselkedése, valamint a toronyalak-deformációnak az erőjáratokra gyakorolt hatása. A programhoz igénybevételei és alakváltozási diagram-rajzoló modul is csatlakozik.

Elsősorban az építész tervező munkáját segíti az *Építmények ábrázolása elektronikus rajzgépen* program. Segítségével tetszőleges geometriájú és összetettgű objektum „szemléltethető” tetszőleges irányokból. Ezzel lehetővé válik a létesítmény és környezetének funkcionális és esztétikai összehangolása.

Az épületgépészeti tervezést segítő programok közül kettőt emelünk ki:

Az *Épületeszerkezetek hőtechnikai számítása* program nem közelítő szabályzati képletek, hanem a hőfizika differenciál-egyenletének megoldásával számítja ki az épületek legfontosabb hőtechnikai jellemzőit, ezáltal hagyományosan nem vizsgálható könnyűszerkezetes épületek vizsgálatára is alkalmas.

A *Sugaras rendszerű központi fűtés-hálózatok számítása* program a szobán forgó hálózatok csomótervezési feladatait végzi el. A hálózatot a szabványos csőátmérőkből úgy építi fel a nyomás és vízhőmérséklet adatai alapján, hogy az az előírt korlátozásoknak is megfeleljen.

Meg kell említenünk, hogy az épületgépészetben kedvelték a mágneskártyás programozható zsebszámológépek is, amelyekkel kisebb ellenőrző számítások gyorsan elvégezhetőek.

### Repülőtér-tervezést segítő programjaink

E szakág speciális tervezési igényeinek megfelelően fejlesztettük ki a *Nagy felületű tereprendezés* programrendszerét, amely a földtömegek mennyiségének számításához és a földtömegek mozgásának optimalizálására szolgál. Alkalmazásával megoldhatók mindazok a feladatok, amelyek esetleg több száz hektár területű felületek (repülőtér, öntözőterület, iparterület stb.) tereprendezési terveihez szükségesek. A töltés–bevágás elosztásának géppel végzett tervezése minőségileg új megoldásra ad lehetőséget a földmunkávinózes költségeinek optimalizálásával, annál is inkább, mivel a töltés–bevágás kiegyenlítő pályasík-elhelyezkedés megállapítása automatikus.

Egy hektárnyi területen 1 centiméternyi földmunkamagasság-változás 100 m<sup>3</sup> földmunkát jelent, ezért már a tanulmánytervekhez is indokolt a pályaszint-optimalizálás és a tömegszámítás a legkedvezőbb pályasík meghatározására. A kiviteli tervekben a földtömegszámítás és földtömegelosztás számítógép adta eredménylapjai, valamint a nullvonalat és a töltés–bevágás értékeket tartalmazó rajz a tervdokumentáció szerves része.

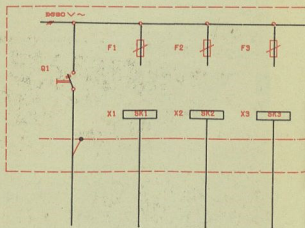
Gyakancsak számítógép segíti a pályaszerkezetek méretezését, amelynél a *Különleges járműterhelésekkel betonburkolat méretezése* és a *Repülőtéri aszfaltburkolat méretezése* elnevezésű programjainkat használjuk.

### Elektromos tervezést segítő programjaink

Az elektromos tervezést a világítás-technika (tér- és útvilágítás, autópálya-világítás) és a 0,4 kV-os elosztóberendezések tervezése területén segítik számító- és rajzoló-programok.

A *Tér- és útvilágítás komplex tervezése* programcsomag az adott terület geometriája, a különböző elhelyezésű és típusú lámpák megadása esetén kiszámítja a vízszintes megvilágítási értékeket, a határegyenletességet, a közepes megvilágítási értékeket, a közepesegyenletességet és a fényhasznosítási jellemzőt. A rajzolóprogram a megvilágítás színtörébeit adja közvetlenül a tervdokumentációban közzölhető formában.

1. S.M.P.C. COMPANY



8. ábra. Elektromos kapcsolási rajz részlete





rajzgepen az ütemezett tevékenységek sávos ütemtervét (Gantt-, ill. Balkan-diagram) szolgáltatják. Az erőforrás- elemző programok a tervező által adott idő- és erőforrás- korlátok, valamint döntési táblázatok figyelembevételével újraütemezik a tevékenységeket, majd a tevékenység- táblázatok és a sávos ütemterv rajzán túl az erőforrás- felhasználásról táblázatokat és hisztogramokat készí- tenek. A grafikus ütemtervek CalComp rajzoloberendezé- sen készítet rajzai megfelelő koordináta-rendszerben a vonalas létesítményen folyó munkák térbeli, szelvény- határok közötti és időbeli elhelyezkedését mutatják be szemléletes formában.

Ugyancsak az organizációs tervezés területén haszná- latos az *Optimális keverőtelep-elhelyezés* elnevezésű program, amellyel az aszfaltkeverő-telepeket úgy tudjuk telepíteni, hogy az építkezéshez szállított aszfalt szállítási költsége a legkisebb legyen.

#### *Vállalatirányítás, ügyvitelgépesítés*

A műszaki tervezést segítő rendszerek kifejlesztésén kívül szervezeten foglalkozunk a vállalati gazdasági irányítás korszerűsítésével, valamint az ügyviteli feladatok számító- géppel történő elvégzésével.

A *Számítógépes anyagkönyvelési rendszer* nyilvántartja a vállalatnál használatos anyagok raktári be-, illetve kivételését és egyes anyagok visszavételését, regisztrálja az egyes raktárak közötti átvadást-átvételt. Az anyag- készletet és az anyagfelhasználást mennyiségben és érték- ben tartja nyilván.

A *Befejezetlen műszaki tervezések állományának nyil- vantartása* programrendszer a következő feladatokat végzi el:

- a tervezőirodánál felmerülő költségeket elosztja a kalkulációs egységekre;
- a befejezetlen műszaki tervezési munkák állományá- nak, valamint változásainak nyilvántartását és egysé- genkénti elszámolását megadja;
- a befejezett műszaki tervezési munkák árbevételére jutó szűkített önköltségről egységenkénti bontást és
- az előbbiekről tervezőirodánkénti és vállalati összesíté- st ad.

A *Címlevező program* az EMG-666 asztali számoló- gépen működik, bérkifizetések előtt a banktól felveendő bankjegy címletek mennyiségét határozza meg.

A *Postai név- és címjegyzék-nyilvántartó és nyomtató program* szintén EMG-666 asztali számológépen futtat- ható, a kiadványok, meghívók szétosztását egyszerűsíti.

Jelenleg két nagy rendszer bevezetésén dolgozunk. A *Munkaügyi alapadat-nyilvántartás* rendszer a vállalat dolgozóinak legfontosabb adatait tartalmazza, lehetővé teszi különböző statisztikák elkészítését (például a bér- fejlesztéshez szükséges elemző táblázatok előállítását). A rendszer speciális vállalati és irodai igények kielégíté- sére is felhasználható.

A *Tervezési szerződések nyilvántartása* rendszer a vezetés különböző szintjein nyújt segítséget. Nem igényel külön adatszolgáltatást, mert a régi bizonylatokhoz hasonló formájú adatlapokat használ, és ezek lesznek

egyben az új bizonylatok. A rendszer minden megbízás- ról összegyűjti és tárolja az összes lényeges információt. Az adatok alapján automatikusan készülnek a szerződés- kötések fázisainak nyilvántartásai, az irodai árbevételek, az irodaleterhelés listái. A rendszer figyeli az elhúzóó szerződéskötéseket és figyelmeztető jelzést ad. Automa- tikusan készíti a társtervezők, altervezők értesítőit és a számlázási diszpozícióit. Teljes körű vállalati bevezeté- sével a vállalatnál előforduló mindenfajta szerződést képes kezelni. Alkalmas a vállalatvezetéshez, az iro- davezetéshez, a központi és irodai osztályvezetéshez szük- séges gazdasági információk szolgáltatására.

#### **A fejlesztés irányai**

A jelenlegi számítástechnikai eszközeinkkel csak a vállal- at fő profiljait képező szakterületeken és ott is csak a legmunkaigényesebb feladatokra sikerült gépesítenünk. Egyes szakterületek programrendszereinek az együtt- dolgoztatása – az adatbázison alapuló tervezéssel – meg- kezdődött. A jelenlegi hardware- és alapszoftware-eszkö- zök nem teszik lehetővé az alkalmazói software rohamos fejlesztését. A számítógép a jelenlegi feladatokhoz lassú, a programozók alig férnek a számítógépek. Interaktív programfejlesztést sem bír a rendszer, így a tesztelesek ideje nagyon elhúzódik. Ugyanakkor a vállalatra háruló, egyre növekvő mennyiségű hazai és exporttervezések (melyeket magas színvonalon és csökkenő létszámmal kell végeznünk) szükségessé teszik a számítástechnikai alkalmazások további erőteljesebb használatát.

A számítógépes feldolgozás mind nagyobb adatbázist igényel, ehhez pedig több külső memória is kell; egy- értelmű tehát, hogy jelenlegi műszaki berendezéseink a növekvő és minőségükben is új feladatokhoz már kevés- nek bizonyulnak. A rendszeresen jelentkező munka- csúcsok alkalmával berendezéseink három műszakban üzemelnek. Emellett még külső számítóközpontok igénybevételére is szükség van.

A tervezés hatékonyságának és minőségének tovább fejlődése csak új tervezéstechnológiai rendszerek kialakítá- sától és új, korszerű, nagy teljesítményű számítógép- rendszer beszerzésétől várható.

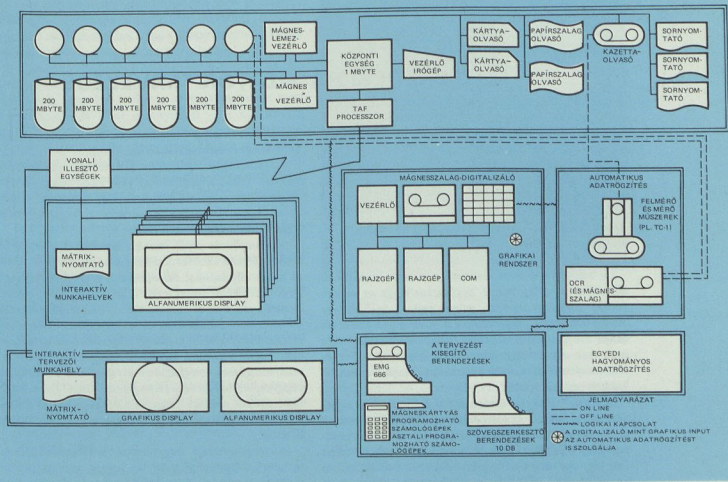
Azokban a *szakágakban* (út, híd, metró), ahol a szám- ítógéppel segített tervezésnek már hagyománya van, közvetlenül kell tennünk az ember és a gép kapcsolatát, ez az *interaktív tervezési módszer bevezetését* jelenti.

A számítógéppel segített tervezés *software, hardware, orgware-eszközeit* eddig is úgy választottuk meg, és a jövőben is úgy kívánjuk megválasztani, hogy ezen eszkö- zöket a *tervet előállító teljes folyamatba be lehessen illeszteni*.

Az egyes szakterületek teljes tervezéstechnológiáját átfogó komplex programrendszerek hátterében létre kell hozni a *szakterületi katalógus-adatbázisokat* (elektromos adattár, világítástechnikai adattár stb.). Ezek az adat- táruk jelentik a szakterület programrendszereinek infor- mációs bázisát.

Különösen nagy létesítmények tervezésénél kell szá- molni azzal, hogy egy körábban már kidolgozott variáns-

A SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTT TERVEZÉS BEREZÉSEI  
(UVATERV KONCEPCIÓJA)



10. ábra

hoz vissza kell térni. A megjelölt futtatások alapadatainak és eredményadatainak megőrzéséről gondoskodni kell és a lekérdezhetőséget meg kell oldani. Ezek az adatárak alkotják a *létesítményi adattárát*.

Várhatóan 1984-ben elodázhatalan minőségi változtatást kell végrehajtanunk számítástechnikai szolgáltatásainkban. Hat géposport beszerzésével kívánjuk számítástechnikai koncepcióknak hardware-háttérét megteremteni (10. ábra).

A géprendszer felügyeletét, a végbemenő folyamatok vezérlését és kiszolgálását egy nagy teljesítményű központi számítógéprendszer látná el. A jelenlegi gépkínálatból 1024 Kbyte kapacitású operatív tárolóval, hat 200 Mbyte kapacitású mágneslemez háttértárolóval és további perifériákkal ellátott, ESZ-II. sorozatba tartozó számítógéprendszer beszerzését tervezünk.

A felhasználás meggyorsítása érdekében vonali illesztő egységen *interaktív munkahelyek* kapcsolódnak a központi számítógéphez. Hat-nyolc munkahelyen lenne alfanumerikus és egy-nél grafikus input- és output-beregzés.

A nagy tömegű adatelőkészítés jelentős részét *automatikus adatrögzítő berendezés* végezné, a kisebb tömegű adatrögzítéshez a hagyományos gépeket alkalmazzunk.

A műszaki tervezésben szükséges grafikus dokumentációkat (rajzot és mikrofilmet) *grafikai rendszer* készí-

tené. Ez a rendszer két nagy sebességű rajzgépből, digitalizálóból és mikrofilm-készítő (COM) berendezésből, továbbá a hozzá tartozó vezérlőegységéből áll. A rendszer a központi számítógéptől függetlenül is működtethető. A számítógépen végzett tervezési munka előkészítéséhez *kisegítő berendezések* (például mágneskártyás zsebszámológépek) használatára változatlanul szükség lesz. A tervdokumentációk szöveges munkarészeinek előállításához *szövegfeldolgozó berendezéseket* kívánunk üzembe helyezni.

A vállalat alaptervekenységét a jövőben is változatlanul tekintve még nagyobb szerepet kap a *népszerűségi jelentős beruházásainak tervelőkészítése*, ehhez fel kell használni a mindenkori legkorszerűbb műszaki ismereteket és eszközöket.

Magas szinten, a nemzetközi elvárásoknak megfelelően kell megoldanunk a KGST és a SZEAT által a közlekedési ágazat számára kitűzött *kutatási-fejlesztési feladatok*at is.

*Exportképességünk megtartásához*, esetleges bővítéséhez a gyorsabb, rugalmasabb reagálóképesség, a mindenkori élenjáró műszaki világszínvonal követése szükséges. Ezeknek a feladatoknak, követelményeknek csak kifogástalan munkaszervezéssel és megfelelő műszaki-technikai háttérrel tudunk megfelelni.

## KÖZLEKEDÉSI HÁLÓZATOK TERVEZÉSE

A közlekedés – személyek és anyagok helyváltoztatása, az utazások, a szállítások – mennyisége, távolsága, gyorsasága az emberiség fejlődésével együtt nemcsak összességében, hanem fajlagosan is állandóan növekszik. A növekedés a közlekedés valamennyi ágazatában az útvonalak szaporítását, bővítését igényli. Az új útvonalak a már meglévőkhöz csatlakozva új kapcsolatokat, elágazásokat, csomópontokat hoznak létre, így alakultak ki, és növekszenek tovább a közlekedési hálózatok.

A hálózatok formai kialakulása minden közlekedési ágazatban aránylag hamar bekövetkezik, de az ezeken áramló forgalom hálózati jellege csak a fejlődés egy bizonyos szintjén jelentkezik. Ezt a szintet a közlekedés akkor éri el, amikor a helyváltoztatások végrehajtására nem csak egy útvonal jöhet szóba, hanem a térben és időben változó viszonyok esetenként más-más útvonalakat helyeznek előtérbe.

Amikor az egyes útvonalakon a forgalom növekedése egyre inkább akadályozza önmagát, és az úticélok az eredetnél nem sokkal rosszabb útvonalakon is elérhetők, akkor a közlekedéstervező már nem rekedhet meg egy-egy útvonal forgalmának elemzésénél, hanem az utazásokat eredetük és céljuk szerint kell számon tartania, az útvonalakat a hálózat alkotóelemeiként kell kezelnie.

Ez a felismerés vezetett arra, hogy a nagyobb sűrűségű városi közlekedés fejlesztésének területén világszerte keresni kezdték a hálózattervezés lehetőségeit, módszereit. Az első kísérleteket a városi közúti hálózat tervezésénél végezték. Néhány kezdeti próbálkozás után nyilvánvalóvá vált, hogy az új módszer követelményeit hagyományos mérnöki eszközökkel kielégíteni nem lehet.

Korábban elegendő volt a jellemző keresztmetszeteken áramló forgalmat megszámlálni, időben ingadozását nyilvántartani, majd várható növekedését előrebecsülni. Ennél lényegesen nagyobb adatmennyiség kezelését jelenti az összes helyváltoztatás eredet és cél szerinti nyilvántartása, és változásainak tervezése. (A városokban lakosonként 1–3 személyi mozgás jön létre naponta.) A reprezentatív adatfelvételi módszerek bevezetése csökkentette a nyilvántartandó utazások számát, de mivel az előrebecsülési módszerek a forgalomkeltő tényezők nagy részének ismeretét igénylik, így az adatfelvétel mennyisége továbbra is igen jelentős maradt. Egy-egy utazáshoz nem ritkán 15–20 jellemzőt kell hozzárendelni.

Az új tervezési módszer a közlekedéstervezőtől már nem csak azt követeli meg, hogy szoros kapcsolatot tartson a városrendezéssel, hanem statisztikai és szocio-

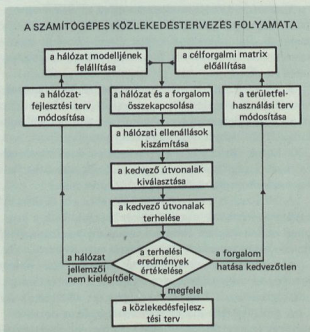
lógiai ismereteket is – majd ezekkel együtt belép a közlekedéstervezés eszköztárába a számítógép.

A számítógép legnagyobb jelentősége a közlekedéstervezés számára nem abban van, hogy lehetővé tette a sokmillió forgalmi adatmennyiség kezelését, hanem abban, hogy alapvetően új módszer, a forgalmi modellezés feltételeit teremtette meg.

A modellezés olyan eszköz, amellyel a mérnök az általa tervezett közlekedési hálózatot minősítheti, illetve az egyes változatokat összemérheti. A módszer lényege, hogy a hálózat szerkezetét tükröző, valamint alkotó elemei – az utak és csomópontok – forgalmi jellemzőit matematikai eszközökkel leíró modellhez valamilyen módon hozzárendeljük a helyváltoztatásokat tartalmazó célforgalmi mátrixot. Ezután a program az előírt feltételrendszernek megfelelően kiválasztott útvonalakon végigvezetve az eredet–célforgalmat, előállítja a forgalomáramlási modellt, azaz a hálózat vizsgálni kívánt terhelési állapotát. (A tervezés menetét az 1. ábra szemlélteti.)

A magyarországi nagyvárosok közlekedésfejlesztési terveinek készítésénél aránylag hamar, már az 1960-as években alkalmaztunk számítógépes modellezési eljárásokat. Legelőször a közúti hálózat modellezésére került sor. A maga idejében magas színvonalúnak tekinthető hazai kidolgozású program nagy segítséget nyújtott a merőben új tervezési módszer megtanulásához.

1. ábra



A modell felépítése során az útszakaszok hosszát és a rajtuk elérhető átlagsebességet kellett a tervezőnek megadni. A célforgalmi mátrix minden sorát és oszlopát valamelyik csomóponthoz kellett rendelni. Ezekből a forrás–nyelőpontokból indult, illetve ezekbe érkezett egy-egy területi egység – körzet – forgalma.

A program megkereste minden ilyen pontból az összes többihez vezető legkisebb és az ezt követő időszükségletű útvonalat, majd a célforgalmi mátrix megfelelő elemeiben talált mennyiséget – e két útvonal időszükségletével fordított arányban – megosztva végigvezette a kiválasztott útvonalon, közben az érintett útszakaszon haladási irány szerint összegezte a terhelési értékeket. (Ezt a programot használtuk a nigériai Calabar város fejlesztési tervénél a távlati úthálózat méretezéséhez.)

A program néhány megoldásában nem túlrözi megfelelően a közúti forgalom viszonyait:

- a városi közúti forgalom a valóságban nem a hálózat csomópontjain keletkezik;
- a közúthálózat elemeinek átbocsátóképessége határ szab terhelhetőségüknek;
- az utazási idő nemcsak az egyes útszakaszok megtételéhez szükséges idők összege, a városi forgalom esetén nagy része a csomópontokon való áthaladásból adódik;
- az időszükséglet mind az útszakaszon, mind a csomópontban a viszonylagos telítettségétől is függ, ezért nem állandó. (Ha az útvetve az útszakaszokat az átlagsebességgel jellemzi, a „legrövidebb” utat mintegy előre kijelöli.)

Nyilvánvaló, hogy a különböző jellegű közlekedési hálózatoknál célszerű különböző szerkezetű modelleket alkalmazni. Úgy döntöttünk, hogy ezután a városi közlekedésnél a közúti forgalmat az ICL cég által rendelkezésre bocsátott kapacitáskorlátozó módszerrel modellezzük, a tömegközlekedésre viszont saját modellt készítettünk.

Az ICL program jellemzői:

- a forgalom a hálózat szakaszainak középpontjához kapcsolódik;
- nemcsak a hálózat szakaszain való végighaladás, hanem a csomópontokon való áthaladás időszükségletei is szerepelnek az idő kiszámításában;
- a szakaszok és a csomópontok „leküzdéséhez” szükséges időtartam nem állandó, az a mindenkor viszonylagos terheltség függvénye.

A kapacitás-telítődés forgalomkorlátozó hatását ismételtes eljárással juttathatjuk érvényre. Ennek menete:

1. A hálózati elemeken, szakaszokon, csomópontokon való áthaladáshoz szükséges, a kapacitás és terhelés viszonyától függő időtartamok kiszámítása.
2. Minden szakasz középpontjából a többibe vezető, legkisebb eljutási időt igénylő útvonalak kiválasztása.
3. Az újonnan kiválasztott útvonalakon a modell terhelésének növelése a célforgalom egy kívánt százalékaáig.

A tömegközlekedési program kidolgozásánál az a célt tűztük magunk elé, hogy a különféle viszonylat-



Az M3 autópálya gödöllői csomópontja

vezetési megoldások összehasonlítása lehetséges legyen, úgy, hogy nem csak a terheléseket, hanem az átszállások számát, időszükségletét is figyelembe vesszük.

A kitűzött célnak megfelelően a hálózat viszonylatokból épül fel. Átszállás valamennyi közös megállóhelyen, és ezeken kívül a tervező által előre kijelölt megállóhelyek között jöhet létre. Az átlagos várakozási idő viszonylatonként változó értékeit és a megállóhelyek közötti utazási időket is rögzíteni kell. Minden utazás a legkisebb időszükségletű útvonalat terheli. Az időszükségletben szerepel az utazási idő felül az átlagos várakozási idő és az esetleges átszállási idő is.

A távlati célforgalom előállításának egy szokásos módja, hogy az egyes körzetek várható kibocsátását és forgalmi vonzását számítjuk ki. Ehhez a kiinduló adatokat a forgalomfelvelet szolgáltatója. A kibocsátások és vonzások ismeretében kiegyenlítő eljárásokkal kapjuk meg a teljes célforgalmi mátrixot. Az adatfeldolgozáshoz és a hálózatmodellező programhoz egyaránt illeszkedő adatkezelő programunk tartalmaz ilyen eljárásokat. Alkalmos továbbá arra is, hogy beépítsük az analitikus forgalom-előrebecslési eljárást.

Az ICL kapacitáskorlátozó úthálózati modellel éveken keresztül dolgoztunk. Általában kielégítő eredményeket tudtunk elérni. Nemcsak az öt vidéki nagyvárosnál alkalmaztuk, hanem a METROBER megbízása keretében a BME Útépítési tanszéke adataival a fővárosi úthálózati modelljeit is futtattuk.

Miközben egyre otthonosabban mozdultunk a forgalmi hálózatok modellezésében, egyre több kérdés merült fel, amelyek megválaszolására a gyári program nem volt felkészítve. Ezért – továbblépve – saját városi közúti hálózatmodellező program kidolgozásához kezdtünk.

A ráterhelési modell programrendszerében két buktatót is találunk: az egyik a nagyszámítógépi memóriaigény, a másik az útvonalkereső eljárások rendkívül hosszú futásideje.

A program kidolgozásánál saját számítógépünk korlátait kellett figyelembe venni, amelynek memóriakapacitása 128 KByte. Ezt kihasználva, gondos folyamat-szervezéssel sikerült a feldolgozható hálózat méreteit az ICL program kétszeresére felvenni, azaz mintegy 2000 útszakasz mindkét irányból külön-külön legfeljebb három másikba irányuló forgalmat figyelembe venni. Az alaprendszer az ICL-ével megegyezik. Az útszakasz közepétől a csatlakozó útszakasz közepéig tart egy él, amelyen az áthaladási időt három részből számítja a program:

- a fél útszakaszon a csomópontig az adott kapacitás telítettségétől függően az úttípusonként változó sebességből;
- a csomóponton való áthaladás időszükségletéből, a szabályozási módtól függően más-más ellenállás-kép-lettel, amelyekben az egymást zavaró irányok forgalmi értékei is számításra kerülnek;
- a csomópont után az érintett szakasz közepéig, az annak megfelelő jellemzőkkel és forgalmi viszonyok között számított időből.

Az angol program képleteit átvettük, de azokat átdolgoztuk és további olyan ellenállás-függvényeket építettünk be, amelyek a bonyolultabb, de gyakrabban előforduló csomóponti kialakításoknál is elfogadható eredményeket adnak. A felhasználó valamennyi függvény állandóit közvetlenül is módosíthatja, így például a csomópontok telítődését (az ún. forgalmi dugót) jelentő ellenállástöbblet számszerű értéke bármelyik terhelési lépcső előtt a 300 másodperces alapértéktől eltérően is meghatározható.

Az egymás után következő ráterhelési rétegszálalékok nagysága nincs megkötve, sőt a felhasználandó mátrix is cserélhető. Ennek gyakorlati jelentősége elsősorban a személy- és tehergépkocsi-forgalom elkülönítésében van. Természetesen a körzetek és a hálózat kapcsolatai sincsenek a teljes eljárás időtartamára rögzítve.

A ráterhelhető legnagyobb mátrixméret  $134 \times 134$ , ha figyelembe vesszük azonban a különböző mátrixok egymás utáni alkalmazási lehetőségét, úgy ilyen korlát elméletileg nem létezik.

A programkészítés másik buktatója az útvonalkereső algoritmus. Ennek feladata a hálózati modell pontjai közötti „legrövidebb” útvonalak kikeresése, és a ráterhelés céljára való feldolgozása. Képet kapunk a számítási műveletek nagyságrendjéről, ha végiggondoljuk a feladatot egy 1000 útszakasz tartalmazó hálózati modellen:

- az 1000 útszakaszon mindkét irány szerint egy, tehát összesen 2000 szakaszközpont van;
- egy szakaszközpönből valamelyik másikba vezető útvonal átlagosan mintegy 40 útszakasz érint;
- egy pontból kb. 2000 ilyen útvonalat kell kikeresni és tárolni;
- ahány forrás–nyelőpont van, annyszor kell újabb 2000 útvonalat megkeresni.

Az előbbiekből következik, hogy ha minden tizedik pont forrás–nyelőpont, úgy nem az útvonalak megkeresése, hanem csak az eredmények felsorolása mintegy 40 millió lépést igényelne.

Az útvonalkeresés egyik kitérített esete a hálós programozásnál alkalmazott ún. kritikusút-keresésnek. Ebből kiindulva és a nemzetközi szakirodalomra támaszkodva számos algoritmus-változatot találhatunk. Ezeknek két fő csoportja van: az egyikbe az ún. mátrix algoritmusok tartoznak, amelyek a minden pontból minden pontba vezető útvonalmátrixot egy menetben állítják elő. A másikba tartozók egy pontból az összes többibe vezető egyszerre számítják ki. Az utóbbiakat fa algoritmusoknak nevezzük.

A mátrix módszerek futási ideje lényegesen rövidebb, mivel a korábban kiszámított részütvonalak felhasználhatók az eljárásban. Ezzel szemben legalább a pontok számának négyzetével azonos tárterületet igényel, amit néhány száz pontos hálózat esetén a viszonylag nagy teljesítményű számítógépeknél sem biztosíthatunk.

A fa algoritmusoknál a helyfoglalás csak a pontok számával arányos, de még így is az egész hálózati modellezés folyamatában ez a rész foglalja le a legnagyobb számítógépi memóriaterületet.

A fa algoritmus számításiigénye a teljes feladatot tekintve lényegesen több, mint valamelyik mátrix algoritmusé. Ezt ugyan csökkenti az az előny, hogy csak a forrás–nyelőpontokból kiinduló útvonalakat kell kiszámítani.

Az algoritmust az utóbbi 5 évben szinte állandóan fejlesztve sikerült úgy a feladathoz igazítani, hogy városi közúti modellnél (például az 1000 útszakaszos budapesti hálózat esetében) az R-40-es gépen egy teljes ráterhelési lépcső végrehajtása nem igényel 15 percet sem. Egy útvonal fa kiszámítási időtartama 1 másodpercen belül van.

Az algoritmus kialakítása nagymértékben függ a modell belső felépítésétől. Így például az ÚTINFORM részére, az útvonal-engegélyek kiadásának gépesítése céljából az országos úthálózat mintegy 3000 csomópontos modellrel folytatott vizsgálatánál az algoritmust 20–30%-kal gyorsabbra sikerült kialakítani. Ezek az időértékek már nincsenek messze a mátrix algoritmusok értékeitől. Az alkalmazott megoldások más típusú modelleknél is jelentős futásigényű eredményeztek.

Minél nagyobb hálózattal dolgozunk, annál nagyobb jelentőséget kap a módosítások egyszerű és gyors végrehajtása. A program már kezdetől fogva úgy készült, hogy egy-egy módosítás végrehajtásához minél kevesebb adatot igényeljen a tervezőtől. Az új adatok bevezetése során a többi adat érintetlenül marad. Az adateellenőrzési módszerek kiküszöböltek az olyan új értékeket, amelyek a korábban elfogadott adatsoroportot kedvezőtlen irányban megváltoztatnák.

A gyakorlatban jelentkező igények alapján rendszeresen követjük azokat a lehetőségeket, amelyekkel a felhasználó munkája egyszerűbbé válik, és ezáltal a jobb változatok kidolgozása kevesebb idő és szellemi munka árán érhető el. Az olyan méretű hálózatoknál, mint a budapesti vagy az országos közúti hálózat, ilyen lehetőségek nélkül reménytelen a tervezéshez szükséges változatok megfelelő színvonalú előállítására. A programrendszer felépítése olyan, hogy a futtatás a mérnök és

a számítógép párbeszédeként folyik. Az egyes folyamatok olyan lépcsőkben futtathatók, amelyek a felhasználó számára szinte korlátlan alkalmat adnak rész-eredmények értékelésére és ezek alapján a szükségesnek ítélt beavatkozások végrehajtására.

A saját hálózatterhelési program kifejlesztésének legnagyobb eredménye mérnöki szempontból az, hogy az adatok nem maradtak eredeti számhalmaz formájukban, hanem azokból a CALCOMP típusú rajzgéppel igen szemléletes ábrákat lehet készíttetni (2. ábra). A rajzolóprogram révén nemcsak a modellezés számos különböző lehetőségét lehet ábrázolni, hanem a tervező esetenként változó kívánságait is érvényesíteni lehet. Ez azért fontos, mert a közlekedési hálózatok tervezése az olyan mérnöki feladatok közé tartozik, ahol nem valamilyen előírt úton haladva épül fel a terv, hanem a jó mérnöki érzéssel előállított feltételrendszereket kell szakaszonként mérlegelni, és az eredmények alapján válik az elképzelés tervvé.

A rajzolóprogramot állandóan továbbfejlesztjük, részben azért, hogy az eredmények dokumentálását megkönnyítsük, de főként azért, hogy a tervező a hálózat-tervezés közben egyre jobb tájékoztatást adó rajzot készíthessen. A rajzprogram a hálózati rajzot a következő rajzi elemekkel építheti fel:

1. üttengelyek,
2. csomópontok, kódszámmal,
3. útszakasz irányítása, kódszámmal,
4. számadatok a félészakok mindkét irányában,
5. a számadatokkal arányos szélességű párhuzamos sávok,
6. a sávok vonalkázása (változtatható a sűrűséggel és iránnyal).

Az üttengelyt mindig kirajzolja a gép, a többi elemet a tervező kívánságára és az általa előírt léptékkel — esetenként több színben — lehet rajzoltatni. A számadatok és az azokat érzékeltető sávok műszaki tartalma is igen változatos:

- a) a forgalmi terhelések;
- b) az útkapacitások;
- c) a kapacitások viszonylagos telthsége;
- d) a szabad kapacitások egy-egy terhelési állapotban;
- e) az átlagsebességek;
- f) az áthaladási idők;
- g) az útszakaszok típusódja és a hossza;
- h) a járműosztályozók zöldóra-kapacitása és a csomóponti irányok forgalmi szabályozásának kódszámai.

A hálózat bármely részét kiemelhetjük a rajzból és azt kinagyítva is kirajzolhatjuk, ugyanakkor a vizsgált jellemzőket ábrázoló sávok léptékét az eredeti értéken



2. ábra. A budapesti közlekedési hálózat terhelési diagramja

tartva a sűrűbb hálózati területek (pl. belvárosok) is szemléletessé tehető.

A modellezéssel szerzett sokéves tapasztalat alapján arra a meggyőződésre jutottunk, hogy a jövőben célszerű volna a közúti hálózati modellezés eddigi esetenkénti alkalmazása helyett annak folyamatos művelésére rátérni. Ezt azért tartjuk indokoltnak, mert a költséges és időigényes munka egy részét minden esetben újra el kell végezni, ha az adatok rendszeres karbantartása elmarad.

További előnyt jelent, hogy a jelentősebb közlekedési hálózatok kész modelljei lehetővé teszik az olyan forgalmi kérdések elemzését is, mint az ideiglenes terelések megoldása, azok hatása a hálózat többi részének forgalmára, építések helyes ütemezése stb. Az adatok rendszeres felújításával mind a célforgalom, mind a hálózati modell megbízhatósági színvonalát lényegesen növelni lehet.

Várhatóan elsőként a budapesti forgalomáramlási viszonyok folyamatos modellezésének feltételei jönnek létre.

Az UVATERV e területen végzett munkájának 14 évi eredményei lehetővé teszik, hogy a KTI-vel közösen elvégzendő országos közúthálózat-fejlesztési munkában is hasznosítható legyen a számítógépes modellezés.

## SZÁMÍTÓGÉPRE ALAPOZOTT GEODÉZIAI ELJÁRÁSOK

Az UVATERV-ben geodéziai tevékenység a vállalat alapítása óta, 35 éve folyik. Ez a szakterület kezdettől fogva része a közlekedési létesítmények tervezésének.

Az indulás nem volt könnyű, az első munkákat még öreg, elavult felszereléssel, szegényes műszerparkkal és mostoha körülmények között kellett elvégezni, a technikai hiányokat csak a lelkesedés, szak tudás és pontosság pótolta. A mérési technológia a hagyományos háromszögelésen alapult, az irodai belső számításokat pedig háború előtti, többé-kevésbé használható mechanikus számológépekkel végezték. A hatvanas évek végéig legfeljebb ennek a felszerelésnek a felújítására kerülhetett sor. Ekkor jelentek meg a piacon a modernbb műszerek és számológépek, de a mérési és számítási technológia maradt a régi.

### Új mérési és számítási technológiák bevezetése

A hatvanas évtized gyors technikai fejlődése a geodéziai mérési gyakorlatban is éreztette jótékony hatását. Megjelentek az első, radarrelven működő távolságmérő műszerek, a nagy — és mind nagyobb teljesítményű — elektronikus számológépek, majd a zsebszámológépek. Az új

technika alapjaiban változtatta meg mind a mérési, mind a számítási technológiát.

Az UVATERV geodéziai részlege is a hatvanas évek végén jutott új eszközökhöz. Beszerezte a vállalat a radarrelven működő GET B1 távmérő műszert, amelynek hatósugara akkori szemmel nézve szinte fantasztikus (50 km) volt. Az irodai adatfeldolgozás korszerűsítése számítógépek készítésével indult meg. Először a szemléleti akadályokat kellett leküzdeni: a szakemberek egy része idegenkedett a gépi számítások bevezetésétől, félve attól, hogy ez sok ember munkáját feleslegessé teszi. Idegenkedtek az űrlapok kitöltésétől is. Az új módszer bevezetésének megkönnyítésére olyan, a terepen kitölthető űrlapokat kellett készíteni, amelyek kitöltése nem okozott többletmunkát, és minimális irodai kiegészítés után az adatrögzítő csoporthoz kerülhettek feldolgozásra.

Az elmúlt évtizedben jelent meg a távmérő műszereknek az a típusa, amelyről a terepen mért és automatikusan regisztrált adatok azonnal a számítógépbe kerülhetnek feldolgozásra. Az UVATERV 1980-ban helyezte üzembe a WILD TC-1 TACHIMAT-ot (1. és 2. ábra). Ez a műszer teljesen automatizált, elektronikus érzékeli a vízszintes és magassági szökeket, infraszugárzás segítségével méri a távolságot. Pontossága 1000 méterig  $\pm 1$  cm, maximális mérőképessége 5000 m. A mérési adatokat egy kazettás magnetofon segítségével rögzíti és digitálisan is kijelzi. A műszerbe beépített mikroprocesszor vezérli a szög- és távolságmérést, valamint az adat-rögzítést, kiszámítja a vízszintes távolságot, a magasságkülönbséget, a koordinátákat és az abszolút magasságot. Tárolja a bebillyentyűzött adatokat és a kódolt információkat. A műszer rendkívül gyors terepi munkát tesz lehetővé. Egyetlen pont adatainak rögzítése mágnesszalagra 20 másodpercet vesz igénybe, így óránként 150–180 részletpont adatai rögzíthetők.

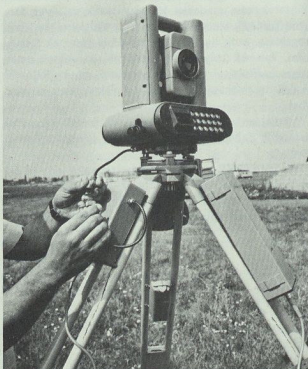
A műszer lehetővé teszi térképek készítését korszerű földi eljárással. Alkalmazásával mellőzhetők a költséges légi felvételek, hiszen a műszer nagy kapacitásánál és gyorsaságánál fogva kellő mennyiségű információ mérésére képes, amelyek felhasználásával a terephelyszínrajz, a rétegvonalak, a keresztelvények és a hossz-szelvények megrajzolhatók.

### A szakterület tervezési feladatai

Az UVATERV-ben folyó geodéziai tervezésnek általában három típusa van:

- térképszerkesztéshez háromdimenziós terepfelvétel,

1. ábra. WILD TC-1 tachimat



a megbízó ezeket a térképeket saját további tervezési munkáihoz használja fel;

- a már elkészült kiviteli tervek kitzési adatainak számítása és kitzése a terepen;
- kisajátítási célú terepfelvétel a vonalas létesítményeknél három különböző fázisban.

#### A geodéziai programok fejlesztésének története

Az első geodéziai számítógépes program 1968-ban készült. Az UVATERV-nek ebben az időben saját számítógépe nem volt, gépidőt bérelt egy GIER típusú számítógépen és Benson France rajzgépen. 1970-ig sikrajzi geodéziai számításokra készültek programok, amelyekkel a hosszú oldalú sokszögeléstől a pontfelrakásig minden munkát el tudunk végezni. Ez a programsomag tíz – önállóan is működtethető – programot tartalmazott. A maga idejében egyedülállóan korszerű volt, és mivel az országban nem volt hasonló, a nagy térképészeti vállalatok érdeklődését is felkeltette. Több ízben bemutatuk a Soproni Faipari Egyetemen végzős hallgatóknak és segítséget nyújtottunk a tanszék konkrét tudományos munkáinak számításában.

1970-től bővítettük programjainkat a tachimetrikus felvételek háromdimenziós számításával és rajzolásával. Ezekben az években jutott hozzá a vállalat az új, modernebb távmérő műszerekhez, amelyek konstrukciójukban különböztek az addigiaktól. Ezért a tachimetrikus értékelő programot az összes használatban lévő műszertípusra ki kellett dolgozni. A GIER gép elhasználódása miatt másik gépen kellett gépidőt bérelnünk. Erre a gépre, az ICL System 4–70-re és a kapcsolódó CalComp 563 rajzgépre az összes programot át kellett dolgoznunk.

1976-ban helyeztük üzembe saját ESZ 1020 B típusú számítógépünket, majd 1978-ban CalComp 9000 rajzgépünket, amelyekre a meglévő programokat újra át kellett dolgozni. Ez egyben a programok korszerűsítését is jelentette.

Az új számítási technika a szakemberek széles körében elfogadottá vált, jelenleg már a geodéziai munka el sem képzelhető számítógépes adatfeldolgozás nélkül.

A kis elektronikus zsebszámológépek megjelenésének időszakában vita folyt alkalmazási területeikről a tervezőmunkában. Azóta a vita nyugvópontra jutott. A nagy számítógép nagy tömegű adat folyamatos számítására alkalmas; különösen előnyös, ha több kapcsolódó munkafolyamat számítását lehet elvégezni, a számítás kezdetétől a végeredmékig. A kis zsebszámológépeknek létjogosultsága elsősorban a terepen van, ahol észlelés közben a szükségesség ellenőrző számolást vagy az alapadatok kiszámítását lehet elvégezni vele. Hasznosítható azokban az irodai munkákban is, ahol kis mennyiségű adata van gyorsan szükség, vagy olyan létfontosságú kezdő adatokat kell előállítani, amelyek a számítás menetében végig szerepelnek. Az UVATERV geodéziai osztályai már rendelkeznek a legmodernebb ilyen gépekkel és a hozzájuk tartozó programokkal.



2. ábra. Mérés a tachimattal

#### A geodéziai programrendszer

A geodéziai számítások programrendszere (a továbbiakban GETESZ) programsomagjai az UVATERV geodéziai feladataihoz készültek. A GETESZ három számítógépes programsomagot és egy rajzolóprogramot tartalmaz (3. ábra). A számítógépes programsomagok a következők:

- Sikrajzi geodéziai számítások;
- Tachimetrikus módszerrel mért pontok kiértékelése;
- WILD TC–1 elektronikus tachiméter mérési eredmények feldolgozása.

A programsomagok mindegyike több, egymáshoz tetszőleges sorrendben, láncszerűen kapcsolható számítógépes programsomagot tartalmaz. Mindegyik programsomaggal készíthető koordinátajegyzék a kiszámított pontokról. A koordinátajegyzéket a számítógép az OFTH által elfogadott formájú táblázatban kinyomtatja és a további feldolgozás céljaira mágnesszalagon rögzíti. A GETESZ rendszer programjaival a mágnesszalagról leolvasott koordinátajegyzékek alapján további számításokat lehet végezni: pl. tachimetrikusan mért részletpontszámítás eredményeképpen tárolt koordináták leolvasása után ortogonális kitzítés, numerikus területszámítás. Ez a mágnesszalagra rögzített koordinátajegyzék egybe a vonalas létesítményt tervező rendszerek (UTESZ, UKO, VAVTESZ stb.) „külső” adataira is.



A mágnesszalagról leolvasott koordinátajegyzék pontjait rajzolja fel a GETESZ rendszer rajzolóprogramja: a „Geodéziai felvétel alapján készített helyszínrajz gépi rajzolása”.

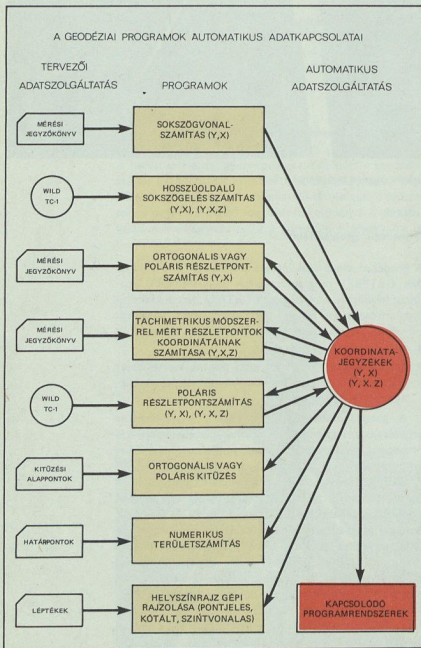
### Sikrajzi geodéziai számítások

A sikrajzi geodéziai számítások programjai – az háromszögelés kivételével – az összes vízszintes értelmű (Y, X) számítás elvégzésére alkalmasak. A programok a felmérési, a kitűzési és a kisajátítási munkáknál használhatók fel.

A programcsomag a következő számítóprogramokat tartalmazza:

- Irányszög- és távolságszámítás;
- Tájékozott irányérték számítása középtájékozási szög-  
gel;

3. ábra



- Sokszögvonal-számítás (hosszú oldalú sokszögvonal, kettősen tájékozott sokszögvonal, egyik végén tájékozott sokszögvonal, szabad sokszögvonal);
- Ortogonálisan bemért pontok koordinátáinak számítása;
- Polárisan bemért pontok koordinátáinak számítása;
- Elektrooptikai műszerrel polárisan bemért pontok koordinátáinak számítása;
- Ortogonális kitűzési adatok számítása;
- Poláris kitűzési adatok számítása;
- Numerikus területszámítás;
- Koordináta-átszámítás.

A programcsomag a következő segédprogramokat tartalmazza:

- Adatbevitel;
- Adott jelű pontok kihagyása;
- Koordinátajegyzék minden pontról;
- Koordinátajegyzék adott pontokról.

A programcsomag programjai a tervezés technológiai sorának megfelelően tetszőlegesen láncolhatók.

Az ortogonális és poláris részletpontszámító programok adatai a terepen kitöltött jegyzőkönyvek. A programok eredménytáblázatain minden jelölő adat (pontjel), mért adat (szögleolvasások, távolságok) és koordináta megjelenik. A mágnesszalagra rögzített koordinátajegyzék a további számoló- és rajzolóprogramok alapadata. Például az ortogonális és poláris kitűzéshez és a numerikus területszámításhoz az adatokat pontjeltől pontjelig történő hivatkozással jelölhetjük ki.

### Tachimetrikus módszerrel mért pontok kiértékelése

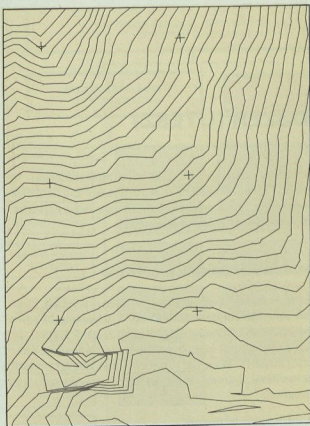
A tachimetrikus módszerrel mért részletpontszámító programok a pontok három koordinátájának (Y, X, Z) meghatározására használhatók. A programcsomag programjai az UVATERV-nél használatos összes műszer-típusra elkészültek, amelyek a következők:

- Dahlta-tachiméterrel mért pontok koordinátáinak számítása (360°);
- Szepessy-tachiméterrel mért pontok koordinátáinak számítása (360°);
- Irányszálas tachiméterrel mért pontok koordinátáinak számítása (360° és 400°);
- Teodolittal, magassági szög felhasználásával mért pontok koordinátáinak számítása (360°);
- Táv mérővel ellátott teodolittal különösen mért pontok koordinátáinak számítása (360°);
- Keresztelvény-terepadatok számítása.

A programcsomag a következő segédprogramokat tartalmazza:

- Adatbevitel;
- Adott jelű pontok kihagyása;
- Koordinátajegyzék minden pontról;
- Válogatott pontok koordinátajegyzéke.

A részletpont-számításhoz a bemenő adatokat itt is a terepen kitöltött jegyzőkönyvek alapján rögzítik. A programok eredménytáblázatain itt is minden jelölő és mért adat és számított koordináta megjelenik. A mágnesszalagra rögzített koordinátajegyzék további számító- és rajzolóprogramok alapadata.



4. ábra. Gépen készült szintvonalas helyszínrajz

#### WILD TC-1 elektronikus tachiméter mérési eredményeinek feldolgozása

A WILD TC-1 elektronikus tachiméter az általa mért adatokat (vízszintes szög, magassági szög, ferde távolság) és a műszerkezelők által kódolt információkat (álláspont, iránypont, részletpont, prizmagasság, állandósítás módja stb.) mágneskazettára rögzíti. Ez a mágneskazetta, illetve a belőle készített (konvertált) mágnesszalag tartalmazza a programcsomag programjainak bemenő adatait. Így a tervező mentesül a jegyzőkönyvvezetéstől, elmarad a nagy mennyiségű adatrögzítés. A programok adatlapon megadandó, lyukkártyára rögzítendő adatigénye minimális, az adatbevitelre és a programjelek megadására korlátozódik.

A programcsomag a következő számítási programokat tartalmazza:

- Hosszú oldalú sokszögelés számítása (kétkoordinátás és háromkoordinátás változatban,  $360^\circ$ -ra és  $400^\circ$ -ra);
  - Kitétetett poláris részletpont számítása (kétkoordinátás és háromkoordinátás változatban,  $360^\circ$ -ra és  $400^\circ$ -ra);
  - Poláris részletpontosítás (kétkoordinátás és háromkoordinátás változatban,  $360^\circ$ -ra és  $400^\circ$ -ra);
- A programcsomag a következő segédprogramokat tartalmazza:
- Adatbevitel (kétkoordinátás, háromkoordinátás, magassági);
  - Adott jelű pontok kihagyása;
  - Koordinátajegyzék minden pontról (kétkoordinátás és háromkoordinátás változatban);

- Koordinátajegyzék adott pontról (kétkoordinátás és háromkoordinátás változatban).

A számítóprogramok eredménytáblázatain minden regisztrált adat és számított koordináta megjelenik. A mágnesszalagra rögzített koordinátajegyzék itt is további számító- és rajzólóprogramok alapadata. Így pl. a WILD TC-1 programcsomagja által készített koordinátajegyzék leolvasása után a sikrájzi geodéziai számítások programjával numerikus területszámítás, ortogonális vagy poláris kitézés végezhető.

#### Geodéziai felvétel alapján készített helyszínrajz gépi rajzolása

A rajzólóprogram a három számítóprogram-csomag bármelyike által előállított koordinátajegyzékek pontjait ábrázolja helyszínrajzilag a tervező által kért léptékben. A tervező igényétől függően a pont jelét vagy a pont magasságát is fel lehet iratni (pontjeles vagy kóttált projekciós helyszínrajz). A rajzon a pontokon kívül érkesztek is megjelennek, ezek 10 cm-es négyzetrácsot alkotnak. A helyszínrajz kiegészíthető a tervező által előírt pontok összekötésével. Kívánságra a koordinátajegyzék alapján szintvonalas térkép is rajzolható (4. ábra). A szintvonalakat a program a kért szintközökben rajzolja meg, minden ötödik szintvonalra felírja a magasságot.

#### A GETESZ felhasználási területe

A geodéziai programrendszert használtuk az utóbbi években a nagyobb munkáknál: a Ferihegyi repülőtér alappontsűrítése, beruházási térképek és állapotterképek elkészítésénél, az M1, M3, M5 és M7 autópályák felmérési és kisajátítási munkáinál, valamint számos más, kisebb volumenű munka geodéziai számításánál. Rendkívül jó hatásokkal használtuk a számítógépet önálló, nagy geodéziai feladatinknál (záhonyi Tisza-híd, csepeli Szabadkikötő stb.), valamint külföldi munkáinknál (Garian város felmérése).

A GETESZ másik nagy felhasználási területe a vonalas létesítmények tervezéséhez szükséges terepadatok előállítása.

#### Fejlesztési elképzelések

Folyamatban van a geodéziai adattárolás korszerűsítése. A koordinátajegyzékeket mágnesszalag helyett közvetlen hozzáféréssű mágneslemezen fogjuk tárolni. Ezzel egyrészt gyorsítani tudjuk az adatok kikeresését, másrészt több koordinátajegyzék összevonásával nagyobb összefüggő területek térképkészítését tudjuk megoldani.

Tervezzük a teleshírvényi adatok gépi feldolgozását, a megvalósulási és törzshírvényi térképek gépi rajzolását. A fejlődő országokban végzett exportmunkáinknál gyakran van szükség olyan geodéziai módszerek alkalmazására is, melyekre hazai körülmények között nincs igény. Ezek számítástechnikai támogatásának megoldása ugyancsak a közejjövő feladata.

## AUTOMATIZÁLT ÜTTERVEZÉSI RENDSZER (UTESZ)

Az elektronikus számítógép úttervezésben való felhasználásának ötlete hazánkban 1964-ben merült fel először. (Az Európában addig elért eredményekről a Mélyépítéstudományi Szemle 1964. évi 10. számában jelent meg összefoglaló ismertetés.) 1965–1971. között az MTA Közlekedési Albizottsága munkájának keretében a BME Útépítési Tanszéke és az UVATERV kis kutatócsoportot szervezett. A cél 1965-ben még csak annak tisztázása volt, hogy perspektivikusan számolni lehet-e a magyar úttervezésben az elektronikus számítógépek hatékony alkalmazhatóságával, illetve remélhető-e magyar úttervező programrendszer kidolgozása (1. ábra). 1966-tól azonban már elkezdték az UTESZ 1. kidolgozását. A kutatásokról évente jelentés készült.

### Az úttervező programok kifejlesztése az UVATERV-ben

ÉVEK	SZERVEZETI KERET	SZÁMÍTÓGÉP ES PROGRAMNYELV	EREDMÉNY
1964			ÖTLET
1965–1971	KUTATÓ-CSOPORT	GIER ALGOL	UTESZ 1. KIADÁS
	1970		
1972–1976	ONÁLLÓ OSZTÁLY AZ UVATERV-BEN	ICL SYSTEM 4/70 CALCOMP 563 ALGOL KÉSŐBB FORTRAN IV	UTESZ 2. KIADÁS
1977–1980	SZÁMÍTÓ-KÖZPONT AZ UVATERV-BEN	ESZ 1020 B CALCOMP 9000 EMG 666 FORTRAN IV	UTESZ 3. KIADÁS

1. ábra

Az UVATERV 1970. március 1-ével szervezett Számítástechnikai osztályának keretében az úttervezési programok továbbfejlesztését ugyanazok végezték, akik a munkát megkezdték. A programok második kiadása készült ekkor, részben a gyakorlatban szerzett tapasztalatok, részben pedig az eddig bérelhető számítógépről más számítógép bérletére való áttérés miatt.

1977. január 1-ével az UVATERV felállította a Számítógépközpontját. A rendelkezésre álló géppark az eddig meglévő programok átdolgozását igényelte, így került sor az úttervezési programok harmadik kiadásának kidolgozására. Ebben a kiadásban természetesen újra figyelembe

vettük az addig szerzett gyakorlati tapasztalatokat, továbbá a Számítógépközpontban rendelkezésre álló hardwareszközöket. Ez a programrendszer már teljes egészében automatikus adatkapcsolatokra épül.

### Az úttervezés feladatai és termévelelté

Az úttervezés – a céljainak megfelelően – nemcsak magának az útnak megtervezéséből áll. A teljes (tágabb) értelemben vett úttervezés feladatait a 2. ábra mutatja be. Az ábrán látható, hogy a szűkebb értelemben vett úttervezés mellett – az esetek zömében – más szakági tervezők bevonásával, három csoportba sorolható tervezést kell elvégezni:

#### • Előkészítő tervezések.

Ezek olyan tervezési munkák, amelyek önmagukban nem valamilyen építmény tervei, hanem alapadatok az út, illetve a vele kapcsolatos építmények tervezéséhez.

#### • Kiegészítő építmények tervezése.

Olyan építmények tervei, amelyek magának az útnak részeiként az út feladatának betöltését segítik elő.

#### • Érintett létesítmények tervezése.

Olyan építmények bontási, átalakítási vagy pótlási tervei, amelyek funkciója független az új úttól, de annak létrehozása miatt van szükség a beavatkozásra.

#### • Főtervezés.

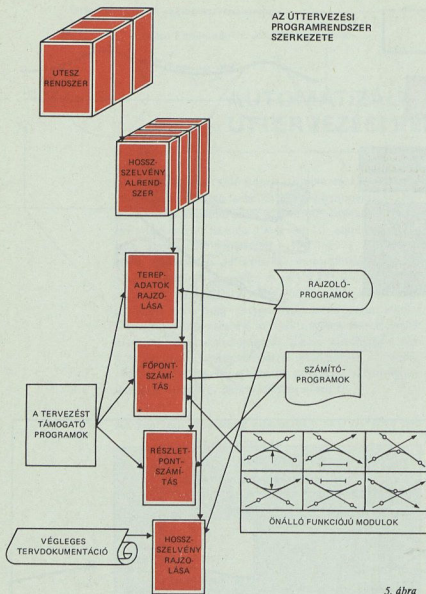
Ezeknek a tervezéseknek egymással és a szűkebb értelemben vett úttervezéssel való összehangolása képezi az úttervezőnek a főtervezési feladatait.

Az úttervezés programrendszere a szűkebb értelemben vett úttervezési feladatokat oldja meg. Az előkészítő tervezéseknél, a kiegészítő és érintett létesítmények tervezésénél is használnak azonban számítógépprogramokat.

Az előkészítő tervezésnél lehetővé kell tenni, hogy a számítógépprogram eredményét az úttervező programrendszer automatikusan – mágnesszalagról – át tudja venni. A hazai gyakorlatban egyelőre csak a geodéziai eredményeket vesszük át automatikusan.

A kiegészítő építményeknek bele kell illeszkedniük az útépítménybe, ezért az úttervező programrendszer részben kiinduló adatokat ad a tervezéshez, részben azokból részleteket meg is old. Ilyenek például a keresztmetszámítások a hid-adatszolgáltatáshoz vagy a keresztmetszvény tervezése során az üzemeltető létesítmények földmunka-platójának tervezése stb.





AZ ÜTTERVEZÉSI PROGRAMRENDSZER SZERKEZETE

5. ábra

felületébe. Az úttengelyt a helyszínrajzon és a hossz-szelvényen sík vetületben vonalként, a kereszt-szelvényeken pontként, a térgörbe dőféspontjaként ábrázoljuk.

A 4. ábra mutatja, hogy az úttervezési programrendszer kidolgozásánál egyes szabványosító kérdéseket úgy kell eldönteni, hogy a döntésnek szubjektív elemei is vannak, de ez így van más szakterületek programjainak kidolgozásánál is.

#### Az UTEZ programrendszer szerkezete (5. ábra)

Programrendszernek nevezzük azoknak az alrendszereknek az összességét, amelyek között adatkapcsolatok vannak.

Az alrendszer azon programok összessége, amelyek egy programrendszer részeként egy meghatározott műveletet (pl. helyszínrajz) készítését segítik elő.

Az alrendszerek belül programok készülnek, amelyek a tervezési munka egyes tevékenységét oldják meg számítással, vagy jelenítik meg rajzban.

A programok tartalmaznak olyan modulokat, amelyek önálló programoknak is tekinthetők és a tervezési munka egy-egy elemi tevékenységét oldják meg.

Eredményeiket (output) tekintve a programok ugyan-csak két csoportba tartoznak:

- számítóprogramok;
- rajzolóprogramok.

Tervezési céljunktól fogva a programok szintén két csoportra oszthatók:

- tervezés közben használt programokra;
- tervdokumentációk készítéséhez is használt programokra.

Az UTEZ programrendszer alrendszereit és programjait a 6. ábra sorolja fel. Az út három metszetében történő tervezését a HELYSZÍNRAJZI, a HOSSZ-SZELVÉNY-, és a KERESZTSZELVÉNY-alrendszerrel végezzük. Ezekre az alrendszerekre jellemző, hogy a metszet minden részletére kiterjedő számítóprogramokat tartalmaznak és olyan rajzolóprogramokat, amelyek felépítésüknél fogva mind a tervekészítés, mind a tervdokumentáció-készítés időszakában segítik a tervezőt. Az egyes részletek megoldására több lehetőség közül is választhat a tervező. Ez a részletgazdag és egyben modul rendszerű megoldás tette lehetővé, hogy az úttervező rendszer a többi vonaláslétesítmény-tervező programrendszer alapján képezze, így a vasútvonal-tervezés, a metróvonal-tervezés, de még szállítószalag vonalvezetésének tervezése esetén is.

A három metszetet csak az adott térbeli helyzet ismeretében lehet megtervezni. Ezt a térbeli helyzetet a TEREPADAT-alrendszer rögzíti, amely az út építése előtti terep térbeli helyzetét terapeadatok formájában beviszi az úttervező rendszerbe. Az ebben az alrendszerben kifejlesztett programok mind a földi, mind a légi felmérés (mágnesszalagon rögzített) eredményét képesek feldolgozni. Az alkalmazott számítási módszerek terepkereszt-szelvényeket és terephossz-szelvényt állítanak elő – a választott felmérési módszertől függően – vagy a tervezendő út kereszt-szelvényében, vagy a tervezendő út sávjában felvett terapeadatok alapján. Az utóbbi módszer numerikus terepmodell néven ismert. Előnye, hogy a tervezendő út tengelyének változtatásával nem szükséges a terepfelmérést megismételni, célszerű alkalmazásához azonban akkora területű terapeadatait kell felmérni, amekkorán a tervezendő út elvileg áthaladhat.

A három metszetben tervezett út tervét forgalomtechnikai szempontból értékelni kell. Ezt a feladatot végzi el a VONALVEZETÉS ELLENŐRZÉSE alrendszer. Az út nyomvonalának keresése során a lehetséges helyeken műszakilag és forgalomtechnikailag azonos értékű útterveket – változatokat – dolgoznak ki, amelyeket gazdasági összehasonlítás útján értékelnek. Ezenkívül a kiválasztott változat helyén a véglegesen megtervezett út költségeit pontosan ki kell számítani. A gazdasági értékelés és költségszámítás egy részéhez nyújt segítséget a FÖLDMUNKAMENNYISÉGEK ÉS -ELOSZTÁS alrendszer.

Végül a KITÜZÉSI alrendszer azokat a programokat foglalja össze, amelyek a terv megvalósításához szükséges

# AZ UTESZ PROGRAMJAI ÉS A TECHNOLÓGIAI SOROK KIALAKÍTÁSA

## HELYSZINRAJZI ALRENDSZER

1.1	ÜTTEGELV HELYSZINRAJZI FŐPONTBÉRI TÁR
1.2	ÜTTEGELV HELYSZINRAJZI KÉRELETPONTBÉRI TÁR
1.3	VONALAS LÉTESÍTMÉNYEK KÉRELTÉSDÖRFÉNYEK BÉRI TÁR
1.4	VONALAS LÉTESÍTMÉNYEK KÉRELTÉSDÖRFÉNYEK BÉRI TÁR
1.5	ÜTTEGELV HELYSZINRAJZI BÉRI TÁR
1.6	HELYSZINRAJZI BÉRI TÁR

## TEREPRADI ALRENDSZER

2.1	HOBBSZ- ÉS KÉRELTÉSDÖRFÉNY TEREPRADIAS HOBBSZ- ÉS KÉRELTÉSDÖRFÉNY TEREPRADIAS HOBBSZ- ÉS KÉRELTÉSDÖRFÉNY TEREPRADIAS
2.2	BÉRI TÁR HOBBSZ- ÉS KÉRELTÉSDÖRFÉNY TEREPRADIAS HOBBSZ- ÉS KÉRELTÉSDÖRFÉNY TEREPRADIAS

## HOBBSZ-SZELVÉNY ALRENDSZER

3.1	HOBBSZ-SZELVÉNY TEREPRADIAS BÉRI TÁR
3.2	PÁLYABÉRI FŐPONTBÉRI TÁR
3.3	PÁLYABÉRI KÉRELETPONTBÉRI TÁR
3.4	HOBBSZ-SZELVÉNY BÉRI TÁR
3.5	OPTIMÁLIS HOBBSZ-SZELVÉNY TERVEZÉS

## VONALVEZETÉS ELLENŐRZÉSE ALRENDSZER /OPTIMÁLIS KÉRELSZÉRE/

4.1	PERMÉTT/ KÉP BÉRI TÁR
4.2	HEMIZIADIAS BÉRI TÁR
4.3	LÁTOGATÁS BÉRI TÁR

## KÉRELTÉSDÖRFÉNY ALRENDSZER

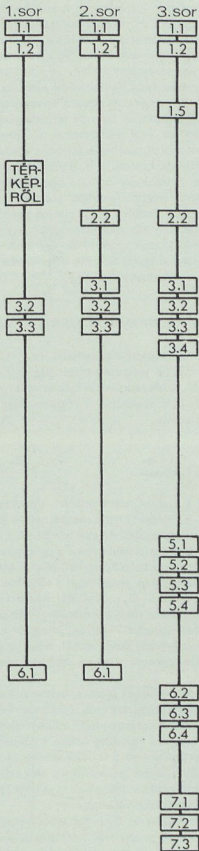
5.1	ÜTTEGELV BÉRI TÁR VONALAS FŐPONTBÉRI TÁR
5.2	ÜTTEGELV BÉRI TÁR VONALAS KÉRELETPONTBÉRI TÁR
5.3	KÉRELTÉSDÖRFÉNY BÉRI TÁR
5.4	KÉRELTÉSDÖRFÉNY BÉRI TÁR

## FÖLDHUNKAMENYISÉGEK ÉS ELDSZTAS ALR

6.1	ELDSZTAS FÖLDHUNKAMENYISÉGEK BÉRI TÁR
6.2	FÖLDHUNKAMENYISÉGEK BÉRI TÁR
6.3	ELDSZTAS FÖLDHUNKAMENYISÉGEK, FELDÖLET BÉRI TÁR
6.4	FÖLDHUNKAMENYISÉGEK ELDSZTAS BÉRI TÁR

## KITÖZÉSI ALRENDSZER

7.1	BÉRI TÁR BÉRI TÁR
7.2	FÖLDHUNKAMENYISÉGEK BÉRI TÁR
7.3	KITÖZÉSI BÉRI TÁR BÉRI TÁR
7.4	KITÖZÉSI BÉRI TÁR BÉRI TÁR



adatok terepre való visszaviteléhez a számításokat és rajzokat szolgáltatják. Ennek az alrendszernek különös jelentőséget ad, hogy segítségével a terv készítése során az adatbázisban összegyűjtött adatokból olyan – eddig nem alkalmazott – tervrészletet tudnak készíteni, amely a tervek egyszerű és pontos értelmezését könnyíti meg. Ennek a tervrészletnek, különösen az exportmunkáknál – amelyeknél nincs mód konzultációra a kivitelezővel –, igen nagy jelentősége van.

Egy tervezési fázis elkészítésénél azonban nem használunk minden programot, csak a tervezés technológiai sorában kijelölteket. A *tervezés technológiai sora* alatt értjük tehát azt – a rendelkezésre álló programokból összeállított – sort, amelyet a tervező a konkrét esetben egy tervfázishoz használ. A 6. ábrán három változatot is találunk. Például egy műszaki tanulmánytervhez felhasználható tervezéstechnológiai sor lehet az 1. sor. A 2. ennél részletesebb technológiai sor a műszaki tanulmánytervhez, ami már megfelelhet egy kevésbé részletes engedélyezési tervnek is. A 3. sor egy konkrét eset: az algériai (Tiaret megyei) 220 km úttervezéshez használt technológiai sort ábrázolja.

## AZ UTEZ PROGRAMRENDSZER KIFEJLESZTÉSE

Amint már a történeti áttekintésnél írtuk, 1966–1980 között az UTEZ programrendszer három kiadását fejlesztették ki. A következőkben egészen rövid jellemzését adjuk az 1. és 2. kiadásnak és részletesebben foglalkozunk a 3. kiadással.

### Az UTEZ 1. kiadása

Az UTEZ 1. kiadása ezen a területen úttörő munka volt hazánkban. Kezdetben nem is szándékoztunk teljes programrendszert kidolgozni. Az első feladat, amit megoldotunk, egy koordinátarendszerben egy egyes kezdőpontjától megadott távolságban lévő pontok koordinátáinak meghatározása. A programban a síkgeometria összefüggéseit használtuk. Ilyen, ma már rendkívül egyszerű feladaton elindulva több évi munkával fejlesztettük ki az 1. kiadást, amelyben – úttörő jellegéből következően – mind úttervezési szempontból, mind programozástechnikai szempontból akadtak nehézkes rész megoldások is.

GIER gépen béreltünk gépidőt. A programnyelv Algol, az adathordozó nyolccsatornás lyukszalag volt. A 7/a ábrán látható a programrendszer működésének sémája.

Minden program egyedileg futott. Lyukszalagról vittük be a programot és a tervező adatlapján megadott inputot is lyukszalagra lyukszalagoltuk. Meg kell jegyezni, hogy az adatelőkészítést már ekkor is az UVATERV saját lyukszalaglyukszalagolója végeztük.

A tervező részére az outputot gyorsnyomatón kaptuk, a következő programnál használható információit pedig lyukszalagon. Ezeket a később felhasználható output-lyukszalagokat mi tároltuk. Egy-egy egyedi program futását úgy készítettük elő, hogy a program lyukszalag-

ját, a manuális input lyukszalagját és az előző programok output-lyukszalagját egy erre rendszerezett papirtaszkba összegyűjtve küldtük el a számítóközpontba.

### Az UTEZ 2. kiadása

A GIER gép elhasználódása miatt más gépen kellett gépidőt biztosítani. Így jutottunk az ICL System 4/70 számítógéphez használatához. Itt át lehetett térni a FORTRAN IV. programnyelv használatára is, továbbá mód nyílt egy kis teljesítményű rajzgépen – a CalComp 563 típuson – kísérletezésre is.

Minthogy az áttérés miatt a programokat át kellett dolgozni, az átdolgozásnál figyelembe vettük az addig szerzett gyakorlati tapasztalatokat is. A programrendszer 2. kiadásának sémája a 7/b ábrán látható.

Az UTEZ 2-nél áttértünk a 80 pozíciós lyukkártya-adathordozóra. A programok üzemeltetése itt is egyedileg történt lyukkártyáról, esetleg már disc-ről. A további programoknál felhasználható output-információ mágnesszalag-adathordozóra került (a kísérleti rajzolásoknál is). Már szükség volt azonosító bevezetésére is, hogy a mágnesszalagról soros kereséssel a megfelelő információ kikérhető legyen.

### Az UTEZ 3. kiadása

A Számítóközpont új üzembe helyezésével a programokat ismét át kellett dolgozni, amelynek során már sokkal nagyobb gyakorlat és hosszú kutatási munka eredményeit vehettük figyelembe. A programrendszerhez felhasználható géppark: ESZ 1020 B számítógép, 7,25 Mbyte tárolókapacitású cserélhető disc-ek, CalComp System 9000 rajz gép.

Az UTEZ 3. működésének sémáját a 8. ábra mutatja be.

Ez a programrendszer megvalósítja az automatikus kapcsolható műszaki tervezést. Erre lehetőséget adnak:

- a programkönyvtár szerkezete;
- az egyszerűsített információállásban adatbázis kialakítása;
- az alkalmazott matematikai módszerek.

A fentiek ismertetése előtt röviden összefoglaljuk az automatikus műszaki tervezés fogalmát.

A műszaki tervezés szakemberei automatikus műszaki tervezés (AMT) összefoglaló névvel nevezik azokat a tervezéseket, ahol a munkában elektronikus számítógépet használnak fel. A pontosság kedvéért meg kell jegyezni, hogy az elektronikus zsebszámológépek használatát még nem soroljuk ide.

Önmagában még az elektronikus számítógépek használata nem automatikus műszaki tervezés. Az automatikus műszaki tervezés kifejezés egy olyan folyamatot jelöl, amelyben az elektronikus számítógép és egyéb kiegészítő gépek (ezek egy része ugyancsak tartalmaz elektronikát) segítségével a teljes műszaki terv, mint termék, megtervezett automatikus kapcsolatokban jön létre. Minthogy azonban az automatikus kifejezést már lefog-

lalták, ezért megkülönböztetésül a ténylegesen automatikus tervezés folyamatát *automatikus kapcsolati műszaki tervezésnek* nevezzük.

### A programkönyvtár szerkezete

A programkönyvtár egy levehető disc-en van, amely tartalmazza a teljes UTE SZ programrendszert. Ki kell azonban hangsúlyozni, hogy ez a programkönyvtár csak együtt használható. Elvi felosztását a 8. ábra szemlélteti.

A 6. ábrán felsorolt programok mindegyikének van egy főprogramja, további nyolc tipizált szegmense, ezek a következő programlépések:

1. lépés: a tervezői adatok beolvasása és visszaírása;
2. lépés: ellenőrzés, hogy az automatikus információellátásból az adatok rendelkezésre állnak-e; logikai adatellenőrzés;
3. lépés: az adatellenőrzés eredményének visszaírása;
4. lépés: számítás és belső ellenőrzés;
5. lépés: számítás eredményeinek megjelenítése (táblázat, rajz);
7. lépés: tárolás az automatikus információellátásban;
8. lépés: a belső ellenőrzés eredményének kiírása.

Bár a programlépések formatizáltak, mindegyik programban egyedileg készültek. A disc-en a programkönyvtár részeként van még egy modulkönyvtár is. A modulokat valamennyi program felhasználja, és az 5. vagy 7. programlépés-szegmens hívja be azokat.

Természetesen az egyes programok futása során a programlépések ismétlődnek.

Meg kell még jegyezni, hogy az egyes programokhoz is készültek modulok, amelyek magán a programterületen vannak elhelyezve.

A programok ilyen szerkezete kettős célt szolgál:

– A programozói munka meggyorsíthatóságát, pontosítását, szétoszthatóságát, az overlay szerkezetek alkalmazását és összességében memóriatakarékos megoldást tesz lehetővé.

– Megkönnyíti az elvi tervezői munkát. A tervezői adatszolgáltatást két ok miatt kell korrigálni:

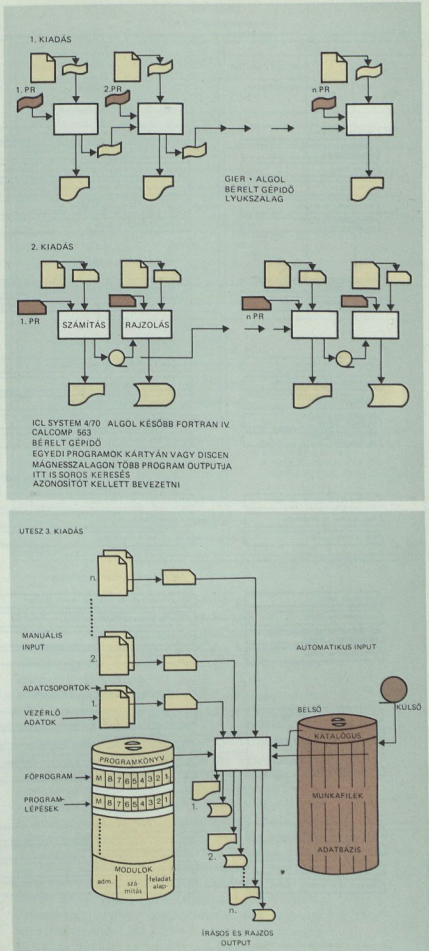
- véletlenszerű ok (elmérés, elgépelés stb.) miatt, ezt szolgálják az 1–4. lépések;
- koncepcionális ok miatt, azaz más terváltozatot kíván a tervező. Ebben ad segítséget az 5. lépésbe beépített belső ellenőrzés és ennek a 8. lépésben történő közlése.

Ugyancsak a programok általános szerkezetéhez tartozik az *egységes jelölési rendszer*, amely megkönnyíti a karbantartásokat, bővítéseket és a programozói munka megosztását. Emiatt és a más gépre történő könnyebb adaptálhatóság érdekében a standard Fortran IV. utasításokat engedjük meg és a gépi reprezentációk specialitásának elkerülését írtuk elő.

A *modulkönyvtárban* elhelyezett modulokat három osztályba soroltuk:

- alapfeladat-megoldó (25 db);
- számítási részletmegoldó (29 db) és
- adminisztratív modulokra (10 db).

7.–8. ábra. Az UTE SZ kifejlesztése







A tervező a számítógépnek ad (input), illetve a számítógéptől kap (output) információt. A rendszer felépítéséből ez a rész érdekli őt a legjobban, mert a terv készítésénél czekekkel dolgozik. A rendszer többi része annak hibátlan működését és hatékonyságát biztosítja.

Az információellátás megszervezése, egységessé tétele ugyanakkor megkívánja a tervezőtől az újszerű munkát. A tervezőnek alkalmazkodnia kell ugyan a programokban rögzített lehetőségekhez, de egyben lehetőséget kap a tervezés adatainak teljes és sokszempontú áttekintésére. Ezt megtanulni, a lehetőségekkel élni teljesen új szemléletmódot kíván.

Az ütteverző programrendszerekben az információkat a következőképpen csoportosítottuk:

- manuális adatszolgáltatásra, ami lehet
  - vezérlő és
  - csoportos
- automatikus adatszolgáltatásra, ami lehet
  - külső és
  - belső
- eredmények, amik lehetnek
  - írásosak és
  - rajzosak.

#### Manuális adatszolgáltatás

Manuális adatszolgáltatást csak ott engedünk meg, ahol a tervezőnek nem automatizálható döntést kell hoznia. vagy újabb adatokat kell a tervezés további folyamatahoz megadnia.

A *vezérlő* és a *csoportos* adatok különválasztása tette lehetővé, hogy a tervező „urálja” a program működését. Könnyen áttekintse a program különböző szolgáltatásaira vonatkozó választási lehetőségeket. A vezérlő adatok közé az alábbi adatfajtákat soroljuk:

- azonosító adatok (pl. a tervezett útszakasz neve);
- hivatkozó adatok (az automatikus input-output azonosító);
- a felhasználás módját megválasztó adatok;
- nyelvválasztó kód (magyar, angol vagy francia);
- méretre (csoportos adatok mennyiségére, a rajzméretre, a méretarányra) vonatkozó adatok.

A csoportos adatok szerkezetének megtervezésénél a legnehezebb feladat azoknak az ismérveknek a megtalálása, amelyek az adatok szétválasztását, illetve az adatcsoportok automatikus kapcsolását teszik lehetővé. A szétválasztás két szempontja:

- műszakilag (elsősorban tervezői, esetleg programtervezői szempontból) indokolt legyen;
- a csoportos adatok mennyisége az egyszerre reálisan feldolgozható szakasz paramétereinek feleljen meg.

#### Automatikus adatszolgáltatás

Az automatikus adatszolgáltatás technikai megvalósítását az teszi lehetővé, hogy cserélhető disc-en egy-egy tervezendő útvonal részére file-okból adatbázist alakítottunk

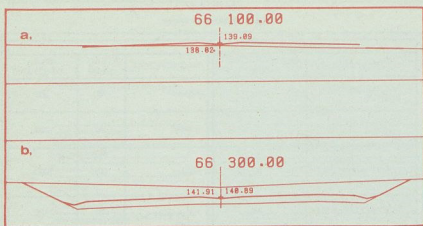
FILE		RECORD		
MEGNEVEZÉSE	MAX. TÁROLHATÓ DB	MEGNEVEZÉSE	ÁTLAG-SZÁM	MAX. DB-SZÁM
HELYSZINRAJZI FOPONT	100	Főpont	40	200
PALYASZINT FOPONT	40	Főpont	40	200
ÚTPALYAOLDAL-ESÉSVISZONYOK FOPONT	20	Főpont	600	1000
KERESZTSZELVENY	20	Részletpont Korona Vízvezetés Részű Földmunka- szint méret	70	1400
POLIGON SAROK-PONTOK	200	Töréspont	40	200
FILE-SZERVEZÉS: NEM EGYSZERŰEN ELŐ- ALLITHATÓ ADATOK FOKOZATOS FELEPITES KÜLÖNBÖZŐ PROGRAMOKBÓL JÖL ELÉRHETŐ LEGYEN – TERMVÜVELETENKÉNT – ADATFAJTÁNKENT FILE-OK ELÉRÉSI MODJA: MUNKAFILE-OK: VELETLEN KATALÓGUSFILE-É: SOROS		RECORDS-SZERVEZÉS: RENDEZÉSI ELVEK: • ÖSSZETARTÓZÓ ADATOK • MÁTRIX-SZERŰ TÁROLÁS TARTALOM • AZONOSÍTÓ ADATOK • MEGKÜLÖNBÖZTETŐ ADATOK • MERETADATOK • MERTEKADATOK • BELSŐ LOGIKAI KAPCSO- LATTÓL TOBBLET INFORMÁCIO		

9. ábra

ki (9. ábra). Külső automatikus információellátásnak nevezzük, amikor más programrendszer eredményeit mágnesszalagról visszük az adatbázisba. Az UTEZ rendszerben egyelőre a geodéziai adatokat visszük mágnesszalagról az adatbázisba.

A belső automatikus információellátás megszervezésénél a nagyobb adatcsoportok (file-ok) és a kisebbek (recordok) képzésekor az alábbiak szerint járunk el.

Az UTEZ rendszer ötféle munkafajl-lal dolgozik (9/a ábra). A munkafajl-okra hivatkozás egy katalógusfile-on keresztül történik. Ennek segítségével tudja a számítógép a megfelelő file-t kikeresni. A katalógusfile soros elérésű, a munkafajl-ok véletlen elérésűek. Egyfajta file-ból több is van egyidejűleg az adott mágnesslemezen. Mind a programokkal egyszerre feldolgozható útszakasz hosszához tartozó méretkorlátozásokat, mind a különféle file-ok egy disc-en tárolt mennyiségét úgy határoztuk meg, hogy egyszerre 15 km út terve biztosan elkészíthető. Az egyes file-ok mérete dinamikus (bizonyos határok között) változtatható, így egy mágnesslemeze több útszakasz terve is elhelyezhető. Az 1. ábra felvilágosítás ad az egyes file-okban tárolható adatok mennyiségéről.



10. ábra. A rajzok szerkezete

a) Törédkes keresztiszelvény (tervezés közben használatos);

b) Teljes keresztiszelvény (tervszállíthatóság használatos)

Alapvető tárolási elvként érvényesítettük, hogy csak a nem egyszerűen újra előállítható adatokat kell tárolni. Törekedtünk arra, hogy a file-okból képzett adatbázis fokozatosan felépíthető, és a file-ok a különböző programokból jól elérhetők legyenek. File-képzési szempont volt továbbá, hogy terműveletként (pl. helyszínrajz) alkossunk file-t. A terműveleteknél a tárolás nem ismétlődik, ahhoz a terműveletfile-hoz tároltuk az adatokat, ahol azokra közvetlenül szükség van, de innen a másik terművelethez is elérhetők. A terműveletenkénti tárolás alól kivétel, hogy mindenfajta sarokpontot mint azonos adatfajtát gyűjtöttünk egy file-ba.

A recordok felépítésénél a legfontosabb szempont az összetartozó adatok egybeentartása (például egy ponthoz, egy keresztiszelvényhez tartozó adatok). Tekintettel arra, hogy a programok vektor-analízissel dolgoznak, törekedtünk a mátrixszerű tárolásra. A recordokban azonosító adatokat (például adott koronaszakasz burkolt vagy nem), méretadatokat (például hány töréspontból áll a bal oldali részsű), mértékadatokat (például mennyi az adott tengelypont „x” koordinátája) tárolunk. A recordok elrendezésével az adatok között belső logikai kapcsolatot is megvalósítottunk. Így például a számítógép képes a részsűpontok közül a részsűlábpontot kikeresni, minden külön – a részsűlábpontra vonatkozó – azonosító alkalmazása nélkül.

A belső automatikus információállítás adatait, az adatbázist, az egyes programok maguk állítják elő. Ezeket az adatokat a tervezőnek részletesen nem kell ismernie, csak azt kell tudnia, hogy a gép tárolta-e őket. Ha a tárolás megtörtént, a számítógép a feldolgozás eredményeinek közlése végén ezt az *eredményt tárolt* megjegyzéssel nyugtázza.

#### Eredményszolgáltatás

A tervező részére az adott programból közvetlenül felhasználható adatokat a számítógép eredménytáblázatok vagy rajzok formájában közli. Az eredmény – output – táblázatok szerkezetét is egységesítettük. Az azonos jellegű adatokat egy táblázatban szerepeltettük. A tábláza-

tok fejrovtában azonosítók találhatók. Az eredményeket a választott nyelven rövid szöveggel jelöljük meg. A mértékegységet minden esetben feltüntettük. A sorok és oszlopok szerinti tagolás a terművelet természetes kívánalmához alkalmazkodik. Az elrendezésben az „előre-mutatás” elve érvényesül, azaz ha egy adat két sorhoz tartozik, akkor az az első sornál jelenik meg. (Például az első sorban van a körív első pontja, a második sorban a körív második pontja; a körív sugara az első sorban jelenik meg.)

Az ellenőrzéseket és figyelmeztető jelzéseket (belső ellenőrzés után) tartalmazó táblázatokban az észlelt jelenségre utaló szövegen kívül helymegjelölés is található.

A rajzos output szerkezetének egységesítésénél az UTESZ rendszer többelvi felhasználhatóságából adódó szempontok voltak mértékadóak. Így a rajzos output különböző terfvajtákhöz (autópálya, új út, útkorszerűsítés tervezéséhez), különböző terfvázisokban és többféle szabványhoz igazodóan alkalmazható. Mivel a számítástechnikai eszközök segítségével a tervező fokozatosan készíti el a tervet, a rajzos output szerkezetében a rajz fokozatos felépítésének elvét érvényesítettük, így be nem fejezett, „törédkes” rajzok megjelenítésére is alkalmasak (10. ábra). Végül a rajzokat olyan megjelenítési formában (formátum, vonalelrendezések) szerkesztettük, hogy közvetlenül továbbfeldolgozhatók (sokszorosíthatók) legyenek.

#### A matematikai modell jellemzői

A programrendszer az úttervezési gyakorlatban megszokott számítási módszerektől eltérő elvek alapján dolgozik. Ezeket az alábbiak szerint foglalhatjuk össze:

- A geometriai feladatokat vektor-analízissel oldja meg.
- Közelítő képlet helyett a programrendszer
- explicit megoldóképletet vagy
- iteráló eljárást használ.
- A tervezői rutindöntéseket
- Boole-algebra alkalmazásával vittük a programokba és
- bonyolult esetekben döntési táblákat alkalmaztunk, hogy egyetlen lehetséges eset számbavétele se maradjon el.
- A célnak megfelelően a matematika újabb területeit vontuk be az úttervezésbe:
- a legkisebb négyzetek módszerét pl. a terepkeresztiszelvény egyszerűsítésére az előzetes földmennyiség-számításhoz, vagy a spline meghatározását a vonalvezetés-tervezés alkalmazásához és a
- matematikai programozás témakörébe tartozó operációkutatási módszereket, például módosított szállítási feladatot a földmunka-elosztás optimális tervezéséhez.

#### Alkalmazások

A programrendszert úgy fejlesztettük ki, hogy a hazai és az exporttervezésneknél egyaránt alkalmazható legyen.

1981-ben több mint 400 km út tervének különböző fázisaihoz használtuk az úttervező programrendszert, így például Algériában, Tiaret megyében 220 km út korsze-

rűsitéséhez. Ezekből a tervekből mutatunk be elektronikusan számított és rajzolt hossz-szelvényt és kereszt-szelvényeket a 11. és 12. ábrán.

Ahol lehet, ott a költségvetések készítését is a számítástechnika alkalmazásával segítjük. Így a magyar nyelvű költségvetések készítéséhez az ÉGSZI ÉKN-en alapuló programjait használjuk, a francia nyelvű költségvetésekre pedig Számítóközpontunk EMG-666 típusú gépére fejlesztettünk ki programokat.

#### A továbbfejlesztés lehetőségei

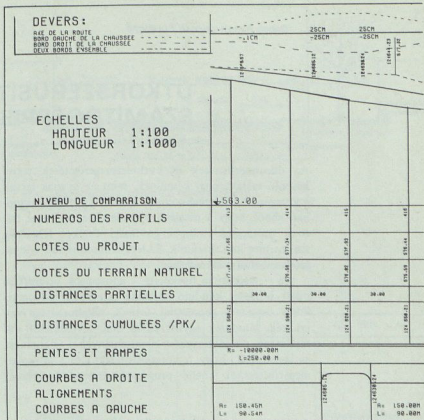
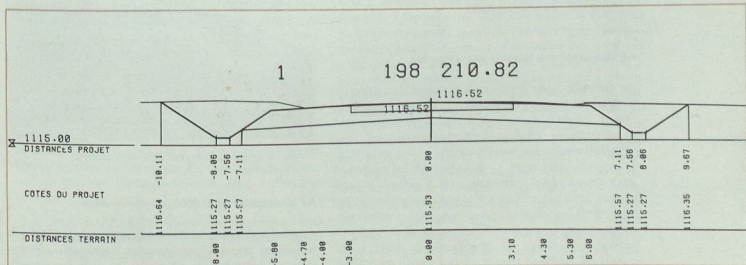
A meglévő programok választékát tovább lehet növelni ugyanarra a feladatra adandó újabb és újabb megoldási módszerek bevezetésével. Ilyen tendenciákat a külföldi programrendszerek fejlesztésében is találhatunk.

A következő nagy lépés lesz a rendszer interaktívvá tétele, ha az UVATERV is rendelkezni fog a megfelelő gépi eszközökkel az ember és a gép közvetlen kapcsolatát megteremtő interaktív tervezéshez.

A tervezés sorrendjében haladva az interaktív tervezésnek először a terpadat-alrendszer alkalmazásánál lenne jelentősége. Csak példaképpen említjük, hogy egy 10 km-es út tervezésénél több mint 10 000 (!) tereppont koordinátájával kell a tervezőnek dolgoznia. A gépi tervezés indulásakor ellenőrizni, hogy ezek az adatok helyesen kerültek-e gépbe. Erre eddig is fejlesztettünk ki különféle ellenőrzési módszereket, de használatuk még mindig munkaerő-igényes. A tervező ma is a gépbe vitt adatok grafikai megjelenítése alapján tudja legkönnyebben az adatok hibáit kiszűrni, de az interaktív technikával ez a munka (10 km-es útnál) 1–2 hétről 1–2 napra csökkenthető.

A nagy koncepcionális döntéseknél is szerepe lehet az interaktív módszereknek, ugyanis a vonal mind a három metszetében és perspektívájában egyidejűleg megjeleníthető. Ezek az eredmények a mai adatbázison alapuló tervezési eljárással is megkaphatók, a különbség abban van, hogy a tervező időben elválasztva jut hozzájuk, és így értékelő gondolkodásában is óhatatlanul törés keletkezik.

12. ábra. Algériai úttverv géppel rajzolt kereszt-szelvény-részlete



11. ábra. Algériai úttverv géppel rajzolt hossz-szelvény-részlete

Bár az alrendszer szoros logikai és adatkapcsolatban vannak a részletes tervezésben, mégis időben elhúzódva követik egymást. Az interaktív eszközökkel a tervező egy-egy útmetszetet bármikor összefüggésében értékelhet. Itt nem a koncepcionális szempontokkal, hanem a terv részleteinek kidolgozásával foglalkozik. A munkaerő- és időmegtakarításon túlmenően, a koncepcionális változat mellett, már ezek a jobb mini-variánsok is lényeges anyag- és energiamegtakarítást eredményezhetnek a tervekben.

Az interaktív rendszerre való áttérés fogja jelenteni az UTESZ rendszer negyedik kiadását.

## ÚTKORSZERŰSÍTÉSEK TERVEZÉSE SZÁMÍTÓGÉPPEL

Az útkorszerűsítések és burkolatmegerősítések tervei hasonló tartalommal készülnek, mint az új utak tervei. Lényeges tervezéstechnológiai különbség adódik azonban abból, hogy a meglévő burkolatok és az úthoz tartozó műtárgyak műszaki-gazdasági értékét lehetőség szerint meg kell őriznünk. Ez legszembetűnőbb a településeken belüli utak esetében.

Az — elsősorban burkolati — adottságok megtartása miatt részletes kiinduló adatokra és ezekhez alkalmazkodó összetett geometriai formák alkalmazására van szükség. Mindezek együtt az új utak tervezésétől sok részletben eltérő tervezési követelményeket jelentenek, és indokolják, hogy a korszerűsítéseket és a burkolatmegerősítéseket önálló programrendszerrel tervezzük.

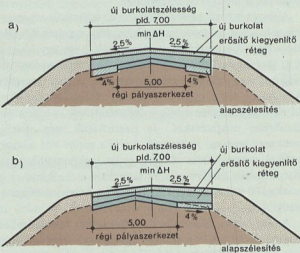
### A tervezés induló adatainak követelményei

A megtartandó burkolatokból, műtárgyakból és egyéb részletekből adódó kötöttségek már az előkészítés során is jóval több számításgényes, pontos geodéziai munkát, részletes burkolatszerkezet- és közműfeltáró tevékenységet követelnek meg, mint amire az új utak tervezésénél szükség van. Mindezekhez sokféle mérési eszköz és módszer eredményeinek egyeztetése, a növekvő közúti forgalom miatt egyre gyakoribb közvetett mérési eljárások és transzformációk járulnak. A megtartandó régi burkolatszerkezet megerősítésénél, kiegészítésénél minden centiméternek jelentős költséghatása van, ezért pl. a légi fotogrammetriai eljárással elérhető  $\pm 4-7$  cm magasságmérési pontosság az útkorszerűsítéseknél nem kielégítő a hossz- és keresztszelvények tervezéséhez, így a nagyobb pontosságot adó földi mérési eljárásokkal készülnek az útkorszerűsítések adatfelvételei.

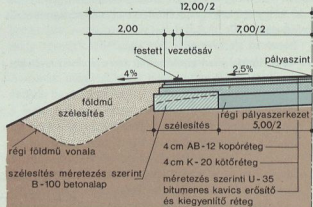
### Az útkorszerűsítés-tervezés jellegzetessége

Az optimális hossz-szelvény kiválasztásánál az útkorszerűsítések esetében az egyik legfontosabb szempont, hogy ahol a tervezett út szalagja a régi burkolaton marad, a méretezésből adódó pályaszerkezet-erősítésen felüli anyagfelhasználás a minimális legyen. Ahol a helyszínrajz új nyomon vezet, vagy a régi burkolatot valamilyen ok miatt nem kívánjuk megtartani, ott a műszaki követelmények betartása mellett a földmunka mennyiségét kell minimumra csökkenteni. A hossz- és keresztszelvény optimumának kereséséhez szükséges számítások jelentős munkát igényelnek, és időigényességük miatt a kézi számítással általában nem is adták a remélt eredményt.

Az útkorszerűsítések műszaki és gazdasági optimumának elérését valójában a számítástechnika alkalmazása teszi igazán lehetővé, hiszen segítségével a megfelelő számú vizsgálatot és közelítést el tudjuk végezni. (Az 1., 2. és 3. ábra a meglévő és a tervezett pályaszerkezetnek a követelmények számításba vétele melletti kölcsönhatását szemlélteti. Az ezekkel összefüggő hossz-szelvény-vázlatot a 4. ábra tünteti fel.)



1. ábra. Útkorszerűsítés pályaszerkezetének elvi vázlata



2. ábra. Jellegzetes útkorszerűsítési kereszt-szelvény külső szakaszon

### Az útkorszerűsítési (UKO) programrendszer

Azoknál a tervezési feladatoknál, amelyeknél a meglévő burkolatot meg kell vagy érdemes megtartani, a hossz-szelvény tervezésében jelentős az új utak tervezésétől



AZ UTORSZERZESITESI TERVEZŐ (UKO) RENDSZER ES AUTOMATIKUS ADATKAPCSOLATAI

ADATKAPCSOLATOK  
KÉSZÜLTÉSEI  
VAGY  
KÉSZÜLTÉSEI  
FELVÉTELE

TERVEZŐI ADATSZÖVEG

PROGRAMOK

HELYSZINRAJZI ALRENDSZER

VONALTERVEZÉS ADATAI
TERVEZÉSI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI
ELEMEK ADATAI
ELEMEK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
TERVEZÉSI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI

1.1	UTERVELY HELYSZINRAJZI FOPONTBEMTARAS
1.2	UTERVELY HELYSZINRAJZI KEZELTPOINTBEMTARAS KIUTESZES
1.3	VONALAS LETERTRENYEK KEZELTPOINTBEMTARAS
1.4	VONALAS LETERTRENYEK KEZELTPOINTBEMTARAS RAJZOLAS
1.5	UTERVELY HELYSZINRAJZI RAJZOLAS
1.6	HELYSZINRAJZI RAJZOLAS

TEREPAJZI ALRENDSZER

TEREPAJZI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI
TEREPAJZI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI
TEREPAJZI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI

2.1	BEMTARAS UTERTRENYEK TEREPAJZI TEREPAJZI ES A HELYSZINRAJZI TEREPAJZI TEREPAJZI
2.2	UTERTRENYEK TEREPAJZI TEREPAJZI
2.3	TEREPAJZI TEREPAJZI TEREPAJZI ES A HELYSZINRAJZI TEREPAJZI TEREPAJZI

HOSSZ-SZELVENY ALRENDSZER

SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
VONALAS ADATAI
TERVEZÉSI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI
TERVEZÉSI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI
FOGALMAS VONALAS ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
TERVEZÉSI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI
TERVEZÉSI TERVEZÉSI ADATAI KÉRDÉSEK ADATAI

3.1	HOSSZ-SZELVENY TEREPAJZI RAJZOLAS
3.2	KEZELTPOINTBEMTARAS
3.3	TÖRZSITTEZT HOSSZ-SZELVENY RAJZOLAS
3.4	FALRAJZI TEREPAJZI RAJZOLAS
3.5	FALRAJZI FOPONTBEMTARAS
3.6	FALRAJZI TEREPAJZI RAJZOLAS
3.7	HOSSZ-SZELVENY RAJZOLAS
3.8	OPTIMALIS HOSSZ-SZELVENY TERVEZES

VONALVEZETES ELLENŐRZÉS ALRENDSZER  
FOPONTBEMTARAS KEZELTPOINTBEMTARAS

JELLENŐRZÉS KEZELTPOINTBEMTARAS ADATAI
VONALVEZETES ES JELLENŐRZÉS ADATAI
VONALVEZETES ADATAI

4.1	PERKÉPES KEZELTPOINTBEMTARAS
4.2	KEZELTPOINTBEMTARAS
4.3	LETERTRENYEK KEZELTPOINTBEMTARAS

KEZELTPOINTSZELVENY ALRENDSZER

ADATKAPCSOLATOK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
ADATKAPCSOLATOK ES ADATKAPCSOLATOK KÉRDÉSEK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
ADATKAPCSOLATOK ES ADATKAPCSOLATOK KÉRDÉSEK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI

5.1	UTERVELY ALKALMAS VONALAS FOPONTBEMTARAS
5.2	UTERVELY ALKALMAS VONALAS KEZELTPOINTBEMTARAS
5.3	UTERVELY FOPONTBEMTARAS
5.4	UTERVELY KEZELTPOINTBEMTARAS
5.5	TEREPAJZI ALKALMAS VONALAS ES KEZELTPOINTBEMTARAS
5.6	TÖRZSITTEZT KEZELTPOINTSZELVENY RAJZOLAS
5.7	KEZELTPOINTSZELVENY RAJZOLAS
5.8	KEZELTPOINTSZELVENY RAJZOLAS

MENNYISÉGEK ES ELŐZÉS ALRENDSZER

JELLENŐRZÉS KEZELTPOINTSZELVENY ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI
SZÁMZÁRÓADATOK ADATAI

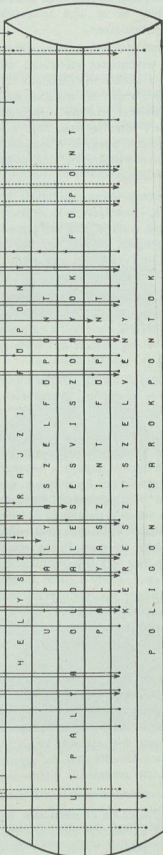
6.1	ELŐZÉS FOLGAMUTAS
6.2	FOLGAMUTAS
6.3	ELŐZÉS FOLGAMUTAS, FELDOLGAS
6.4	FOLGAMUTAS ELŐZÉS

KITÖZESI ALRENDSZER

ALKALMAS ADATKAPCSOLATOK
ADATKAPCSOLATOK ADATKAPCSOLATOK
ADATKAPCSOLATOK ES ADATKAPCSOLATOK
ADATKAPCSOLATOK ES ADATKAPCSOLATOK

7.1	ALKALMAS ADATKAPCSOLATOK
7.2	FOLGAMUTAS ADATKAPCSOLATOK
7.3	KITÖZÉS ADATKAPCSOLATOK
7.4	KITÖZÉS ADATKAPCSOLATOK

A ----- JELLENŐRZÉS ALKALMAS VONALAS



*sített meghatározása*" című program az előző feladaton kívül bármilyen részből képes új pályaszintet szerkeszteni.

Az előző eljárással számított új pályaszint a viszonylagosan jó hossz-szelvényű utaknál már általában elfogadható pályaszintet ad, ha azonban a kedvezőtlen hossz-szelvényi adottságok miatt a pályaszintet módosítani kell, ez többféleképpen végezhető el. Az előbbi módon nyert pályaszintet kiinduló magasságként vehetjük figyelembe, és a hagyományos hossz-szelvény-lekerekítő számítási eljárásokkal vagy úgynevezett „simuló görbék” alkalmazásával hozhatjuk alkalmasabb formába. E programok egymás után alkalmazásával optimális pályaszintet tudunk tervezni.

A *VONALVEZETÉS ELLENŐRZÉSE* alrendszer az UTE SZ-ben és az UKO-ban azonos.

A *KERESZTSZELVÉNY*-alrendszerben – az útkorszerűsítés sajátos követelményei következtében – az UTE SZ-től eltérő programokat is ki kellett fejleszteni. Így a korszerűsítésnél jelentkező pályaszélesítési és túlemelési feladatok megoldására az *útpályaszél fő- és részletpont-számításához* és az *útpálya-oldalesés főpont-számításához* is új programra volt szükség. Az optimális pályaszint kikereséséhez fejlesztettük ki az *„Egyszerűsített oldalesés és burkolatszél meghatározása”* és a

*„Torzított kereszt-szelvény rajzolása”* című programokat. Szükséges továbbá az UTE SZ *„Kereszt-szelvény számítása”* című programjának olyan átalakítása, amely a *MENNYISÉGEK* és *ELOSZTÁS alrendszer* részére olyan adatok előállítását teszi lehetővé, amelyek speciálisan korszerűsítésnél jelentkezőnek.

A *MENNYISÉGEK* és *ELOSZTÁS alrendszer* nagyrészt azonos az UTE SZ alrendszerével, azonban az *„Egyéb földmennyiségek és felületek számítása”* című programot az útkorszerűsítési követelményeknek megfelelően változtatni kell.

A *KITŰZÉSI alrendszer* az UTE SZ és az UKO rendszerben azonos.

#### Fejlesztési célkitűzések

Az UKO programrendszer valamennyi elemét vállalatunk munkatársai dolgozták ki. A programrendszer egyes elemeit már évek óta alkalmazzuk, és a teljes rendszer kidolgozásának befejezése folyamatban van. Ezt követően bővíthetjük az egyes feladatokhoz kidolgozott megoldások választékát, és ha a megfelelő hardware is rendelkezésünkre fog állni, átalakíthatjuk a rendszert interaktívra.

Az M1–M7 autópálya közös szakasza korszerűsítés után





## VASÚTTERVEZÉS ELEKTRONIKUS SZÁMÍTÓGÉPPEL

A kiugró minőségi változásokat általában a mennyiségi határok kimerülése szokta előidézni, így volt ez az UVA-TERV vasúttervezési gyakorlatában is. Az elmúlt huszonöt évben a közlekedési ágazat vasúttervezési igényét vállalatunk minden esetben ki tudta elégíteni, a Sfax—Tripoli közötti 500 km hosszú vasútvonal 1977-ben pályázat útján elnyert tervezési megbízása viszont olyan feladat elé állított bennünket, amit csak létszám-átcsoportosítással és munkánk hatékonyságának lényeges növelésével tudtunk megoldani.

A vasútvonal (mint általában minden nyomvonalas létesítmény) tervezése egy terephez igazodó vonal különböző szabványok és szabályzatok szerinti térbeli vezetése, amely három síkban történik: helyszínrájon, hossz- és kereszt-szelvényeken. A sokrétű tényezők következtében több változatot kell kidolgozni és kiértékelni ahhoz, hogy a nyomvonal a legkedvezőbb legyen, ehhez azonban a koncepcionális szellemi munka mellett sok rutin-számításra és rajzolásra van szükség. A fejlődés útja a rutin jellegű számítási és rajzi munkák és a koncepcionális munka szétválasztása, továbbá a rutinmunka gépesítése a lehetőségek határáig. Ezt a Sfax—Tripoli közötti vasút tervezése során sikerült megoldani, sőt a kidolgozott számítógépprogramok, illetve azok rendszere egy teljes körű vasútvonal-tervezési rendszernek teremtették meg az alapját.

### A gépi feldolgozás előkészítése

A líbiai—tunéziai 500 km-es vasútvonal tervezésének előkészítése egybeesett az R—20 számítógép üzembe helyezésével, így már számítani lehetett a saját gép nyújtotta előnyökre. Csak korlátozott mértékben számíthatunk azonban a rajzgépre, hiszen akkoriban csak külső központokban bérelt gépen tudtunk rajzoltatni, és az elérhető gépek teljesítménye meglehetősen alacsony volt. A feldolgozást tehát úgy kellett előkészítenünk, hogy lehetőleg írott és nem rajzolt formában készüljenek az egyes munkarészek, ehhez a megbízó is hozzájárult. Változatlanul követelmény maradt azonban, hogy a tervdokumentáció arab, francia és angol felirattal lássuk el, ezért azokat a programokat, amelyek eredményei a tervdokumentáció részei lettek, úgy terveztük, hogy e három nyelven előrenyomtatott fejléccé leperorellóra szolgáltatassanak eredményt. Ezek az apró szervezési eljárások a tervdokumentáció összeállításában jelentős egyszerűsítéseket tettek lehetővé.

A rendkívül nagy mennyiségű geodéziai adat hibátlan és gyors feldolgozása előfeltétele volt a vonaltervezési feladatok végrehajtásának. Ezért a terepi felmérésekhez

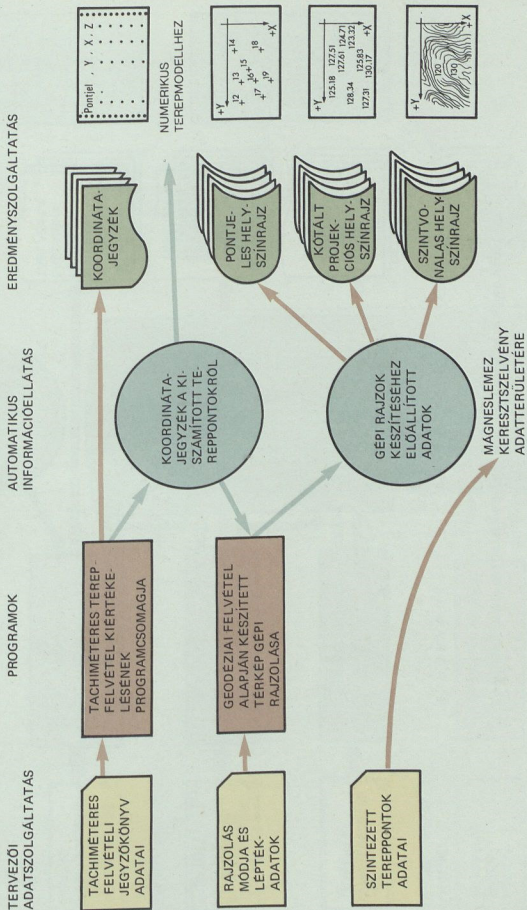
speciális, kétpéldányos jegyzőkönyvet szerkesztettünk, amely egyben a gépi számítás bizonylata lett; a helyszínen (Budapesttől több ezer km távolságban) ki lehetett tölteni, és egyik példányát biztonságosan haza lehetett küldeni a gépi feldolgozóshoz.

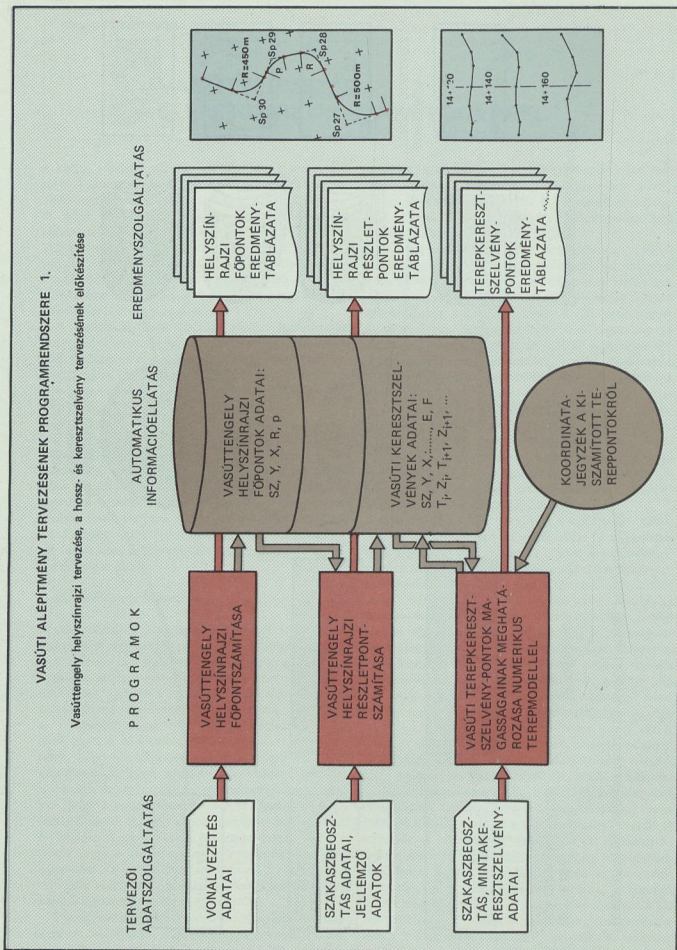
A rendkívül rövid idő miatt és az előbbiekben vázolt körülmények mellett a gépi feldolgozáshoz szükséges programokat csak azért lehetett elkészíteni, mert a geodéziai programokat a saját számítógép üzembe helyezésének idejére már átírtuk az R—20 számítógépre — gépóraberlet igénybevételevel —, és ugyancsak átírtuk már R—20 gépre az UTE SZ programok számítási részeit, amelyek minden vonalas létesítményt tervező programrendszer alapját képezik. Bár a számítórészek jórészt rendelkezésre álltak, mégis tetemes programozói munkát kellett végezni a fenti követelményeknek megfelelő input és output kialakítása érdekében.

A programokat rendszerre kapcsoltuk össze. Mivel az úttervező programokhoz képest egyszerűbb adatstruktúrákkal kellett dolgoznunk, az automatikus információellátás módszerét itt módunkban állt kedvezőbb körülmények között kipróbálni.

Számítanunk kellett arra, hogy a vasúttengely vonalvezetése az építési terv készítése során is módosulhat még, ezért nem volt elegendő a terepet kereszt-szelvény-szerűen felvenni, azután kizárólag ezekkel a terepkérszt-szelvényekkel számolni, hanem gondoskodni kellett olyan számítási módszer alkalmazásáról, amely az egyszer felvett terpadatok és a vonalvezetés adatai alapján újra és újra elő tudja állítani az elmozgatott tengelyhez tartozó terepkérszt-szelvényeket. Programozástechnikailag is igen jelentős volt, hogy a digitális terepadatok nem ismert eljárású módunkban állt kísérleteket végezni, mivel itt hosszú, összefüggő tervezési szakasz állt egyszerre rendelkezésünkre. A digitális vagy numerikus terepadmodell néven ismert eljárás lényege, hogy a terepet valamilyen, a terpadottságok által meghatározott léptékű, szabályos vagy szabálytalan hálózat pontjaiban méri fel, majd a helyszínrájjal ismert és magasságilag meghatározni kívánt pont (tengelypont, kereszt-szelvénypont) magasságát egy olyan felületen keresik, amelyet az ismert (felmért) pontokból képeztek. A kísérletek eredményeként azt tapasztaltuk, hogy a módszer pontosságát nem annyira a közelítésre alkalmazott felület befolyásolta, mint az ismeretlen magasságú pont „környezetébe” tartozó, a közelítő felület számításában részt vevő pontok kiválasztása. A sik felülettel végzett közelítés gazdaságos programfutási időket eredményezett, így ezt a modellezési módszert választottuk.

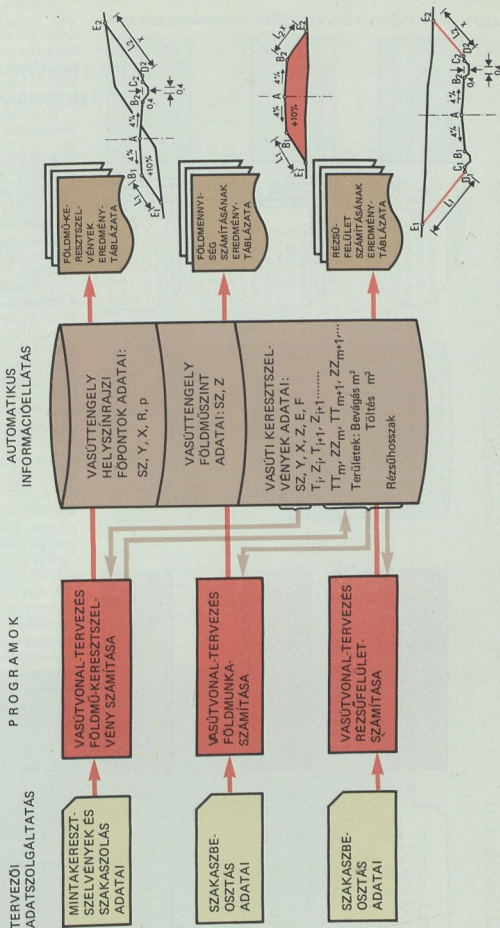
TEREPADATOK MEGHATÁROZÁSA VASÚTI VONALTERVEZÉSHEZ



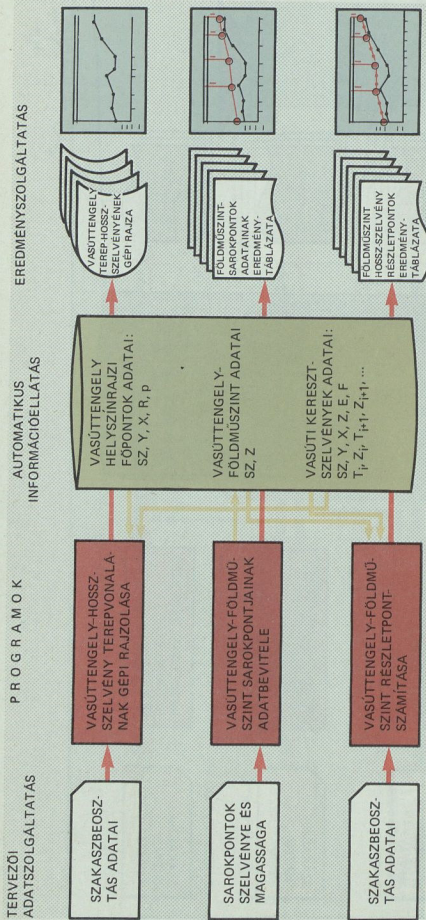


### VASÚTI ALÉPÍTMÉNY TERVEZÉSÉNEK PROGRAMRENDSZERE 3

Vasútvonaltervezés földmű-keresztmetszely, földmunka és rézsűfelület számítása



## VASÚTI ALÉPTÍMÉNY TERVEZÉSÉNEK PROGRAMRENDSZERE



Ugyancsak ennél a munkánál próbáltuk ki első ízben nagy tömegben a gépi keresztzelvény-számítás módszerét. Bár az egyéb vonaltervezési feladatokhoz képest lényegesen leegyszerűsített körülmények között végeztük a számításokat, az itt nyert tapasztalatokat később például az útkeresztzelvények számításánál is hasznosíthatjuk.

A feldolgozáshoz használt geodéziai és vonaltervezési programokat, ezek kapcsolatait, input- és outputját az 1., 2., 3. és 4. ábra mutatja.

A programrendszer a következő feladatokat végzi el:

- számítja, kiértékeli a geodéziai felvételeket, és alap térképet szolgáltat a tervezéshez;
- számítja a tervező által grafikusán meghatározott helyszínrajzi és hossz-szelvény-adatokat, ezeket eredményjegyzéken rögzíti;
- a helyszínrajzi, hossz-szelvény- és terepadatokból kiszámítja a keresztzelvények kontúr vonalát, területét és részűsségét;
- földtömeget számít.

Az építési tervet megelőző tervfázisok során jelentős segítséget nyújtott a vonalvezetés értékelésében a vasúti menetdiagram-számító program, amely a tervezett pályán egy adott vasúti szerelvény futását számolja a vonat mozgását leíró differenciálegyenlet megoldásával.

## A feldolgozás menete

Rendkívül pontos és összehangolt munkára volt szükség ahhoz, hogy a gépi feldolgozáshoz rendelkezésünkre álló nagyon rövid idő alatt valamennyi számítást elvégezhessünk. A számítógépes tervezési módszereket oktattuk, konzultációkat tartottunk, ahol a különleges tervezési esetek részletkérdéseit is megbeszeltük. A tervezők és a Számítógépszint között egy összekötő koordinálta a munkát.

A nagy mennyiségű feldolgozást nem tudtuk teljes egészében saját számítógépünkön elvégezni, ezért egyes szakaszokat bérlet gépidőben, a mi programjainkkal és programüzemeltetésünkkel az ÉGSZI R-20-as gépein dolgoztattunk fel.

## Fejlesztési tervek

Az UVATERV a hazai vasúttervezéseknek nem profilgazdája, bár számos belföldi vasúttervezési munkánk is van. Bővíteni szeretnénk viszont exporttervezéseink körét, ezért az újabb számítástechnikai lehetőségek felhasználásával a programrendszer továbbfejlesztését tervezzük.

A meglévő programok outputját átalakítjuk, hogy a hazai és az exportmunkákhoz egyaránt alkalmas legyen. Az automatikus adatkapcsolatot kiegészítjük a gépi rajzoláshoz szükséges adatokkal, a rendszer rajzolóprogramokkal bővítjük. Az inputokat úgy alakítjuk át, hogy a katalógusszerűen tárolt adatokkal is tudjanak a programok dolgozni. A meglévő programok mellé újabb, a vasúti tervezéshez célszerűen és az eddigiekkel alternatív módon használható programot dolgozunk ki.

## SZÁMÍTÓPROGRAMOK A HÍDTERVEZÉSBEN

A technikai fejlődés mind nehezebb feladatok elé állítja a statikus tervezőket, különösen a hídszerkezetek számításában, ahol a szerkezet erőjátékának pontosabb figyelembevételét, az építőanyagok gazdaságos kihasználását ma már csak a számítástechnika széles körű alkalmazásával lehet elérni.

Az erőtanai számítások ismert, logikailag szorosan egymáshoz kapcsolódó lépések sorozatából állnak, így gépesíthetőek, sőt jellegzetesen „gépre való” feladatok. Természetes volt tehát, hogy a hatvanas évek közepétől, amikor hazánkban is kezdett tért hódítani a számítástechnika, az elsők között a hídtervezésbe vonult be.

A gépi számítás első alkalmazására a pozsonyi Duna-híd tervezésénél került sor. A ferdekábeles, sokszorosan határozatlan acélszerkezet számítása – nehezítve azzal, hogy a kikötések alakváltozása miatt a feltételei egyenletrendszerek nem lineárisak – olyan hatalmas feladatot jelentett a tervezőknek, hogy szinte rákényszerültek a gépi számítás alkalmazására. Az áttérés az első időszakban sok nehézséggel járt. A hagyományos kézi számítás megoldási módszereit a programok matematikai modelljének kidolgozásához közvetlenül nem lehetett felhasználni, meg kellett keresni az elektronikus számítógép adottságainak legjobban megfelelő megoldást.

A hídtervezésben is távlati cél olyan komplex számítási programok kidolgozása, melyekkel egy hídszerkezet teljes számítása elkészíthető. A számítási eredményeket úgy kell rögzíteni, hogy azok az ellenőrzés és az építés során közvetlenül felhasználhatók legyenek.

A komplex számítási programok megvalósításáig

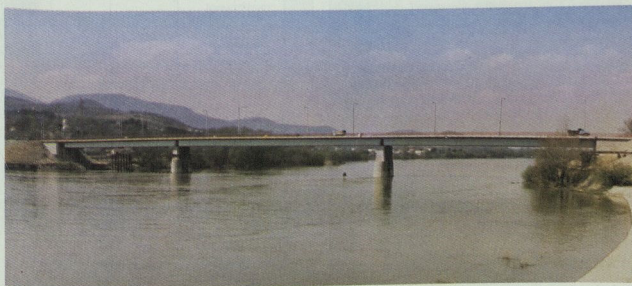
hosszú az út. Először olyan programokat készítettünk, amelyek kisebb részfeladatok megoldására önállóan használhatók, és továbbfejlesztve, később egy közös programba összekapcsolva komplex feladatok megoldására is alkalmazhatóak.

A számítástechnika addig megoldhatatlan statikai modellvizsgálatokat tett lehetővé, így a szerkezetek erőjátékát valósághűbben tükröző modelleket tanulmányozhatunk; nem okoz gondot a statikailag sokszorosan határozatlan szerkezetek számítása és a végtelen szabadságfokú szerkezetek differenciálmódszeres vagy végelelem-módszeren alapuló megoldása sem. Korszerű programjaink mindkét módszert alkalmazzák.

A szerkezet statikai vázának valósághű megalkotása mellett a számítástechnika lehetőséget adott a konstrukciós kialakítás, az építési technológia, (és ami rendkívül fontos) a szerkezet anyagának pontosabb figyelembevételére. E statikai „finomodások” eredményeként a mai tervező sokkal megbízhatóbban ismeri a szerkezet erőjátékát.

A kidolgozott statikai programok módszer-, illetve szerkezetorientáltak. A módszerorientáltak általában valamilyen statikai módszert teljességében használnak fel, a módszer valamennyi lehetőségét megvalósítva. Ilyen például az síkbeli keretek vizsgálatára készített program, amely a közismert rúdmodell mozgásmódszeren alapuló megoldása. Ezek a programok egyrészt a végelelem-módszer miatt, másrészt mert általános esetekre készültek, nagyon adatigényesek. Ugyanakkor a hídtervezők egy másik speciális igénye a mozgó teher hatásának vizsgálá-

*A táhtótfalui Kis-Duna-híd*



HÍDFELSZERKEZETEK

SZERKEZET	ACÉL		EGYÜTTDOLGOZÓ ACÉL-BETON		BETON	
	FESZÍTETT	●	FESZÍTETT	●	FESZÍTETT	FESZÍTETT
LEMEZ	IZOTROP	●		●		●
	ORTOTROP	●		●		●
GERENDA	RÜDSZERKEZET					
	CSAVARÓMEREV RÜDSZERKEZET					
GERENDA RÁCS	IZOTROP					
	ORTOTROP					
KERET	LEMEZ	●		●		●
	GERENDA	●		●		●
	VEGYES	●	●	●		●
IV	KÉTCUKLOS					
	BEFOGOTT	●				
	LANGER					
KÁBEL	FÜGGŐ		●		●	●
	FERDE		●		●	●
RÁCSOS	CSUKLOS					
	MEREV CSOMÓPONT					

KIDOLGOZOTT PROGRAM

TÁVLATI IGÉNY

-RÖVIDTÁVÚ IGÉNY

GYAKORLATILAG NINCS RÁ IGÉNY

1. ábra

2. ábra

KERESZTMETSZET-VIZSGÁLATOK

SZERKEZET	SZÁMÍTÁS		
	KERESZTMETSZET- ADATOK	MÉRETEZÉS, ELLENŐRZÉS	EGYEB
VASBETON			●
ELŐREFESZÍTETT VASBETON			FOFESZÜLTÉG
UTOFESZÍTETT VASBETON			KÁBELGEOMETRIA
			FESZÜLTÉGVESZTÉSE
			FOFESZÜLTÉG
ACÉL-VASBETON EGYÜTTDOLGOZÓ			●
VASBETON-VASBETON EGYÜTTDOLGOZÓ			●
FESZÍTETT VASBETON-VASBETON EGYÜTTDOLGOZÓ			●
ACÉL			GERINCLEMEZ- HORPADÁS

lata, és ez a végelem-módszerrel célszerűen nem való-  
sítható meg.

Hídtervezési gyakorlatunkban terjednek a szerkezet-orientált programok, amelyek a leghatékonyabb gépi segítséget adják. Ezek is általában valamilyen végelem-módszeren alapulnak, amelyet szűkíteni és specializálni az adott szerkezet típusra. Ezekkel a programokkal az adott szerkezet típus teljes erőtaní számítását elvégezhetjük, és továbbfejlesztve, kiegészítve újabb funkciókat ellátó programokkal, mint például a rajzolás, fokozható a szerkezet típus tervezésének gépesítési szintje. Olyan komplex rendszerek létrehozása a célunk, amelyek a tervezés legnagyobb részében (nemcsak az erőtaní számításban) segítik a tervezőt.

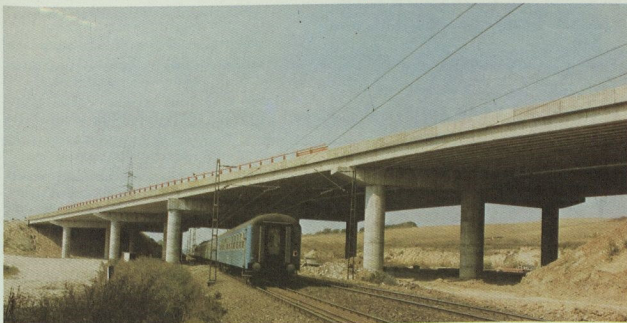
A kiegészítő funkcióknak a rajzoláson túl két jellegzetesen elkülönülő része az adatelőkészítés és az eredménykiértékelés gépesítése. A módszerek adatigényességét már említettük, ehhez az építési technológiák és egyéb hatások figyelembevételét jelentő adatok is járulnak. Például egy szabadon szerelt átlagos híd adatigénye 12-15 ezer szám. Ezek előállításában, ellenőrzésében nélkülözhetetlen a gépi segítség, de legalább annyira a hihetetlenül sok eredmény értékelésében, a szélsőértékek (igénybevételek, feszültségek, deformációk) kikeresésében, vagyis ezt a folyamatot is gépesíteni kell.

Távlati elképzeléseink szerint újabb szerkezet típusok programrendszerét alakítjuk ki. Ezeket az elképzeléseket kívántuk szemléltetni a mellékelt ábrákon, amelyek bemutatják hídtervezési gyakorlatunkat, ábrázolják programellátottságunkat és jelzik a fejlesztési irányokat. A jövőben áttérünk az interaktív tervezési módszerekre.

3-4. ábra

GERENDAHIDAK ÉPÍTÉS ALATTI ÁLLAPOTA

FELSZERKEZET	IGÉNYBEVÉTEL	ALAKVÁLTOZÁSOK
SZAKASZOSAN BETONOZOTT		
ELŐREGYÁRTOTT SZABADON SZERELT		
FOLYTATÓLAGOS BEHOZÁSSAL SZERELT		
FERDEKÁBELES SZABADSZERELÉS		
RÁCSOS SZERKEZET SZABADSZERELÉS		
ALEPÍTMÉNY		
SZERKEZET	SÍKALAP	CŐLÓPALAP
SÖLYGTÁMFAL		
SZÓGTÁMFAL		
KITÁMASZTOTT HÍDFŐ		
PILLER		



A bagi völgyhid

Az interaktivitásnak elsősorban az adatelőkészítésben és az eredménykiértékelésben van rendkívüli lehetősége, hiszen a gépi számítás átfutási idejét a töredékére csökkentheti. A számítástechnika és a programfejlesztés természetesen követi a hídtervezés fejlődésével együttjáró igényeket is. Az út- és autópálya-hálózat gyors ütemű fejlesztésével párhuzamosan megnövekedett a hídépítési igény is. E követelménynek a tervezésben és a kivitelezésben is csak úgy tudunk eleget tenni, hogy a kis nyílásoktól a legnagyobbakig típustechnológiákat alakítottunk ki; ezekhez a gyártás és az építés feltételei adottak, az építés gazdaságos, a megvalósítás időszükséglete jó szervezés mellett elérheti a nemzetközi szintet. Ez a típusfejlesztési munka a tervező, a gyártó és a kivitelező együttműködésével jelenleg is tart.

- A típustechnológiával építhető fő szerkezet típusok:
- monolit vasbeton lemezhidak;
  - előregyártott feszített vasbeton gerendás hidak;
  - szabadon szerelt feszített vasbeton gerendahidak;
  - szakaszosan betonozott feszített vasbeton gerendahidak;
  - acél–beton együttdolgozó gerendahidak;
  - ortotrop pályás acél gerendahidak;
  - rácsos acélhidak;
  - függőhidak.

A gépi programok távlati fejlesztésének fő iránya fontossági sorrendben a szerkezetekre irányul.

A tervező szempontjából akkor teljes értékű egy prog-

ram, ha a tervezéshez minden szükséges adatot képes szolgáltatni, vagyis:

- az igénybevételi hatásábrákat, hatásfelületeket;
- a mértékadó alakváltozásokat;
- az állandó és hasznos terhekből származó igénybevételeket;
- az igénybevételek összegzését;
- a mértékadó igénybevételeket és feszültségeket;
- a szerkezet egészének és részeinek állékonyági jellemzőit;
- a szerkezet kialakítását, geometriáját illetően pedig alkalmas
- alaprajzilag ferde, valamint
- alaprajzilag ívben fekvő hidak számítására, és figyelembe vehető vele a rugalmas, illetve a merev megtámasztás hatása is.

Az eddig elért eredményeket és fejlesztési elképzeléseket az 1–4. ábrák érzékeltetik.

A számítástechnika segítségét már eddig is olyan nagy jelentőségű hídtervezéseinknél használtuk, mint az EHGE, EHGT típusartók kialakítása, a Körös-vidéki szabadon szerelt hidak, a csongrádi közüti Tisza-híd, a tahitótfalui Kis-Duna-híd, az Árpád-híd. A fejlesztés ütemét fokoznunk kell, mert a gépi számítás hiánya nemcsak a hazai tervezés átfutási idejét növeli, hanem az exporttervezésben sem lehetünk ma már eredményesek, hiszen a tervezési megbízás elnyerésének egyik esélyét éppen a rövid vállalási idő adja.



## LEMEZHIDAK SZÁMÍTÓPROGRAMJA

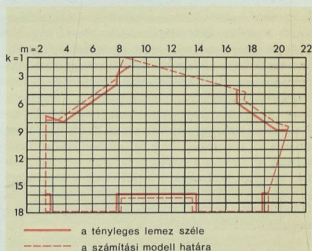
A hatvanas évek közepén — a számítástechnika szélesebb körű hazai elterjedésével egyidőben — a szerkezettervezésben is megkezdődött a számítógép felhasználása. A hajlított lemezek vizsgálatát mindaddig csak a közelítő modelleken alapuló, kifejezetten nehézkes módszerekkel lehetett elvégezni.

A kezdeti időszak első próbálkozása volt a hagyományos módszerekkel történő számítások géppel történő elvégzése. Mivel a DIN 1072 szabványban előírt terhelés figyelembevételével készült, általánosan elterjedt Rüschtáblázatok már nem voltak alkalmazhatók az 1967. évi Közüti Hídszabályzat megváltozott terheléseire, így született meg a Hídpályalemezek számítása című táblázatgyűjtemény. A derékszögű négyzetlemezek igénybevételeinek meghatározása a Bittner által kidolgozott, számadatokkal megadott hatásfelületek elektronikus számítógéppel való kiértékelésével történt. Hasonló elven alapult a merevített szegélyű és a szabad szélű lemezhidak nyomatekainak számítására kidolgozott program is.

A helyszíni vasbeton lemezzel együttdolgoztatott, előregyártott hídgerendák tervezéséhez készített program ugyancsak a hagyományos módszereken alapuló számítások gépesítésének tekinthető. Guyon—Massonet—Bares eljárása a tartórácsok számítását mindkét irányban csavarómerő, illetve csavarásmentes ortotrop lemez igénybevételeinek meghatározására vezeti vissza. A tényleges csavarómerőségi tényezőhöz tartozó hatásábra-alapértékek meghatározásához az interpolációt a gép végzi el, majd a hasznos terheléseket Fourier-sorba fejtettt alaklak veszi figyelembe. A program későbbi, továbbfejlesztett változatába már a mértékadó járműhelyzet kiválasztását is beépítettük a jármű kocsi pályán történő keresztirányú mozgatásával.

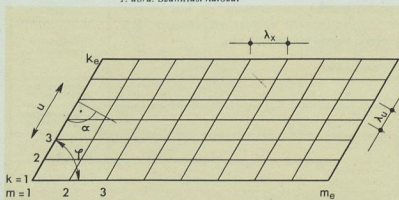
A további fejlődés két irányban indult meg. Az egyik a végeelem-módszer alkalmazása. Derékszögű négyzet,

illetve háromszög alakú mozaik elemekből összetett, mozgásmódszeren alapuló számítógépprogramok készültek. Valamennyi program tükrözte a végeelem-módszer előnyeit: a lemez alakjára semmilyen megkötést nem kellett tenni. Mód volt az általános alakú, áttört, tetszőleges peremfeltételű lemezek vizsgálatára is, ugyanakkor a lemez merevségek is tetszőlegesek lehettek. Sajnos a módszer hátrányai is igen plasztikusan jelentkeztek. A hídlemezek alakja általában szabályos, így az általános alakot biztosító igen sok geometriai adat megadása „hálózatgenerálás” nélkül nehézkessé teszi a felhasználást.



2. ábra. Aluljáró födémlemezek alaprajza a számítási hálózatra illesztve

1. ábra. Számítási hálózat



lást. A programok nem tartalmaztak hatásábra-előállító részeket sem, helyettük igen sok terhelési esetet kellett vizsgálni. Ez a módszer szintén járhatatlan a nagy tömegű adat automatizált eredménykiértékelése nélkül.

A végeelem-módszeren alapuló lemezszámító programok széles körű felhasználása a hídtervezésben — az adatok előállítását és az eredmények kiértékelését végző programok és berendezések (digitálisó és grafikus display) nélkül — egyelőre nem várható.

A fejlődés másik iránya a differencia módszeren alapuló programok alkalmazása volt. Néhány kisebb szolgáltató készségű program kidolgozása után vállalatunk megvásárolta az NDK-beli EIBSW-cég „Lemezszerkezetek vizsgálata” című programcsomagját, amelyet dr. Claus Schleicher professzor és munkatársai 15 évi kutatómunkával fejlesztettek ki.

## Lemezszervezetek vizsgálata c. programcsomag

A programcsomag a következő négy programból áll:

**ALEM** állandó vastagságú merőleges és ferde izotrop lemezek számítóprogramja;

**VLEM** változó vastagságú merőleges és ferde izotrop lemezek számítóprogramja;

**OLEM** tetszőlegesen változó merevségű, ortogonálisan anizotrop (ortotrop) lemezek számítóprogramja;

**SUP** a fenti három program által kiszámított igénybevételek szuperponáló programja.

Ezen programokkal vasbeton, feszített beton és acél-hidak, ipari és magasépítési szerkezetek lemezei és lemezszerű tartószerkezetei vizsgálhatók.

### Számítási módszer

A programban végrehajtott számítás alapját az általános lemezelmélet képezi az ismert feltételekkel:

- lineárisan rugalmas anyagjellemzők (Hooke-törvény);
- a lemezvastagság a támaszközkhöz képest kicsi;
- a lemez lehajlása a lemezvastagsághoz képest kicsik;
- a keresztmetszetek az alakváltozások után is síkok maradnak (a nyírási alakváltozásokat elhanyagoljuk).

A lemez

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2(D_{11} + 2D_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = q$$

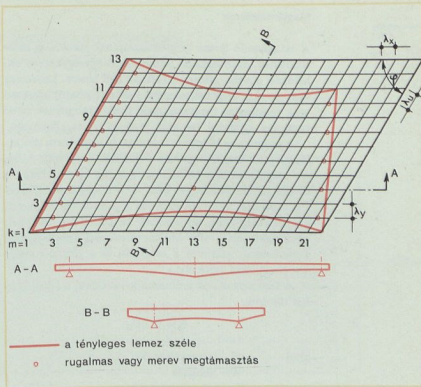
differenciálegyenletének megoldása differencia módszerrel történik. Ehhez a módszerhez a lemezt egy szabályos hálózattal kell lefedni. A hálózat minden csomópontjára felírunk egy differenciálegyenletet, amely ismeretlenként a csomópontbeli lehajlást tartalmazza. Az ismeretlen lehajlások együtthatói a lemez geometriájából, anyagjellemzőiből és a pontok helyzetéből számíthatók.

A pontokra felírt egyenletekből összeállítható a lemez lineáris egyenletrendszere, amelyben az ismeretlenek a lemez lehajlása az összes hálózati pontban és ahol az egyenletrendszer jobb oldalát a különböző terhelési esetek határozzák meg.

### A hálózat felvétele

Az ALEM és a VLEM programok esetében merőleges és ferdeszögű (paralelogramma) hálózatot lehet alkalmazni, az OLEM programnál azonban csak derékszögű hálózattal lehet számolni.

A fentiek alapján úgy tűnik, hogy az ALEM és a VLEM program merőleges és ferde lemez, az OLEM program pedig csak merőleges lemez igénybevételeinek számítására alkalmas. A programokba beépített speciális algoritmusok (pl. bégyázási eljárás) azonban lehetővé



3. ábra. Szabálytalan alakú hídlemez számítási modellje

teszik azt, hogy a lemez geometriája és a terhelési módja ne jelentsen különösebb korlátozást a programok alkalmazásában.

A VLEM és az OLEM programok tetszőleges alakú lemezek igénybevételeinek számítására is alkalmasak, amennyiben a felhasználó alkalmazza a bégyázási eljárást. Az eredmények használhatósága szempontjából nagy jelentősége van a hálózat jó megválasztásának, mivel a megtámasztási helyek csak hálózati csomópontokra eshetnek, és a hálózati vonalak sűrűsége, valamint az egymásra merőleges vonaltávolságok aránya döntően befolyásolja a számítás pontosságát.

### Bégyázási eljárás

A tetszőleges alakú, valóságos lemezt paralelogramma formájú (izotrop eset), illetve téglalap formájú (izotrop, ortotrop eset) ún. „számítási lemezbe” kell bégyázni.

A lemezhez valójában nem tartozó részekre viszonylag kis vastagságot (izotrop eset), illetve kis merevséget (ortotrop eset) kell megadni. E nemlétező részek megadására a gyakorlatban a következő értékek felvétele alakult ki:

$$\text{izotrop lemezeknél: } h = \hat{h} \times 10^{-2}$$

$$\text{ortotrop lemezeknél } K_{x,y,c} = \hat{K}_{x,y,c} \times 10^{-6}$$

ahol  $h$ : lemezvastagság  
 $K_{x,y,c}$ : merevségek  
 $\hat{h}$ : a tényleges tartomány átlagértéke

## Megtámasztások

A vizsgálandó lemez megtámasztásának statikailag határozottnak, azaz legalább három, nem egy egyenesbe eső hálózati ponton alátámasztottnak kell lennie. Lehetőség van arra is, hogy valamennyi hálózati pontot mereven vagy rugalmasan megtámaszjuk. Ezek a programok tehát rugalmas ágyazású lemezek vizsgálatára is alkalmasak.

A programba beépített számítási módszer nem tesz különbséget merev és rugalmas megtámasztás között. A merev megtámasztású pontokban a lemez  $C_0 = 10^9$  Mp/cm értékű támszerevséget kap, tehát a megtámasztás elvileg rugalmas, azonban ezekben a pontokban a lehajlás gyakorlatilag nulla, így a merev megtámasztás feltételeit is kielégíti. (A  $C_0 = 10^9$  Mp/cm választását a nagyságrendi különbségek, valamint a számítási és a gépi pontosság összehangolása indokolja.)

A támszerekláció számítása közvetlenül a lehajlásokból történik:

$$S = W \cdot C_0$$

ahol S: támszerekláció  
W: lehajlás  
C<sub>0</sub>: támszerevség

## Korlátozások

A hálózati pontok maximális száma lényegében a számítógép központi tárnak kapacitásától és a felhasználható munkalemez nagyságától függ. Az R-20-as számítógép kapacitása az egyes programok esetében az alábbi maximális hálózati csomópontszám alkalmazását teszi lehetővé:

$$K_e \times m_e \begin{cases} 3000 & \text{az ALEM-nél} \\ 3000 & \text{a VLEM-nél} \\ 2000 & \text{az OLEM-nél} \end{cases}$$

A számítási módszerből adódik, hogy a hosszirányú vonalak száma csak

$$5 < K_e < 49,$$

a keresztirányú vonalak száma pedig

$$m_e \geq 5 \text{ lehet.}$$

Megtámasztások csak hálózati pontban lehetnek.

## Szuperponálás

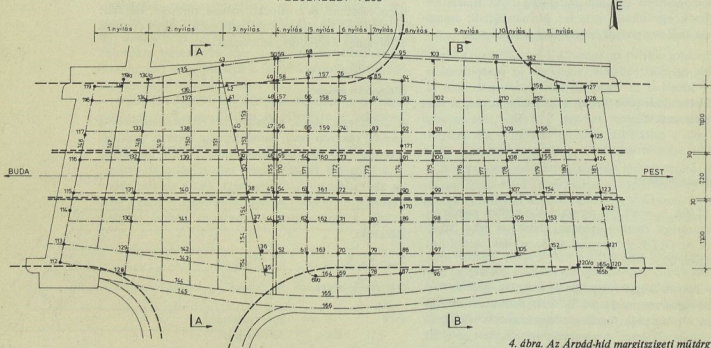
Az ALEM, VLEM és OLEM programok futás közben a megadott terhelési esetekben számított igénybevételeket nemcsak a soronymatatóra, hanem egy mágnesszalagra is kiírják. A SUP program e mágnesszalagon levő adatokat bemenő adatokként használva, a terhelési eseteket a felhasználó kívánása szerinti kombinációban, az általa kért egyidejűségi tényezőkkal besorozva szuperponálja.

Ez a mágnesszalag megőrizhető, és bármikor kérhető újabb szuperponálási eset kiszámítása anélkül, hogy az alapesetekre újból lefuttatnánk az előző három program valamelyikét.

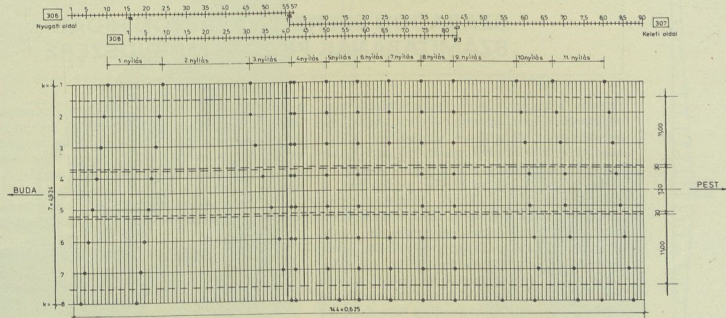
## A program felhasználása a tervezői gyakorlatban

Úgy tűnik, mai lehetőségeink mellett ez a program elégti ki optimálisan a hídervező igényeit. A program egyik

A RÉGI SZERKEZET TARTÓ-ELRENDEZÉSÉNEK VÁZLATA  
FELÜLNÉZET 1:250



4. ábra. Az Árpád-híd margitszigeti műtárgya



kiemelkedő alkalmazása volt az Árpád-híd szigeti műtárgyának erőtani számítása.

Az alábbi nagyobb műtárgyak tervezésénél használták tervezőink a lemezprogramok egyes változatait:

- a metró Dózsa György úti állomása;
- a metró Árpád-hídi állomása;
- a Marx téri felüljáró;
- a pécsi Tüzér utcai felüljáró;
- a miskolci Szinva-patak lefedése;
- a tiszapalkonyai Tisza-híd;
- a békési Kettős-Körös-híd;
- az inotai alumíniumkohó gyalogal-uljárójának fő-démje stb.

A statikai számításokban az állandó teher, az esetenként megadott helyzetű járműteher, a közúti pálya egyes nyílásainak megoszló terhe, a villamosvasúti járműterhek és a villamospálya nyílásként megadott megoszló terhe alkották az alapterheléseket.

Második lépésben az alapterhelésekből összeállított és a tervezési szabályzatokban előírt szorzótényezőkkel módosított, szuperponált terhelési eseteket határozzuk meg az egyes szerkezeti részek mértékadó igénybevételeinek megállapításához.

Az eredménytáblázatok kiértékelését kézi úton kell végezni.

#### A programcsomag továbbfejlesztése

Az igen nagy mennyiségű számítási eredmény kiértékelése szintén gépi megoldást kíván. A jelenlegi fejlesztésünknek éppen ez a célja: gépi programokat készítsünk az ALEM, VLEM és OLEM számítóprogram eredményeinek automatikus feldolgozására.

Az egyik programváltozat a szuperponált terhelési esetek igénybevételeinek meghatározása és kifizára után

megkeresi és kinyomtatja az igénybevételek szélső értékeit, megelőelve az alapterhelési esetek sorszámát, amelyből származnak (maximál és minimál ábra).

A másik programváltozat a megadott szempontok szerint csoportosított alapterhelési esetekből, a tervező által előírt tetszőleges egyidejűségi szorzótényezőket figyelembe véve, hálózati pontonként állítja össze azokat a szuperponálási eseteket, amelyek a vizsgált pontban maximális, illetve minimális igénybevételt eredményeznek. A kódjelekkel megkülönböztetett terhelési eseteket öt olyan logikai csoportba osztottuk, amelyek vizsgálataival mind a magyar Közúti Hídszabályzat, mind a külföldi szabályzatok „terhelési logikájának” követése biztosítható:

1. A csoport valamennyi tagját bevonjuk a szuperponálásba (önstűly és állandó terhel).
2. A csoporthoz tartozó minden egyes alcsoportból legfeljebb egy-egy hatásnövelő, illetve hatáscsökkentő terhelési esetet veszünk figyelembe (KHSZ szerinti járműterhek, villamosteher, külföldi szabályzatok járműterhei).
3. A csoporthoz tartozó valamennyi alcsoportból az összes hatásnövelő, illetve hatáscsökkentő esetet bevonjuk a szuperponálásba (járműsört helyettesítő megoszló terhek).
4. A hatás szempontjából a legkedvezőtlenebb terhelési eset kerül a szuperponált terhelési esetek közé (pl. feszítőerőből származó hatás).
5. A vizsgált hatás szerinti valamennyi kedvezőtlen terhelési eset a szuperponált terhelési esetekkel összegeződik (támaszmozgások, hőmérsékleti hatások).

Az ismertetett fejlesztési munka eredményeként rövidesen a már eddig is sokat használt programcsomag új, sokkal hatékonyabb változatát használhatják a vállalat hid- és szerkezettervezői.

## SZABADON SZERELT VASBETON HIDAK SZÁMÍTÁSÁNAK PROGRAMRENDSZERE

1964-ben, a kunszentmártoni Hármaskörös-híd tanulmánytervének elkészítése során javasoltuk, hogy ez a híd szabadszereléses feszítettbeton technológiával épüljön meg. Az új technológiával szemben kialakult kezdeti bizalmatlanság leküzdése után a Hídepítő Vállalat is támogatta javaslatunkat, így 1969-ben megkezdődött az első szabadon szerelt híd kiviteli terveinek elkészítése (1. ábra). A hídepítés sikere igazolta a technológia előnyeit, így azt újabb hidaknál is alkalmazhattuk. Az első híd építési tapasztalatai alapján a technológiát továbbfejlesztettük. Ennek köszönhetően 1977-ben a köröstarcsai Kettős-Körös-híd még gyorsabban és gördülékenyebben készült el (2. ábra). A következő híd, amely ezzel a technológiával épült, a körösladányi Sebes-Körös-híd volt (4. ábra). Ez az eset bizonyította, hogy a technológia nemcsak merőleges, hanem ferde áthidalásra is alkalmas, változtatás nélkül. Most már nyitva állt az út, hogy a bevált technológiával további hidak is épüljenek. A dobozi híd építése 1981-ben megkezdődött és várhatóan még 1982-ben befejeződik. 1982-ben megkezdődik a következő híd, a békési Kettős-Körös-híd építése is.

Bebizonyosodott, hogy ezzel a technológiával, a meglévő felszereléssel és gépekkel 60–100 m nyílású hidak jól és gyorsan felépíthetők. A legutóbb megépült 150 m hosszú híd 14 hónap alatt készült el.

Ahhoz, hogy ezzel a gyors kivitelezési idővel lépést tudjunk tartani, a tervezést is állandóan fejleszteni kel-

lett. Az első szabadon szerelt híd tervezése időszakában még csupán a keresztmetszeti mennyiségek számítására és a többtámaszú tartó számítására volt számítógépes programunk. Minden szabadon szerelt híd tervezésénél egy-egy új számítási rész programját is elkészítettük, majd megteremtettük az automatikus adatkapcsolatot. Így ma már a teljes statikai számítást átfogó programrendszer rendelkezésre áll. Erre annál is inkább szükség

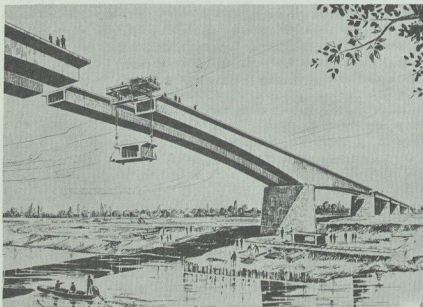


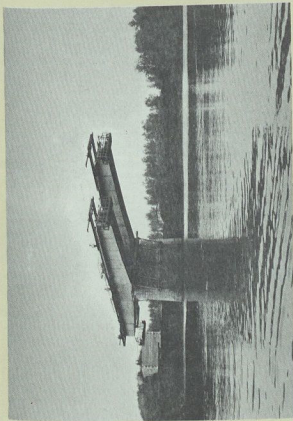
2. ábra. A köröstarcsai Kettős-Körös-híd

volt, mert a korszerű szerkezet és a gazdaságos anyagfelhasználás részletes és pontos statikai számítások készítését teszi szükségessé. Egy szabadon szerelt híd tervezéséhez kézi eljárással legalább 800–900 oldal terjedelmű statikai számítást kellene készíteni, ami a technológia sajátosságai miatt fakad. Az előregyártott elemeket konzolos szereléssel kell elhelyezni és minden elemprá elhelyezése után feszítőkábelekkel megfeszíteni. Ezt a folyamatot kell a számítással követni. Minden elemprá szerelése és feszítése után ki kell számítani az összes megelőző illesztési hézagnál kialakuló feszültségeket.  $15 + 15$  elemről álló fél hídnál ez  $2 \times (1 + 2 + 3 + \dots + 14 + 15) = 240$  keresztmetszetre vonatkozó igénybevétel- és feszültség-számítást igényel. Ez kézi számítás esetén igen hosszadalmas.

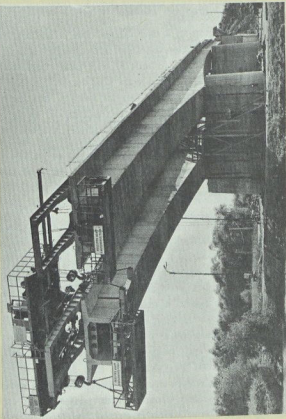
Az építés folyamán a statikai rendszer egy háromnyílású hídnál háromszor megváltozik. A szerelési folyamat alatt a szerkezet befogott konzoltartó. A fél hídszerkezet elemeinek beszerelése után a konzolos tartót sarura helyezve kéttámaszú konzolos tartó keletkezik. Mindkét oldali kéttámaszú konzolos tartó elkészülte után ezeket összekapcsoljuk és így alakul ki a végleges többtámaszú szerkezet (3. ábra). Többnyílású hídnál a statikai rend-

1. ábra. A kunszentmártoni Hármaskörös-híd

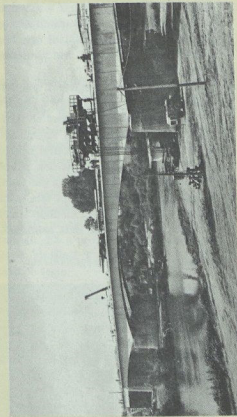
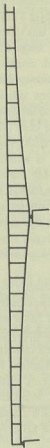




Konzolos szerelés



Kéttámaszú konzolos állapot



Végleges többtámaszú hídszerkezet



3. ábra. A hidépítés útjében

szer változásainak száma a nyílások számának és az összekapcsolások kialakításának függvényében jelentősen megemelkedik. A statikai rendszer minden változása a korábban keletkezett igénybevételeknek a lassú alakváltozás hatására bekövetkező átrendeződését vonja maga után. A lassú alakváltozásnál az anyagjellemzőknek döntő befolyásuk van. Szabadszereléses hídnál az előregyártott elemek a készítési sorrendjüknek megfelelően más-más korúak, így az anyagjellemzők is mind különbözőek. Ezenkívül az építés folyamán az összes elem kora nő és így a különböző értékek is állandóan változnak, vagyis az elemek anyagjellemzői térben és időben is eltérőek. A számításnál tehát minden fázisban, minden elemnél a megfelelő időponthoz tartozó anyagjellemzőkkel kell számolni. Ebből következik a számítások összetettsége és hosszadalmasága. Kézi számítással ez csak egyszerűsítésekkel oldható meg (például úgy, hogy átlagos anyagjellemzőkkel számolunk), ami természetesen a pontosságot csökkenti.

Az előírásoknak megfelelő számítások mennyiségét többszörösére növeli az, hogy a feszített tartó méretezését csak indirekt módon lehet elvégezni. Ez azt jelenti, hogy előre fel kell venni a feszítőkábelek mennyiségét és így kell számítani az illesztési hézagokban a feszültségeket. Ha ezek nem megfelelőek, akkor módosítani kell a kábelek számát és esetleg a beton méreteit. A változtatások után a feszültségeket újra számítjuk. Mindaddig kell ezt ismételni, amíg a kiadódó feszültségek a szabályzat által előírt értékek alatt maradnak. Ez a szükséges

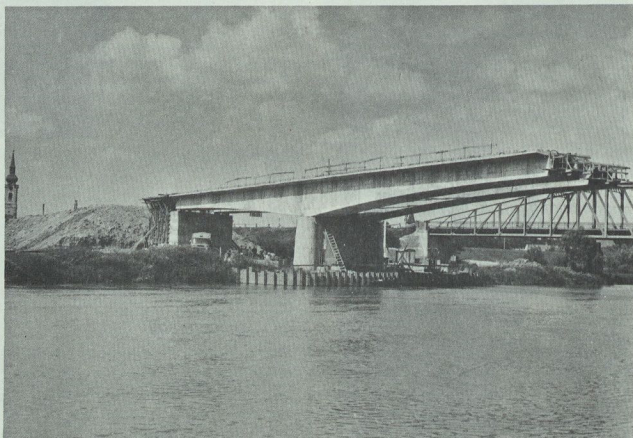
800–900 oldalnyi kézi számítás jelentős részének többszöri ismétlését kívánja.

Az előzőek alapján a szabadszereléses technológiával épülő hidak statikai méretezésénél nem csupán a számítás nagy terjedelme miatt, hanem az elkerülhetetlen ismétlések miatt is feltétlen szükséges volt a számítás gépesítése. Adatmódosítás esetén csupán néhány adatkártya kicserélésével a programok újra futtathatók és így a korrekciók gyorsan elkészíthetők, ami lehetővé teszi az optimálisan gazdaságos szerkezet kiválasztását.

#### A programrendszer elemei

A rendszer egyes programjai különböző időben, önálló programként készültek. Egy részük általános jelleggel, más részük speciálisan a szabadon szerelt hidak tervezéséhez készült. Az egyes programok között az összefonódás szoros, minden program számított értékeinek egy része a többi program alapadatául szolgál. Célszerűnek látszott tehát az eredetileg független programokat automatikus adatkapcsolatok útján egy egységes programrendszerre szervezni, hogy a nagy mennyiségű adat ismételt beolvasását megtakarítsuk. Erre az 5 jelű (realógiai vizsgálatot végző) program elkészítése után került sor. Az adattárkezelő program kidolgozása során egyrészt egységes elem-, kábel- és építési fázis-jelölési rendszert vezettünk be, másrészt mágneslemez adattárral hoztunk létre. Ez a tervezési feladathoz tartozó összes

4. ábra. A körösladányi Sebes-Körös-híd



lényeges adatot tartalmazza, ezáltal lehetővé teszi, hogy az egymásra épülő programok egymásnak alapadatokat és részeredményeket adjanak át. A mágneslemezen a számított eredmények hosszabb időre megőrizhetők és szükség szerint kiírhatók vagy kirajzolhatók. A létrehozott adattárakat az adattárkezelő program védi az alapvetően téves adatfelvittelek, törlések vagy módosítások ellen. Az adatrendszert úgy építettük fel, hogy néhány, a jelölési rendszerre vonatkozó indítókártya kivételével minden egyes kártya tetszőleges sorrendben olvasható be. Az egyes alrendszerek úgy kapcsolódnak az adattárhoz, hogy az eredményeket nemcsak kiírják táblázatos formában, hanem mágnesszalagra is felviszik. A mágnesszalag az adattárkezelő program kártya-inputjára vonatkozó szintaktikai szabályoknak megfelelően tartalmazza a szükséges adatokat.

A rendszer programjait (5. ábra) a célszerű futtatási sorrendben tartalmazza a blokkdiagram, a leglényegesebb adattárramlási irányok feltüntetésével. Minden egyes program futása után módja van a tervezőnek az eredmények alapján dönteni, hogy tovább lépjen-e a programrendszer futtatásában, vagy adtmódosítás után valamely korábbi programból ismétlje meg a számítást. Az egyes programokat a blokkdiagram alapján a következőkben részletesen ismertetjük.

### 1 Keresztmetszeti jellemzők számítása

Általános, minden hidtervezéshez használatos program. Tetszőleges alakú keresztmetszet szakpontjainak, a kábeleik és kábelüregek koordinátáinak megadása után számítja a keresztmetszet felületét, inercianyomatékát, a félszelvényt, illetve tetszőleges metszet statikai nyomatékát a súlypontra vonatkozóan. A program megadja továbbá bármely kívánt pontra a normál feszültség-szorozót. A keresztmetszeti jellemzőket az összes további program használja.

### 2 Konzolos szerelés számítása

Ez a program már speciálisan a szabadon szerelt rendszerre vonatkozik, amely a technológia legjellemzőbb részének: a konzolos elemszerelésnek az ellenőrzését végzi. Az egyes keresztmetszetre és a negatív kábelekre vonatkozó, fázisonként változó néhány adat alapján megadja az igénybevételeket, a beton- és kábel-feszültségeket minden építési fázisban és minden elemhatáron. Mivel a program egy statikailag határozott tartó számítását végzi, futása rendkívül gyors, így a negatív kábel-számra vonatkozó néhány kísérleti futás után gyorsan megkapható a szereléshez feltétlenül szükséges kábel-szám. Ennek alapján a végleges állapothoz szükséges kábelmennyiség jól becsülhető.

### 3 Kábelgeometria számítása

A pozitív kábelek lehorgonyzási helyének és irányszögének, valamint az alsó betonkontúr követő parabola adatainak ismeretében meghatározza az adott sugarú

lekerekítő ív érintési pontjait. Számítja a kábeltengeley távolságát az alsó éltől és érintőjének irányszögét minden egyes elemhatáron, valamint kívánt tetszőleges pontokban. A kábelgeometria által számított adatokat a 4, 5 és 1 programok, valamint a rajzoló 6 alrendszer használja.

### 4 Kábelvezetésegek számítása

A kábelgeometria által számítottak alapján és a keresztmetszeti adatok ismeretében meghatározza minden egyes kábel feszültségeit a súrlódási, ékcsúszási, rugalmas, relaxációs és lassú alakváltozási veszteségek hatására. Kiszámítja a beadott kábelekből eredő kényszererő nélküli összegezett feszítőerőket és a szélső szál-feszültségeket minden elemhatáron, az építmény elkészültekor és  $t = \infty$  időpontban.

### 5 Reológiai vizsgálat

Az előző programok eredményei alapján ismerjük már a szerkezet geometriai adatait, merevségi jellemzőit, a feszítőkábelek geometriáját és feszültségeit. Szükségünk van még a szerkezet anyagjellemzőinek időben változást leíró függvényekre, a lassú alakváltozás és a zsugorodás végértékére és lefolyásfüggvényeire. Ezek, valamint az építés tervezett folyamatát leíró adatok segítségével nyomon követhető a szerkezet igénybevételeinek, elmozdulásainak, feszültségeinek és támaszreakcióinak változása az építés alatt, az ezt követő időben, valamint  $t = \infty$  időpontban. Ez a program programrendszerünknek a legújabb elméleti kutatás megfontolásain alapuló, legösszettebb tagja.

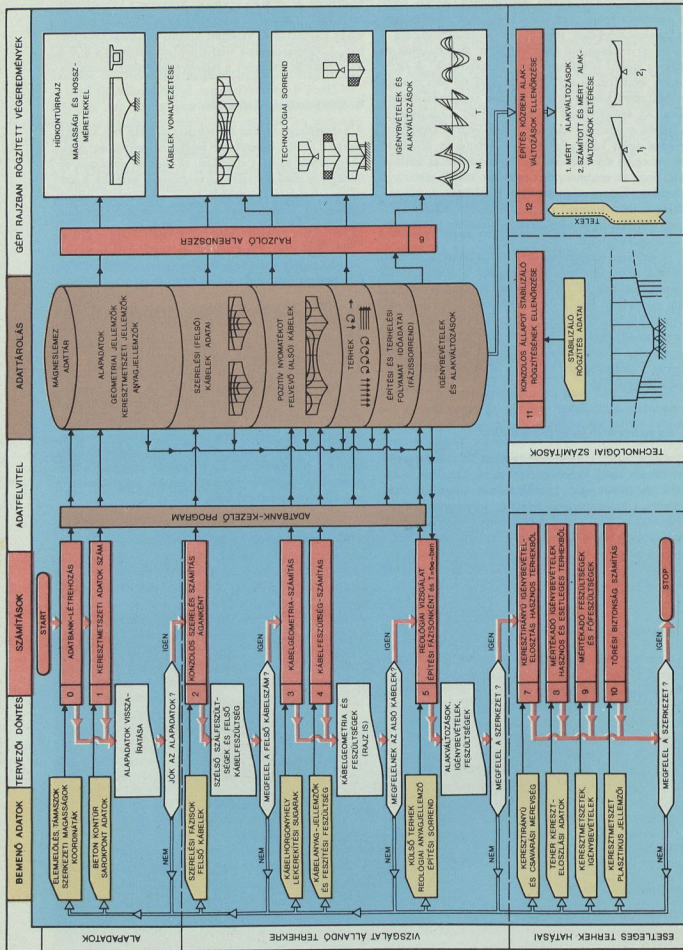
A számítás során, annak részeredményei alapján az építés folyamatában bizonyos módosítások válhatnak szükségessé. Ezért célszerű volt a programot és adatrendszert úgy felépíteni, hogy csak a megváltozott adatokat kelljen újra megadni, és a program csak onnan kezdje újra a számítást, ahol az adatváltozásnak már hatása van. Az építés folyamatának részletes követése jelentős mennyiségű gépidőt igényel. Ennek gazdaságos kihasználása érdekében az építés folyamatát szakaszokban is meg lehet adni, sőt bármilyen programmegszakítás esetén a számítás eredményei megmaradnak és újraindításakor a program ott kezdi a számítást, ahol abbahagyta.

A program kidolgozásánál abból az alagondolatból indultunk ki, hogy az építés folyamatát olyan egyszerű elemi események segítségével írjuk le, amelyek műszaki, mechanikai tartalma jól elkülöníthető és velük az építés egyértelműen jellemezhető. Az elemi események:

- elemek zsaluzatának elhelyezése vagy bontása;
- előregyártott elem beemelése vagy egy tartószakasz helyszíni betonozása;
- pozitív, illetve negatív kábel befeszítése;
- támaszra helyezés, illetve ideiglenes támaszok vagy támaszkomponensek megszüntetése;
- rugalmatlan támasz süllyesztése;
- tartós teher elhelyezése a szerkezetre;
- ideiglenes terhek mozgatása (betonozókocsi vagy szerelődaru feltétele, áthelyezése, levétele);



# SZABADONSZERELT VASBETONHIDAK PROGRAMRENDSZER BLOKKDIAGRAMJA



- csukló zárása (a zárótag és a híd közötti kapcsolat megszilárdulása).

Ezek az elemi események logikus sorrendben csoportosulnak. Az ilyen eseménycsoportokat nevezzük építési fázisoknak, amelyeket a hozzájuk tartozó vizsgálati időpontok jellemeznek.

A számítás során a következő elméleti és gyakorlati feladatokat kellett megoldani:

- a különálló részekből épülő, folyamatosan bővülő, változó statikai vázú szerkezet egységes kezelése;
- a feszítés által okozott erők minél pontosabb figyelembevétele;
- a feszítőkábelek egymás utáni feszítéséből, illetve a beton rugalmas összenyomódásából származó feszültségvesztések számítása;
- az inhomogén, az építés folyamán változó szilárdsági tengelyű beton-kábel keresztmetszetek kezelése;
- a zsugorodás és a lassú alakváltozás okozta igénybevétel-átrendeződések és alakváltozások megnyugtató számítása.

A felmerült problémák megoldásánál felhasznált elméleti megfontolásokat már az UVATERV Műszaki Közlemények 1979/2. számában ismertettük. Ezekről a program kidolgozásánál – az újabb elméleti és numerikus vizsgálatok eredményei alapján – csak az alábbi esetekben tértünk el:

- A különálló szerkezeti részeket a mindkét végén csuklós, terheletlen zárótaggal összekötve és így egységes egészként kezelve az egyes részekről egymásra terhek nem adódnak át. Ezzel a megoldással szükségtelemmé vált a kis merevségű elemek használata (6. ábra).
- A szerkezet időbeni viselkedését leíró integrálegenlet-rendszer megoldására a mérnöki szemléletből fakadó elsőrendű módszer helyett egy olyan egylépéses, másodrendű Runge-Kutta típusú numerikus módszert alkalmaztunk, amelynek előnye az elsőrendű módszerrel szemben, hogy azonos műveletigény mellett egy nagyságrenddel pontosabb. A megoldás a vizsgálati időpontok bármilyen durva felvétele mellett is stabil, és az eredmények nagy időintervallumok felvétele esetén is elfogadható korlátok között maradnak.

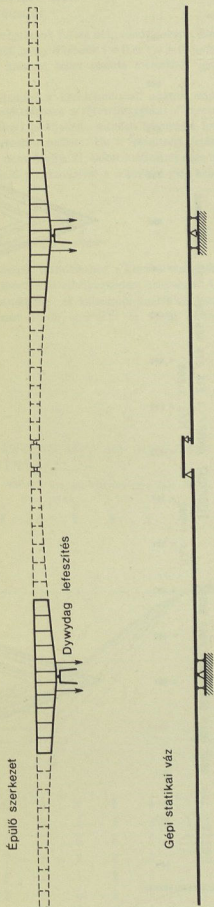
Az építés befejezése után, a stacionárius állapot felé haladva az elmozdulási és igénybevételi állapot változása erősen lelassul. Emiatt elegendő az időintervallumokat az állapotváltozással fordított arányban felvenni. Ezeket az állandóan növekvő intervallumokat a program automatikusan állapítja meg és veszi fel.

Ezzel a programmal megoldottuk a hídszerkezet építési és végleges állapotának számítását az állandó jellegű, valamint az építés közbeni ideiglenes terhek hatására bekövetkező változások figyelembevételével. Megkapjuk a kialakuló feszültségeket és a deformációkat az összes keresztmetszetben, minden kívánt időpontban.

## 6 Rajzoló alrendszer

Az alrendszer a mágneslemezes adattárra épül, és többféle funkciót lát el. Egyik legfontosabb feladata, hogy az 5 program bemenő adatait vizuálisan ellenőrizhetővé

6. ábra. A reológiai számításhoz alkalmazott statikai váz



SZABADON SZERELT FESZITETT VASBETON HIDAK ELLENRZŐ SZÁMÍTÁSÁT VÉGZŐ PROGRAMRENDSZER  
 ALAKVÁLTOZÁS PROGRAM II. MINTAPELDA

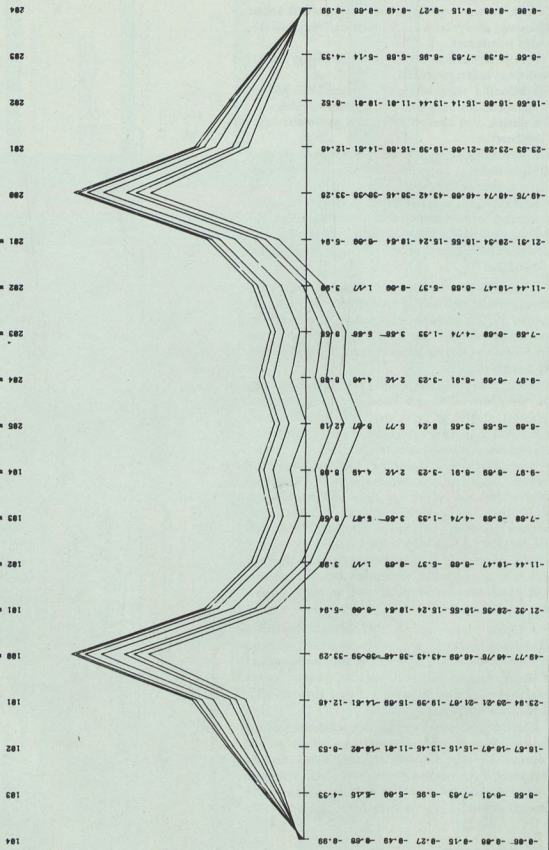
FAZIS: 12A 900A 901A 902A 903A 904A 905A IDŐPONT /NAP/ : 245 275 425 685 1325 2405 14645

MY = 1:5000

MX = 1:5000

KERESZTMETSZETEK

NYOMTÉK ÉRTÉKEI /MM/



tegye és így elkerülhessük a nagy futásidejű 5 program hibás futtatását. A másik fontos feladata az eredmények megjelenítése. Az időbeli változásokat a számhalmazok közel sem tükrözik olyan jól, mint az egymásra rajzolt alakváltozási és igénybevételi diagramok (7. és 8. ábra). A harmadik funkció: segítségnyújtás konkrét tervek elkészítésében. Erre mutat példát a kábelgeometria függőleges vonalvezetését ábrázoló rajz (9. ábra).

### 7 Keresztirányú igénybevétel-eloszlás számítása

A kereszteloszlás gépi meghatározása egy általános célú síkbeli rúdprogramon alapul, amelyhez az egyes rudak helyettesítő merevségét és síkbeli kapcsolatait úgy vesszük fel, hogy az a térbeli erőjáratot is modellezze.

### 8 Mértékadó igénybevételek hasznos és esetleges terhekből

Ez az általános gerendahidakat számító program, amelyvel minden elemhatár mértékadó leterhelésből származó igénybevételei előállíthatók.

### 9 Mértékadó feszültségek és főfeszültségek

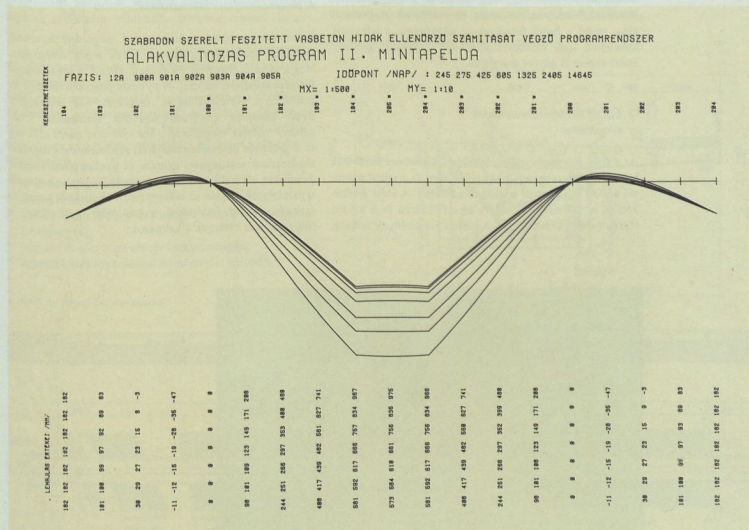
Az 5 és 8 programok futása után rendelkezésre állnak az állandó jellegű igénybevételek  $t = 0$  és  $t = \infty$  időpontban, valamint a hasznos teher okozta mértékadó igénybevételek.

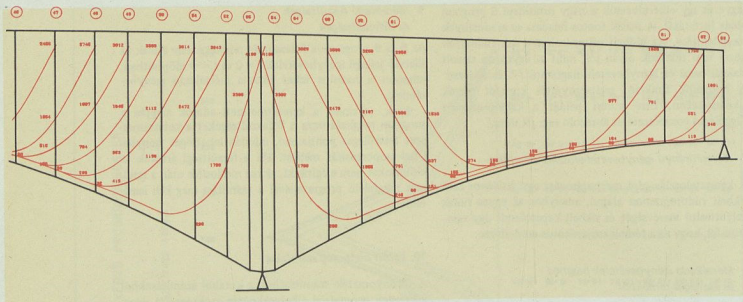
Ezek, valamint a keresztmetszeti adatok alapján a program meghatározza a főfeszültségeket a keresztmetszet tetszőleges pontjaiban, minden lehetséges igénybevétel-csoportosítás mellett. Ha a feszültségi értékek az előírásokat nem elégitik ki, akkor módosítás után a rendszer megfelelő programjaival a számítást meg kell ismételni.

### 10 Törési biztonság számítása

A törőnyomaték számításához a korábbi számításokból a kábelek geometriai elhelyezkedése szükséges. A program egy sarokpont- és kábelkoordinátákkal megadott keresztmetszet törőnyomatékát és törési biztonságát számítja.

8. ábra. Lehajlási ábra változásának gépi rajza (részlet)





9. ábra. Kábelgeometria gépi rajza

### 11 Konzolos állapot rögzítésének vizsgálata

A szerelés idejére a mérlegszerűen szerelt konzolágak stabilitásának biztosítására lefeszítő Dywidag-rudakat alkalmazunk. Ezek nagy erőt adnak át a felszerkezetre. Mind az állékonyság biztonsági tényezőjének meghatározása, mind a helyi feszültségek ellenőrzése a lefeszítés közelében levő elemhatárokra sok számítást igényel. Ezért ezeket is géppel számítjuk.

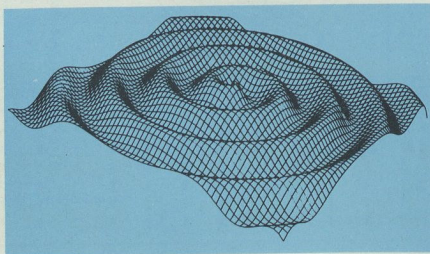
### 12 Építés közbeni alakváltozás ellenőrzése

Az építés folyamán mért adatokat fázisonként beolvasva a program összehasonlítja az előzetesen (a statikai számítás során) létrehozott adatbank adataival. A mért értékeket és a számítottól való eltérést listázza és a kívánt lépték szerint ki is rajzolja. A mérési eredmények telexen

is érkezhettek, ezért a program egyaránt alkalmas telexszalag vagy kártya beolvasására is.

### A programrendszer felhasználása

Ismertett programrendszerünkkel megoldottuk a szakaszosan épülő feszítettbeton hidak teljes számítását. Még a közelmúltban is, ha ragaszkodtunk a teljes számítás gépesítéséhez, az csupán nyugati programrendszer és számítógép felhasználásával, devizáért volt lehetséges. Ilyen komplex programrendszerrel Európában csak néhány vállalat rendelkezik. Ma már erre nincs szükség és ez jelentős devizamegtakarítást eredményez. Programrendszerünk segítségével gyorsan és gazdaságosan tudjuk terveinket elkészíteni. Fontos ez azért is, mert a kedvező tapasztalatok alapján az előregyártott elemekből készülő, szabadszereléses hidépítési technológiát a jövőben is folyamatosan kívánjuk alkalmazni.



## STATIKAI SZÁMÍTÁSOK AZ ÁRPÁD-HÍD ÁTÉPÍTÉSÉNÉL

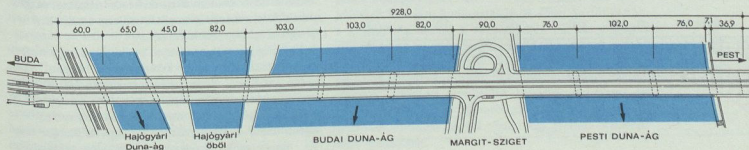
Az Árpád-híd átépítése során a régi szerkezetből csak a villamospályát hordozó két középső acél főtartó maradt meg, ettől északra és délre egy-egy új, ortotrop pályás acélszerkezet épül a közúti pályák részére (1. ábra). Az acélhidak sorát a Margitszigeten a szigeti műtárgy szakítja meg, amelynek új pályalemeze a régít megerősíti és megfelelő szélességű pályá átvezetését teszi lehetővé.

A gépi számítás előnyeit az új acélszerkezetek tervezése és a vasbeton pályalemez erősítésének vizsgálata során egyaránt előnyösen kihasználhattuk. A déli és az északi hídpályák tartószerkezetei egy-, két-, három- és négyfőtartós, kétfőtartós hidak. Az ortotrop lemezzel együtt dolgozó főtartóknak az igénybevételek meghatározásához, valamint a feszültségszámításhoz szükséges valamennyi keresztmetszeti jellemzőjét az erre a célra kiszámológépre készített programmal számítottuk. A program felépítése révén a keresztmetszet geometriájának változása minimális adatmódosítással követhető (2. ábra).

A statikailag határozatlan, változó merevségű szerkezet igénybevételeinek és alakváltozásainak számítását a „Gerendahidak mértékadó igénybevételeinek meghatározása” programmal végeztük el. Ez a program a végelemelőmozdulás módszeren alapszik és változó merevségű, csuklós vagy folytatódó felszerkezetű, töbtámaszú gerenda- és kerethidak vizsgálatára alkalmas a következő terhelésekre:

- állandó jellegű terhek;
- feszítési terhek;
- KHSZ szerinti vagy különleges elrendezésű hasznos tehercsoport;
- várható és tényleges merev támaszmozgás;
- egyenletes és egyenlőtlen hőmérséklet-változás.

1. ábra. Az Árpád-híd szerkezetei



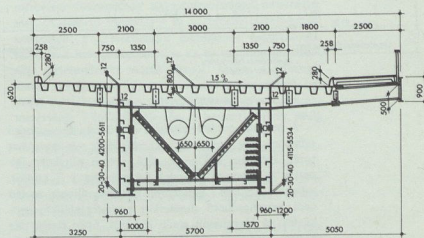
Igen sokféle oszlop-, illetve saruszerű megtámasztás adható meg, amelyekkel a szerkezet és a talaj kapcsolata pontosan jellemezhető. A felszerkezeten és az oszlop-szerű támaszokon a merevségi jellemzők (felület, hajlítási és csavarási inercia) a megadott keresztmetszetek között hiperbolikusan változnak, tehát egy végeselemen belül:

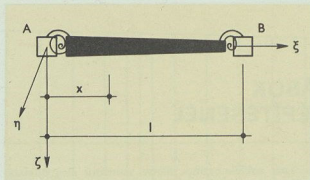
$$\frac{1}{I(x)} = \left( \frac{1}{I_B} - \frac{1}{I_A} \right) \cdot \frac{x}{l} + \frac{1}{I_A}$$

Így a tartón keletkező hatások viszonylag ritka felosztás esetén is nagy pontossággal számíthatók (3. ábra).

A programmal a teher keresztirányú elhelyezkedését a keresztelosztás megadásával lehet figyelembe venni. A hasznos terhekre való mértékadó leterhelés ezen keresztelosztási értékek segítségével, sakktablaszerűen történhet az igénybevételi hatásábrák alapján. A program

2. ábra. Az ortotrop pályás hidak keresztmetszete





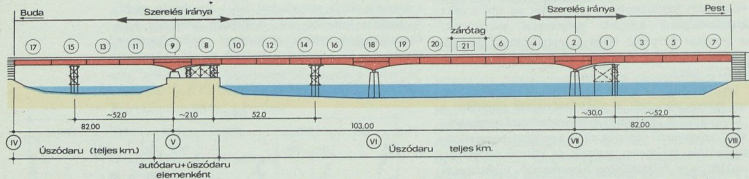
3. ábra. A merevségi függvény reciprok-lineáris közelítése

a híd összes keresztmetszetében előállítja a hatásbrákat, a hasznos terhet nyomatékra, valamint nyíróerőre mértékadóan elhelyezi és automatikusan kiszámítja a mértékadó és egyidejű igénybevételeket. Ezután a megadott súlyokkal mértékadó igénybevétel-kombinációkat képez a különböző terhelésekből a szerkezet szilárdsági ellenőrzéséhez, valamint a gerinccmez horpadásvizsgálatához.

meghatározottá válik. Ezt a hatást, amennyiben a méret- és merevségárhányok megtartása szerkezeti vagy egyéb okok miatt szükséges, célszerűen a számábrázolás pontosságának növelésével lehet megszüntetni. A program új változata már a 8 byte szóhosszúságú, duplapontos aritmetikával működik, így a korábban tapasztalt pontatlanságok megszűntek, és a program a gyakorlatban előforduló összes esetben  $10^{-5}$ -nél kisebb relatív hibával működik,  $10^5$  merevségi ugrás esetén az eredmények 5 tizedesre pontosak. Az Árpád-híd statikai vizsgálatához ezt a programváltozatot használtuk fel.

Mivel az Árpád-híd ortotrop pályalemez, kétfőtartós keresztmetszeteinek St. Venant-féle csavarási merevsége elhanyagolható, az egyes főtartók független síkbeli tartónak tekintettük és közöttük kéttámaszú kereszteloszlást tételeztünk fel, így a sakkátblaszert terhelést nem vizsgáltuk.

A többnyílású folytonos hidakat szabadszereléssel építik, a pillérlől kiindulva kétirányban, konzolosan, vagy a szélső nyílást állványon megépítve a pillérlől már szabadszereléssel haladnak tovább (4. ábra). A minden egyes hídszakasz konzolos szerelési állapotához



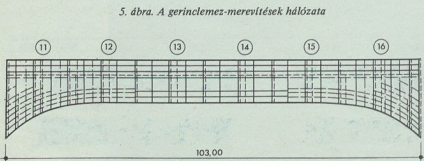
4. ábra. A négynyílású híd szerelése

A program eredeti változata 4 byte-os szóhosszúságú szimplapontos aritmetikával működött. A használat során azonban, különösen sűrű, erősen váltakozó felosztás (a szomszédos rudak hosszaránya 1:5 körüli), valamint az erős, ugrásszerű merevségváltozás esetén nem megegyezhet numerikus pontatlanságok jelentkeztek. A vizsgálatok során kiderült, hogy ennek oka a nem megfelelő számábrázolás és a kerekítési hibák halmozódása. Ismeretes, hogy a végeelem-módszernél a környezetéhez képest igen kis méretű vagy igen nagy merevségű elem miatt az egyenletrendszer gyengén

tartozó alakváltozást és az építési állapotokban mértékadó igénybevételeket pontosan számítani kell. E számításokat ugyancsak a gerendaprogram segítségével készítettük el. A gépi számítás eredményei szolgálták alapul a főtartók gyártási alakjának, továbbá a nyílásközépen végrehajtott zárásnál a terv szerinti végleges alak meghatározásához.

Az új acélszerkezet vizsgálatának jelentős részét képezte a gerinccmez és merevítéseinek stabilitásvizsgálata a végleges és ideiglenes alátámasztások szakaszain. A gerinccmezt és az alsó övet 8,50 méterenként rácsos keresztűtések támasztják meg. A gerinccmezt a belső oldalon futó kétirányú merevítések mezőkre osztják, amelyeknek horpadásvizsgálatát az erre a célra készített programmal végeztük el (5. ábra).

A program elvégzi a teljes értékű függőleges merevítésnek tekintett rácsos keresztűtések közötti egész mező, valamint a vízszintes merevítések közötti részmezők horpadásvizsgálatát tiszta hajlítás, nyírás és összetett igénybevétel esetén. Meghatározza mind az egész, mind a részmezők biztonságát a főerők, majd az összes erők figyelembevételével, és táblázatosan



kírja az előírt biztonságokkal együtt. Így a nem megfelelő mezők könnyen kiszűrhetők és merevítéssel vagy a lemez vastagításával korrigálhatók.

A gépi számítás alkalmazásának másik nagy területe a margitszigeti műtárgy pályaszerkezetének vizsgálata volt.

A régi tervek ismeretében a statikai vizsgálatok azt mutatták, hogy a meglévő vasbeton pályaszerkezet új vasbeton lemezzel erősítve nagyrészen megtartható. Az új vasbeton pályalemez többszörös szerepet tölt be:

- a nem megfelelő teherbírást régi pályalemez helyett az erősített szerkezet pályalemezzel alkotja;
- a főtartórendszeren jobb teherelosztást ad, ezáltal az egyes főtartókra jutó terhelést csökkenti;
- a főtartó felső övének erősítésével növeli a főtartók teherbírást.

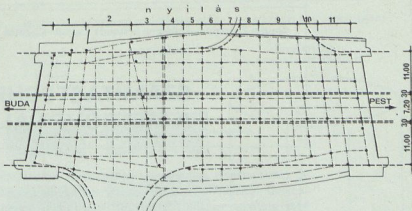
Az együttműködő szerkezet statikai vizsgálatát gépi program segítségével végeztük. A program tetszőleges alakú és merevségű ortotrop lemezszerkezet igénybevételeinek és alakváltozásainak meghatározására szolgál és differencia-módszer alapján működik.

A számításához fel kell venni egy állandó osztástávolságú, derékszögű hálózati rendszert, a hálózati pontokban meg kell adni a szerkezet merevségi jellemzőit. Ezek alapján a program adott terhelésre kiszámítja és kírja valamennyi hálózati pontban a lehajlásokat, a hossz-, keresztirányú és csavarónyomatékokat, valamint a nyíróerőket és az alátámasztási pontokban a reakcióerőket.

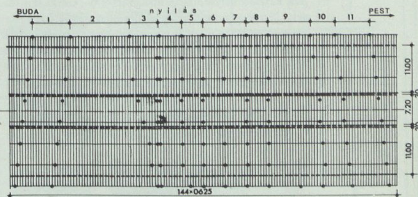
Mivel a program szerint megtámasztás csak hálózati pontban lehet, és a szerkezet támaszai alaprajzban különféle ferdeségű egyenesek, és a derékszögű hálózati hídtengelekre merőleges keresztirányú vonalra tartozó osztástávolságot viszonylag kis értékre (5,00/8 = 0,625 m-re) választottuk. A hosszirányú vonalak helyzetét meghatározó osztástávolságot a főtartók átlagos távolságának megfelelően  $24,62/5 = 4,924$  m-re vettük fel (6. és 7. ábra).

A pontossági követelmények és a gépidők ésszerű határokon belül tartása nem tették lehetővé, hogy egyetlen, a hid teljes felületét beborító hálózati rendszerrel dolgozzunk, ezért három egymást átfedő hálózati rendszert választottunk: a nyugati rész a VIII. jelű pillértől a régi hid középső pályamegkötéséig terjed, tartalmazza az 1–3. jelű nyílásokat; a keleti rész a régi hid középső pályamegkötésétől a IX. jelű pillérig terjed, tartalmazza a 4–11. jelű nyílásokat; a középső rész a régi hid középső pályamegkötését fogja közre (dilatáció nélkül, folyamatosan átvezetett új vasbeton pályalemezzel), és a 2–8. jelű nyílásokat tartalmazza.

A szerkezet igénybevételeinek számítása két lépésben történik: először az alapterhelésekből származó igénybevételeket számítjuk, ezt követi az egyes alapterhelések szuperponálása a mértékadó igénybevételek meghatározásához. Alapterhelési esetek voltak: az állandó teher, a 80 Mp-os járműteher megadott helyzetekben, a megoszló teher a közúti pálya egyes nyílásaiban, a villamosvasúti járműterhek, a megoszló teher a villamosvasúti pálya egyes nyílásaiban.



6. ábra. A régi szerkezet tartórendszerének vázlata



7. ábra. A gépi számításához választott hálózati rendszer

A tartórendszer igénybevételei a szerkezet tényleges merevségi viszonyainak figyelembevételével határoztuk meg. A főtartó merevségét az új, erősített szelvényvel számoltuk, a keresztirányú merevségek meghatározásánál is a keresztartókból és az új vasbeton lemezből álló tartórendszert vettük alapul, kivéve a villamosvasúti sávot, ahol a régi szerkezetben végigfutó két hosszcsukló hatását úgy modelleztük, hogy csak a lemez merevségét vettük figyelembe, a keresztartókat pedig elhanyagoltuk.

A pályalemezprogramba csak egy rugalmassági modult lehet betáplálni. A vizsgálatok szerint a régi szerkezet szilárdsága B–280 és B–400 között van, az utóbbihoz közelebb, ezért a lemezt egységesen B–400 szilárdságúnak vettük.

Tekintettel arra, hogy az egyes főtartók nyílásmérete – és ezzel az alátámasztások alaprajzi elrendezése – a hid szélességi méretein belül változó, a mértékadó járműhelyzetek és terhelési esetek számításához sok változatot kellett végigvizsgálni. A járműteherből származó mértékadó igénybevétel meghatározásához a 11,00 m széles kocsi pályákon három-három, összesen hat sávot jelöltünk ki a jármű mozgására (8. ábra): kettőt-kettőt a gyalogjárda, illetve a villamospálya kiemelt szegélye mellett, egyet-egyet pedig a kocsi pályája közepén. A járműsört helyettesítő megoszló terhet nyílásonként adtuk meg. A mértékadó igénybevételek megállapításához minden nyílásban egyidejűleg terheljük az északi és a déli kocsi pályát a folytatlagos többletárasú tartók terhelési szabályai szerint. Sakktábla szerinti terhelést nem vizsgáltunk.



## SZÁMÍTÁSTECHNIKA A METRÓVONAL-TERVEZÉSBEN

A metrótervezés különböző terfvázisában különböző léptékű vonaltervek és korrekciós tervek készülnek. Az első grafikus vonalterv elkészülte után számítógépes programok segítik a tervezést. Az egyes tervezési lépésekben készülő helyszínrajzi, hossz-szelvény-, szerkezeti tervek, űrszelvényvizsgálat és az üzemi számítások a tervezési folyamatban előre és visszaható kapcsolatban vannak egymással. A programok ezen összefüggéseknek megfelelően automatikusan vagy tervezői beavatkozásra szolgáltatják az egyes lépésekben felhasználható eredményeket.

A metróvonal-tervezéshez jelenleg a következő programok állnak rendelkezésre:

- A metróvágánytengely helyszínrajzi főpontszámítása;

- A metróvágány-, illetve -alagúttengely helyszínrajzi részletpontszámítása;
- A pályaszint főpontszámítása;
- A pályaszint részletpontszámítása;
- Sínszál és pályabeton kitűzési adatainak számítása;
- Alagútfalazó-elem kiosztása;
- Űrszelvényvizsgálat számítása és rajzolása.

A metróvonal-tervezéshez használható programok mágneses háttértárolón kapcsolódnak egymáshoz. A programok és adatok logikai kapcsolata a 2. ábrán látható. A programok számító részét az úttervezéshez kifejlesztett UTESZ rendszerből át tudtuk venni, és csak azokkal az eltérő részletekkel kellett kiegészíteni, amelyek a két tervezési munka különbözőségéből adódnak. Az input-output részek teljesen a metrótervezés sajátosága szerint készültek.

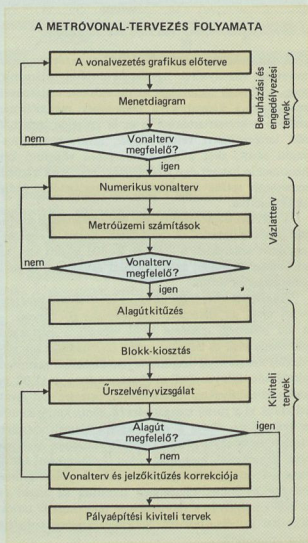
A metró helyszínrajzi vágánytengely-főpontszámító programja a vágánytengely helyszínrajzi felépítésében részt vevő elemek (egyeses, körív, klotoid átmeneti ív) kezdő- és végpontjainak koordinátáit és szelvényét határozza meg vektoralgebrai módszerrel. A tervezés során a koordinátaábrálóval ellátott szintvonalas térképre egyes és körív-vonalzókkal grafikusán fel kell vázolni a vonal egyes szakaszait és köríveit, az átmeneti ívek helyét üresen lehet hagyni. Az egyeses, körív- és klotoid elemekből a programba épített feltételeknek megfelelően csoportokat (ún. alapeseteket) kell képezni, és ezeknek megfelelően a grafikusan tervezett vonalról az elemeket rögzítő koordinátákat és paramétereket a program adatgyűjtő lapján elő kell írni.

A program két, szerkezettel is lényegesen eltérő alapesetecsoporttal számol: a kétfőleemes és a háromfőleemes alapesetek csoportjával. A főleemeket, az egyesest és a körívet a kétfőleemes alapeseteknél meg kell határozni, az átmeneti ívek paramétereit a gép számítja ki. A háromfőleemes alapesetek paraméterértékeit előre kell meghatározni és a gép részére megadni.

A metrótervezésben rendszerint háromfőleemes alapesetek fordulnak elő. Az alapesetek összekapcsolásánál a kapcsolódó főelem mindkét alapesetben szerepel. A számítógép a főpontszámítás eredményeként az alábbi adatokat szolgáltatja: a pont száma, a főpont neve, szelvénye, a főpont koordinátái (Y, X), paraméter, delta R; a körív középpontja és a segédpontok koordinátái. A nyomtatott eredménytáblázat mellett mágneslemeze vitt eredményeket a programrendszer további programjainál bemenő adatként lehet felhasználni.

A metró helyszínrajzi vágány-, illetve alagúttengely-részletpontszámító program az egymástól viszonylag nagy távolságra lévő főpontok között a tengelyen további

1. ábra



pontokat határoz meg. A részletpontok távolságát (sűrűségét) a tervező saját igénye szerint szabhatja meg, de egyszeri számításon belül a szelvényezési távolság nem változtatható.

Az alagúttenyél-részletpontokat a gép ugyancsak a tervező igénye szerinti tetszőleges szelvényezési távolságban számítja ki a vágánytenyél-főpontszámítás során meghatározott vágánytenyélhez viszonyítva. Egyes szakaszokon az alagúttenyél-részletpontok koordinátái megegyeznek a vágánytenyél-részletpontok koordinátáival, vízszintes köríveken azonban az átmeneti ív matematikai kezdőpontjától kezdve fokozatosan eltolódnak a tervező által megadott és a tervezett alagúttenyél eltolódásából eredő értékkel. A tervező annyi eltolásértéket ad meg, ahány főpontot a vágánytenyél helyszínrajzi főpontjait számító program meghatározott.

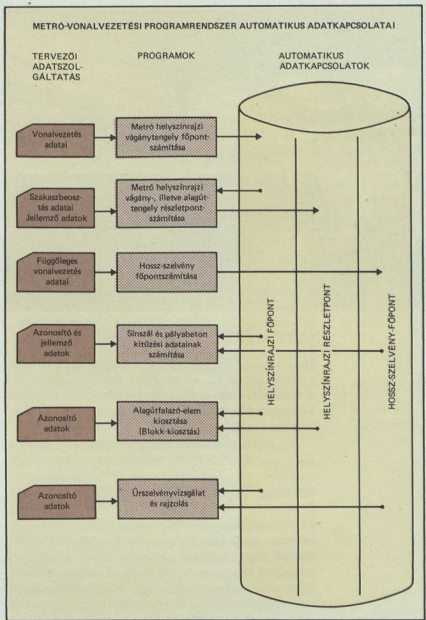
Az alagúttenyél részletpontjainak adatait a program mágneslemezen is tárolja, ezeket szintén fel lehet használni a további programok bemenő adataiként.

A „Pályaszint főpontszámítása” és a „Pályaszint részletpontszámítása” című programok feladatait az UTE SZ azonos című másodfokú parabolás lekerekítést alkalmazó programjai látják el.

A *sínszál és a pályabeton kitézési adatait számító program* meghatározza az előzetesen géppel számított helyszínrajzi és hossz-szelvény-tenyélpontok kitézési adatait. A program alagútbá fektetett és felszíni vezetésű metrópályák vágányainak kitézési számításánál egyaránt alkalmazható. A két típus között a magassági kitézési adatok meghatározásában van alapvető különbség.

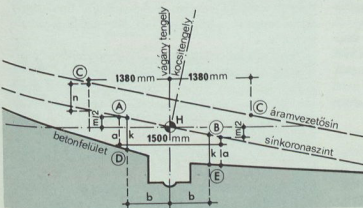
A helyszínrajzilag egyes vonalszakaszon a pálya két sínszálának magassága azonos a vágánytenyél magasságával, itt csak a hossz-szelvény részletpontjait kell számítani (3. ábra).

Az alagútban vezetett metrópálya kitézendő pontjainak számítását a helyét mutatja a 4. ábra. A magassági vonalvezetésnél a vágánytenyélre vonatkozó, a közlekedő vonat menetsebességétől és az ívsugártól függő „m” túlmenési érték felével az ív belső sínszála süllyesztve, a

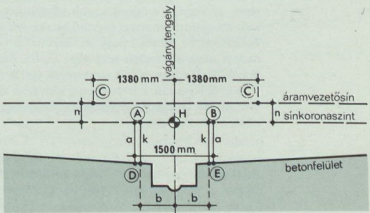


2. ábra

3. ábra. A kiszámítandó pontok helyszínrajzilag egyes vonalszakaszokon



4. ábra. Alagútban vezetett metrópálya kitézendő pontjai





Az észak–déli metróvonal Nagyvárad téri állomása

külső emelvény van. Felszínen vezetett metrópálya esetén a teljes tülelemest az  $iv$  külső sínzárlára számítjuk. A magassági vonalvezetés értékei egyenes pályaszakazon a vágánytengelyre, íves vonalszakazon az alacsonyabb sínzárla vonatkozásánál (5. ábra).

A számítási eredményét a program táblázatos formában nyomtatja ki a következő sorrendben: szelvény, irányviszonyok, vízszintes koordináták ( $Y, X$ ), magassági vonalvezetés, magassági adatok, ágyazóbeton koordinátái ( $Y, X$ ).

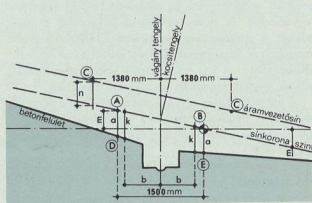
Az *alagút-falazó-elem kiosztását* számító program meghatározza az egyenes, átmeneti íves és köríves szakaszokból álló alagúttengelyhez a vasbeton, öntöttvas vagy más anyagú, meghatározott hosszmeretű normál- és ékgyűrűk elhelyezési sorrendjét úgy, hogy az így nyert poligon optimálisan közelítse az elméleti alagúttengelyt. A számításba vett elemek anyagminősége megfelel az egyes szakaszokra előírt alagút-falazat minőségének. Ezt a számítógépes programot elsősorban pajzsos építési metróvonalaknál használjuk fel.

A program körívben és átmeneti ívben az elméleti görbe közelítésére az ékgyűrűk által meghatározott törésszögeket tartalmazó poligonok közül azt választja, amelynek távolsága az elméleti görbétől a legkisebb. Átmeneti ívről egyenesre kiékeléssel lehet átállni. A szükséges, az ékgyűrű szögének kisebb elhajlás két megfelelően elforgatott öntöttvas ékgyűrű berakásával érhető el. Természetesen feltétel, hogy az alagúttengelyen alkalmazott minimális ívsugar nem lehet kisebb, mint a csak ékgyűrűkből épített alagút tengelyének görbületi sugara.

A gyűrűkiosztást a szelvényezés irányában vagy azzal ellentétesen, de mindig az építés irányával megegyezően lehet, illetve kell végezni.

Az „*Ürszelvényvizsgálat számítása és rajzolása*” című program a kért szelvényekhez átveszi az alagút- és vágánytengely adatait a „*Metróvágány- illetve alagúttengely részletpontszámítása*” című programból, vagy a főlapon megadott sugár-, eltolás-, tülelemes- és magassági eltolásértékekből számítja. Ezután az adatlapról olvasott ürszelvénypontok koordinátáiból meghatározza az ürszelvényt, és a görbületi sugártól függő dőléssel illeszti az alagút- és vágánytengelyre.

Az alagútfalat helyettesítő görbét a falazóelem-típusonként meghatározott irányban lemerít sugárirányú távolságokból számítja. Három-három pontra körívdarabot illeszt, és a két-két pontra számított két körívvel azt választja, amelyik közelebb van az alagúttengelyhez. Az így kapott torz görbe és az ürszelvény adott pontjainak sugárirányú távolságát az eredménylistán az ürszelvénypontok koordinátáival együtt kapja a tervező. Ugyanezen eredménylistán található a szelvényhez tartozó jellemző adatok: az eltolás, a tülelemes, a görbületi sugár, az alagúttengely sínkoronához viszonyított magassági eltolása, az áramvezető sín helyzete, az ürszelvény dőlésszöge, a beépítendő anyag kódja és a bemért sugárértékek. Az eredményekből megállapítható, hogy az eredeti vonal-



5. ábra. Felszínen vezetett metrópálya kitűzendő pontjai

vezetés módosításával elkerülhető-e a hibásan épült alagút átépítése. Háromféle korrekció lehetséges: magassági, helyszínrajzi és együttes magassági és helyszínrajzi.

Az ürszelvényvizsgálathoz tartozó rajzolóprogramrészt a számítással meghatározott ürszelvénypontokat megfelelő sorrendben összekötve felrajzolja az ürszelvény. Az alagútfalat az adott pontokra illeszkedő körívdarabokból összeálló elméleti görbével jelöli. Ezenkívül a rajzolóprogram meghatározza és megrajzolja az alépítményt is.

A programok kifejlesztése 1970-ben kezdődött, és a tervezői igényeknek megfelelően a programfuttatási, a metrótervezési, -építési tapasztalatokat és az újabb számítástechnikai lehetőségeket felhasználva továbbfejlesztésük folyamatos.

## PROGRAMRENDSZER A METRÓÜZEM TERVEZÉSÉHEZ

A metróüzemi számítások feladata kettős. Egyrészt a tervezett vonalvezetést értékeli, másrészt a hatékony és gazdaságos üzemeltetést készítik elő. A gazdaságos üzemeltetéshez olyan üzemviteli módot, energiaellátási, szellőzési rendszert, illetve berendezéseket kell kiválasztani, amelyek optimális energiafelhasználást tesznek lehetővé. Ehhez nyújt segítséget a kidolgozott programrendszer, amelynek egyes programjai nemcsak metróüzem, hanem elővárosi gyorsvasutak, esetenként közúti villamosok üzemének tervezéséhez is használhatók.

### A tervezési folyamat

Az üzemi számítások a tervezés technológiai sorában a vonaltervezés után következnek. Kiindulnak egy elfogadott vonalterv adataiból, majd az ennek felhasználásával készült menetdiagram alapján eldöntik, hogy a vonal vízszintes és magassági vonalvezetése megfelelő-e, azaz a vonat a kívánt sebességgel tud-e haladni. Amennyiben nem, úgy korrigálják a vonaltervet, és újra számítják a menetdiagramot. Ezt mindaddig ismétlik, amíg a megfelelő vonalterv el nem készül (1. ábra).

A menetdiagram eredményei és további alapadatok alapján tervezik a jelzőkitűzést. Ha a jelzők kitűzése

az előírt feltételek mellett nem lehetséges, akkor meg kell változtatni valamelyik feltételt, vagy korrigálni kell a vonaltervet. A vonalterv korrigálása után a tervezési folyamatot meg kell ismételni. A végleges vonalterv elfogadása után tervezik a menetrendeket. A menetdiagram és a mértékadó menetrend alapján tervezik a főszellőzést és a villamosenergia-ellátást.

Ezek a tervezési fázisok hagyományos módon nagyon idő- és munkaigényesek, sok esetben becslésszerűek voltak. Nem volt mód több változat kidolgozására, így gazdasági mérlegelésre sem. A menetdiagramokat, menetrendeket és a jelzőkitűzést grafikus módszerekkel, a főszellőzés és a villamosenergia-ellátás közelítő számításait korábban több hétig tartó munkával készítették el.

### A metróüzemi számítások programrendszere

A programrendszer az ismertetett tervezési folyamat alapvető számításait és gépi rajzait készíti el.

A programok egy-egy részfeladat megoldására készültek, mindegyik használható önállóan, egyedi adatmegadással, egy részük automatikusan kapcsolható a menetdiagram-számítás mágnesszalagon tárolt eredményeihez. (A programok közötti automatikus adatkapcsolatokat és a szükséges adatszolgáltatást a 2. ábra szemlélteti.)

A programok a következők:

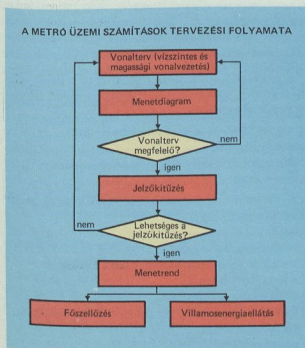
- menetdiagram számítógépes szimulációja;
- menetdiagram rajzolása;
- egyviszonylatos menetrend számítása egy betétjarrattal;
- egyviszonylatos, egybetétjártatos menetrend rajzolása;
- jelzőkiosztás számítógépes tervezése (pontoszerű vonatbefolyásolás esetére);
- a főszellőzés számítógépes vizsgálata;
- a vonal villamosenergia-ellátása.

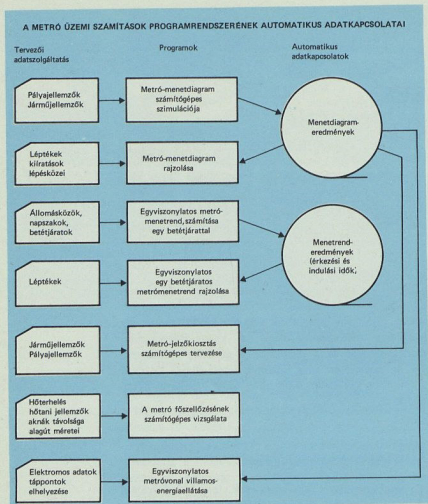
A felsorolt programokat röviden a következőkben ismertetjük.

#### Menetdiagram számítógépes szimulációja és rajzolása

A program az egyenáramú soros motorral üzemeltetett városi gyorsvasutak (metrók), elővárosi gyorsvasutak és közúti villamosok menet- és áramfelvételi diagramját, illetve villamosenergia-fogyasztását számítja a megtett út függvényében. A szimulációs program a vonat mozgá-

1. ábra. A metróüzemi számítások tervezési folyamata





2. ábra. A metróüzemi számítások automatikus adatkapcsolata

sát gyorsítási, kifizési, fékezési szakaszok, illetve a megadott sebességkorlátozások figyelembevételével írja le.

A program kiinduló adatai:

- járműjellemzők (vonat hossza, súlya, forgatómomentum, fékezés lassítása, vonatellenállás, vonóerő- és áramfelvételi karakterisztika);
- pályajellemzők (helyszínrajzi és hossz-szelvényadatok, állomások és sebességkorlátozások helye).

A program eredménytáblázata tartalmazza:

- a megtett utat;
- a pillanatnyi sebességet;
- az indulás óta eltelt időt;
- a pillanatnyi áramfelvételt;
- az indulás óta fogyasztott villamos energiát.

A program ugyanezeket az eredményadatokat mágnesszalagra is rögzíti, ezeket az adatokat használják fel a metróüzemi számítások programrendszerének további programjai.

A menetidogram-rajzoló program a kért léptékben és feliratokkal ábrázolja az út–sebesség, út–idő, út–áramfelvétel diagramokat (3. ábra).

*Egyviszonylatos, egybetétjáratos menetrend számítása és rajzolása*

A program egyviszonylatos, egybetétjáratos menetrend számítására (városi gyorsvasutak, metrók, elővárosi gyorsvasutak közlekedési rendjének tervezéséhez) alkalmas, a következő feltételek mellett:

- egy járműtelep van, a vonalszakasz végén;
- maximálisan hatvan szerelvény sorolható be a forgalomba;
- a betétjáratos vonalszakaszon és betétjáratos napszakban minden alapjáratú szerelvény után egy betétjárati szerelvény indulhat;
- a nagy forgalmú állomásokon csúcsforgalmi napszakban lehetőség szerint el kell kerülni, hogy a vonatkazon időpontban érkezzenek be.

A program kiinduló adatai:

- állomásközpök (távolság, menetidő, várakozási idő);
- napszakok (időtartam, követési idő, fordítási idő);
- betétjárati igényei (napszakok, végállomások);
- üzemi korlátozások.

A program eredménye a napszakonkénti indítási jegyzék. Napszakváltás esetén a program kiírja a vonatsűrítés vagy vonatritkítás adatait, a behívott, illetőleg kiállított vonatok számát és időpontját.

A program az indítási jegyzéket mágnesszalagra rögzíti, erről a mágnesszalagról készíti el a menetrend-rajzoló-program a grafikus menetrendet, a kért léptékben (4. ábra).

*Jelzőkiosztás számítógépes tervezése*

A program gyorsvasutak biztosítóberendezéseinek tervezésénél használható fel, olyan esetekben, amikor a vonalon pontszerű vonatbefolyásolásos üzem van, védőszakaszos vonatfékezésessel.

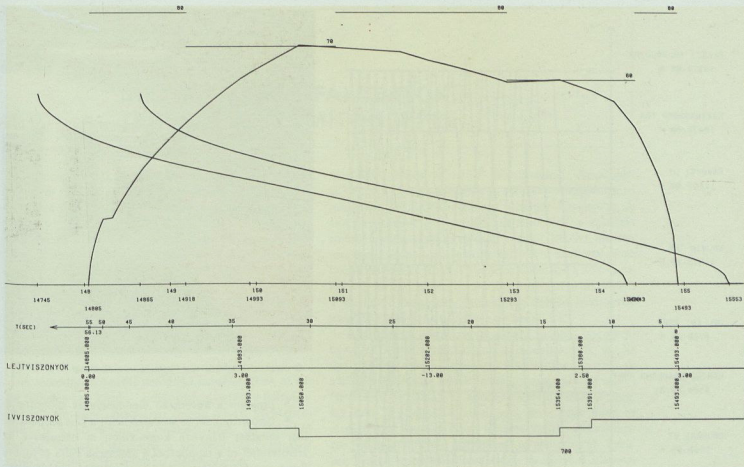
A program feladata, hogy meghatározza a jelzők telepítési helyeit, szinképét, láthatóságát a megadott feltételek figyelembevételével.

A program kiinduló adatai a feltételek: kívül:

- járműjellemzők;
- pályajellemzők (helyszínrajzi és hossz-szelvény);
- menetidogram.

A program a következő eredményeket szolgáltatja:

- jelzők szelvényei;
- a szigetelt sínkötések szelvényei;
- az autostop szelvényei;
- a vonatfedezés célzó védőszakaszok hossza;
- a vészfék út jellemzői;
- a szabad jelzési időtartalak;
- a tilos, a figyelmeztető és a szabad jelzés időtartama;
- a jelző láthatósága;
- a jelző szinképe.



3. ábra. Menetidíagram gépi rajza

### A fűszellőzés számítógépes vizsgálata

A fűszellőzés feladata az, hogy az alagútban közlekedő szerelvények üzeme során keletkező nagy mennyiségű hőt elvezesse. Ez a hő a metróvonalak alagútjaiban és állomástereiben a villamos vontatásból, a világításból, a transzformátorok, a vasútbiztosító és egyéb segédüzemi berendezések működéséből, valamint az utasok hőleadásából származik. A felszabaduló hő nagy részét szellőzéssel úgy kell eltávolítani, hogy a légtér túlmelegedése ne álljon elő. A szellőzőlevegő be- és elvezetéséhez az állomáson, valamint az állomások között a vonalon szellőzőaknákat létesítenek.

A program az előírt hőfokkorlátozások figyelembevételével meghatározza a ventilátorok által megmozgatott levegő mennyiségét. A program figyelembe veszi a napi és évi hőingadozást. A szükséges összefüggéseket a hővezetés differenciálegyenletének és a falon történő hőátadás egyenletének megoldása szolgáltatja.

A programhoz szükséges kiinduló adatok a következők:

- meteorológiai adatok;
- a levegő paraméterei;
- az alagút méretei;
- az akna távolsága;
- az akna közti szakasz hőterhelése (menetidíagram, menetrend figyelembevételével);
- a fal és a környező talaj hőtani jellemzői.

A program vonalszakaszonként a különböző kívánt hőfokváltozásokhoz tartozó szellőzőlevegő-mennyiségeket adja meg táblázatos formában. Ennek alapján meghatározható a levegő mozgatásához szükséges ventilátorok teljesítménye.

### Villamosenergia-ellátás és vonaláramok meghatározása

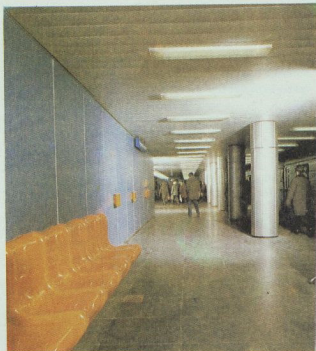
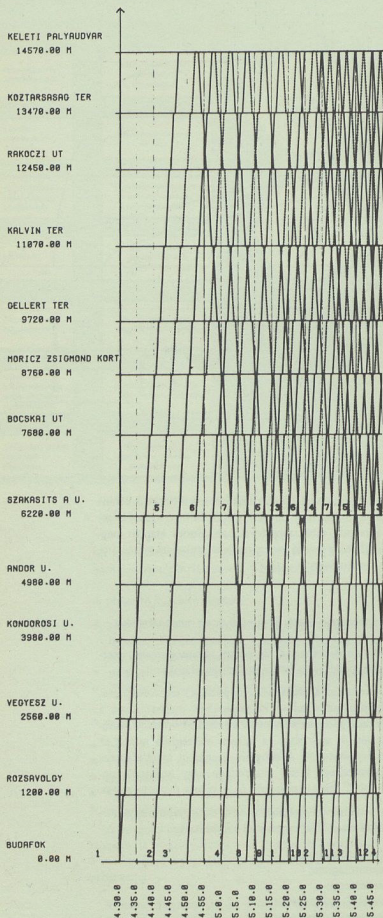
A program gyorsvasutak és közötti villamosvonalak energiaellátásának tervezéséhez szolgáltat adatokat.

A vontatási állomások (táppontok) terheléelosztásának programja adott időpontokban meghatározza a mértékadó menetrend szerint közlekedő vonatok áramfelvételét, és azt, hogy ez milyen mértékben terheli az egyes táppontokat. A program ezenkívül meghatározza a tápvezetékben (felső vezetékben vagy harmadik sínben) folyó áram nagyságát és a vonali feszültségcsökést.

A program a Kirchhoff-törvényeken alapuló egyenletrendszer megoldásával végzi el a számítást.

Kiinduló adatai:

- menetdiagram;
- menetrend;
- szerelvények összetétele;
- táppontok elhelyezése;
- vonal- és tápponti ellenállások.



Az észak–déli metróvonal Ferenc körüli állomása

A program a következő eredményeket szolgáltatja:

- táppontonként és szakaszonként a kért időpontokban mindkét irányban külön-külön és összegezve az áramfelvételt és a táppontból a szakaszba balra és jobbra folyó vonaláramok, továbbá a feszültségesések értékeit;
- táppontonként és szakaszonként a vizsgált időtartamban meghatározza az áramfelvétel számítani és négyzetes középértékét, az áramfelvételi csúcs nagyságát és helyét, továbbá az áramfogyasztást.

#### A programok felhasználása

A programokat az észak–déli metróvonal Nagyvárád tér–Deák Ferenc tér, Köbánya-Kispest–Nagyvárad tér, Deák Ferenc tér–Élmunkás tér, Élmunkás tér–Árpád-híd, Árpád-híd–Káposztásmegyér, továbbá a Dél-Buda–Rákospalota metróvonal I. és II/a szakaszai, a Hungária körüli gyorsvillamos, a szentendrei és a gödöllői HÉV tervezésénél eredményesen használták fel az UVATERV tervezői.

#### Fejlesztési elképzelések

A folyamatos vonatbefolyásolással működő biztosítóberendezéssel, illetve az automatikus, számítógépes vonatirányítással, továbbá a tervbe vett új rekuperációs rendszer új kocsitípus megjelenésével kapcsolatban új feladatok jelentkeznek, amelyek új programok kidolgozását igénylik.

4. ábra. Egyviszonylatos, betétjáratos menetrend gépi rajza

## METRÓ-ALAGÚTFALAZATOK TERVEZÉSE SZÁMÍTÓGÉPEL

A metrószerkezetek tervezése hosszú múltra tekint vissza. Az újabb fejlődés a korábbi évtizedekben kidolgozott eljárásokra épül. Az alagútszerkezetek méretezési módjait – a szerkezet és az azt körülvevő kőzet kölcsönhatása mértékének a figyelembevételé alapján – három csoportra osztjuk: a *szabadon deformálódó*, a *gátolt deformációjú* és a *rugalmas közegbe ágyazott* rugalmas szerkezetek méretezési módjai.

Az első csoportba azok a méretezési módok tartoznak, amelyeknél meghatározzuk a szerkezetre ható aktív terheket (hatásokat) – függőleges, vízszintes közetnyomás, víznyomás stb. – és ezekre a terhekre méretezzük a szerkezetet.

A második csoportba sorolható módszerekben az aktív terheléseken kívül – a deformáció hatására fellépő – önkényesen vagy tapasztalati alapon felvett kőzettelállást is külső teherként működtetjük. Így közelítő módon vesszük figyelembe a szerkezet deformációját gátolt kőzettelállást a falazat méretezésekor.

A harmadik csoportba tartozó eljárások a kőzet és a falazat kölcsönhatása alapján méretezik az alagútszerkezetet.

Az első két csoportba sorolható eljárások durva, illetve kevésbé durva közelítések, míg a harmadik csoportba sorolható eljárások jól megközelítik a tényleges erőjtékot. Ez utóbbi módszerek általában jelentős számítási munkával járnak, elterjedésüket és fokozott alkalmazásukat a számítógépek fejlődése segítette elő.

### A gépi számításra alkalmas mechanikai modellek

Az alagútfalazatok jó közelítéssel sík alakváltozási állapotban vannak. Ezért a gépi számításra használt alagútfalazat-méretezési eljárásokat két csoportra oszthatjuk:

- Az alagútfalazatot rúdszerkezettel modellezzük.
- Az alagútfalazatot kontinuumban – félsíkban, síkban, féltérben, térben – fekvő szerkezetként vesszük figyelembe.

Az a) esetben az alagútfalazatot modellező síkbeli rúdszerkezetet úgy vesszük fel, hogy a szerkezet tengelyét, amely általában íves kialakítású, poligon vonallal helyettesítjük. A talaj megtámasztó hatását, amely a szerkezet talaj felé elmozduló szakaszán folyamatos jellegű, a poligon tőrepontjainál felvett megtámasztó rudakkal – koncentrált megtámasztásokkal – helyettesítjük. A rúdszerkezeti megközelítés lehetővé teszi, hogy mind az egyes falazati szakaszok eltérő merevségét, mind az ágyazásnál jelentkező eltéréseket figyelembe vehessük, ezáltal a talajrétegződést viszonylag pontosan nyo-

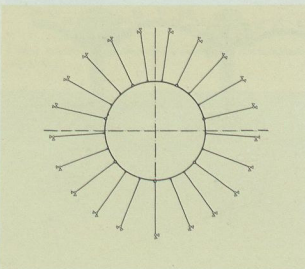
mon követhessük a modell kialakításánál. Az alagútfalazat és a kőzet között fellépő súrlódást a megtámasztó rudak megfelelő elforgatásával vehetjük figyelembe. A talaj megtámasztó hatásának határpontjait a számítás során megkereshetjük: először a teljes kerület mentén megtámasztó rudakat veszünk fel, ekkor azok egy része hűzött rúd lesz. Ezeket iterációs eljárással kiküszöbölhetjük, és így a megtámasztott kerületrés nagyságát a szerkezet deformálódásának megfelelően határozzuk meg. Ez a művelet a programba is beépíthető.

A b) esetben a szerkezetet a fenti módon, míg a környezetet kontinuum-mechanikai modellel írjuk le. Az ilyen módszer szerint méretező számítógépes programok a kifalazott üreggel, illetve az üreggel megszakított súlyos félsík igénybevételit és elmozdulásait határozzák meg. Így ezek a programok alkalmasak arra, hogy mind az alagútfalazat, mind a kőzet igénybevételit, alakváltozásait, valamint a felszín süllyedéseit meghatározzuk. Ezekben a programokban a kontinuum mechanikai állapotának meghatározására a végeelem-analízist alkalmazzuk.

### Alagútfalazatok számítása rúdszerkezeti program felhasználásával

A szerkezetet rudakkal helyettesítjük. A talaj rugalmas megtámasztását Winkler-típusú ágyazással írjuk le. Ezért tekintjük a rugalmas félsíkban az  $r$  sugarú kör sugarának

1. ábra. Csuklós vasbetonblokkos alagútfalazat statikai váza





a kör alakú kivágás felületén ható  $p$  nagyságú, egyenletes belső nyomás hatására létrejövő megnyúlását:

$$u = \frac{pr}{E} (1 + \mu).$$

Ebből az összefüggésből az ágyazási együttható értéke:

$$k = \frac{E}{r(1 + \mu)}.$$

Az ágyazást koncentrált, mindkét végén csuklósan befogott rugalmas rudakkal (ingaoszlopokkal) helyettesítjük. Ehhez a rúd rugalmassági tényezőjét, hosszát és területét úgy választjuk meg, hogy a rúd megrövidülése a  $p$  nyomás hatására azonos legyen a fent említett rugalmas félsík kör alakú kivágása sugarának megnyúlásával.

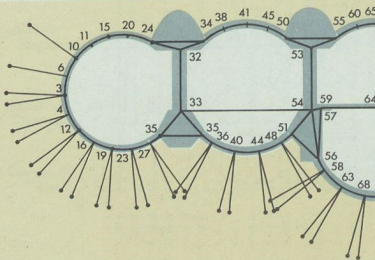
A rúdszerkezettel leírt rugalmas megtámasztott alagútfalazat mechanikai állapotának a meghatározását a gépi számításhoz jól megfelelő elmozdulásmódszerrel végezzük el.

A módszerben a szerkezetet csomópontokban kapcsolódó rudak összességének tekintjük. A rudakra ható terheléseket csomóponti terhelésekre redukálva, a hatásukra létrejövő csomóponti mozgásokat tekintjük ismeretlenneknek. Ez csomópontként három ismeretlen jelent. A feladatot az alábbi mátrixegyenlet írja le:

$$\begin{bmatrix} G^* & \\ & F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} q \\ t \end{bmatrix} = 0.$$

A  $G$  hipermatrixa a szerkezet geometriáját, az  $F$  pedig a hajlékonyságát jellemzi;  $G^*$  a  $G$  transzponáltja. Az  $u$  hipervektor a csomópontokban értelmezett csomóponti elmozdulásvektorokat, az  $S$  a rudakban ébredő belső erők csomóponti értékeit tartalmazza. A  $q$  a csomóponti erő jellegű, míg a  $t$  a kinematikai jellegű terhek csomóponti vektorainak hipervektorai. Az általános egyenlethez természetesen csatolni kell a peremfeltételek, vagyis a megtámasztások és az egyes rudakra ható terhelések konkrét alakját is.

2. ábra. Ótalgutas metróállomás keresztmetszetének statikai váza



Előállítva a szerkezet merevségi mátrixát, vagyis a

$$K = G^* F^{-1} G$$

mátrixot, a feladat megoldását a

$$KU + Q = 0$$

egyenlet megoldása adja.

A szerkezeti váz felvételénél a várhatóan húzott megtámasztó rudakat már a kiindulásnál elhagyhatjuk (1. ábra). A megtámasztó rudakban húzófeszültségek nem ébredhetnek, mivel a talaj húzófeszültség felvételére nem alkalmas. Így egy-egy számítás után ellenőrizni kell, vajon a felvett megtámasztás, és a számított elmozdulások összhangban vannak-e. Minden egyes korrigálás a megtámasztási mód új elkészítését és új futtatást igényel. Ez a feladat a számítógép alkalmazásával egyszerűen megoldható. A kerületen, minden csomópontban felvevünk ingaoszlopot. A számítás során az ingaoszlopokban ébredő igénybevétel korlátozásával elérjük, hogy a húzott talajrudakat a program automatikusan – a többlet-igénybevételnek a szerkezetre való visszatérhelésével – meghatározza, és az erőjatekből a húzott megtámasztó rudakat kiiktassa. Így az elvárt zónát a program automatikusan számítja.

A programmal elvégezhető az állomás szerkezetének a számítása is (2. ábra). Az állomás statikai vázának felvételét megnehezíti, hogy a boltozatok hajlékonyak, és viszonylag merev hosszgerendák adják át a terheiket a pontonként elhelyezkedő alátámasztó oszlopoknak. Az UVATERV által kialakított állomási statikai váz számítógépes programozása kiválóan bizonyult, és a számítás által kapott eredmények jól írják le a szerkezet erőjatekait.

#### Földalatti-műtárgyak méretezése kontinuum-modell alapján

A kontinuumként modellezett testek (a műtárgy és környezete) állapotát egy eltolódásvektorral, egy alakváltozási és egy feszültségi tenzorral jellemezhetjük. Kis elmozdulások és deformációk létrejöttékor, ami az alagút és környéke vizsgálatkor jó közelítéssel fennáll, lineáris elméletet nyerünk. Az egyes állapotmezők közötti kapcsolatot az ismert Cauchy-összefüggések, az egyensúlyi egyenletek, valamint az általánosított Hooke-törvény adják meg.

A vizsgált test egyensúlyi állapotának pontos meghatározásához szükséges a test felületén az elmozdulásokat vagy a külső megoszló erőket mint peremfeltételeket megadni. Így ez egy lineáris differenciálegyenlet-rendszerre vonatkozó peremérték-feladatra vezethető vissza.

A feladat numerikus megoldásához általában a véges-elem-analízist alkalmazzuk. A módszer lényege, hogy a vizsgált tartományt résztartományokra osztjuk (3. ábra), a résztartományokon értelmezzük néhány függvényt, amelyek lineáris kombinációjával közelítjük a feladatban szereplő állapotmezőket. A résztartományra osztás során

figyelemmel kell lenni arra, hogy azok diszjunktak legyenek ( $V_i \cap V_j = \emptyset$ ), és a résztartományok lefedjék a vizsgált tartományt ( $\bigcup_{i=1}^n V_i = V - \Omega_n, \Omega_n \rightarrow \emptyset$ ). A fel-

adat peremfeltételeit ki kell egészíteni a résztartományok egymást elválasztó felületeire. Ezek a „belső” peremfeltételek biztosítják az állapotmezők folytonosságát a rész-tartományok határain.

A végelem-analízisben a feladat differenciálegyenlet-rendszerét algebrai egyenletrendszerre vezetjük vissza. Ezt az eljárást a sík alakváltozási állapot vizsgálatán keresztül mutatjuk be, az elmozdulásmódszert, és ennek megfelelően a potenciális munka minimumelvét alkalmazva. Az UVATERV programjában végeelemnek a háromszöget tekintjük, az elmozdulásmezőt egy háromszögön belül hat szabad paraméterrel jellemezzük.

A résztartomány lokális koordináta-rendszerében értelmezett

$$\mathbf{u} = \mathbf{n} \mathbf{u}_{\text{köz}} = \begin{bmatrix} 1 & x & y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{u}_0 \\ \mathbf{u}_1 \\ \mathbf{u}_2 \end{bmatrix}$$

elmozdulásfüggvényt az

$$\mathbf{e} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{n}_a \\ \mathbf{n}_b \\ \mathbf{n}_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{u}_0 \\ \mathbf{u}_1 \\ \mathbf{u}_2 \end{bmatrix} = \mathbf{c} \mathbf{u}_{\text{köz}}$$

összefüggés segítségével

$$\mathbf{u} = \mathbf{nc}^{-1} \mathbf{e} = \mathbf{N} \mathbf{e}$$

alakú kifejezésre hozzuk, ezzel áttérünk az ismeretleneknek a csomópontok egységnyi elmozdulásvektoraival kifejezett alakjára (4. ábra). Ezután mátrix-alakban írjuk fel az alakváltozási tenzort:

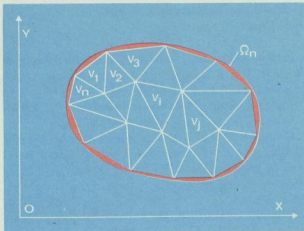
$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \end{bmatrix} \mathbf{u} = \mathbf{B} \mathbf{e},$$

és a Hooke-törvényt

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{D} \mathbf{E},$$

ahol izotrop és ortotrop anyagokra

$$\mathbf{D}_{\text{izot}} = \begin{bmatrix} E & \nu E & 0 \\ 1-\nu^2 & 1-\nu^2 & 0 \\ \nu E & E & 0 \\ 1-\nu^2 & 1-\nu^2 & 0 \\ 0 & 0 & 2\mu \end{bmatrix}; \mathbf{D}_{\text{ortot}} = \begin{bmatrix} E_x & \nu_x E_x \\ 1-\nu_x \nu_y & 1-\nu_x \nu_y \\ E_y & E_y \\ 1-\nu_x \nu_y & 1-\nu_x \nu_y \\ 0 & 0 & 2\mu \end{bmatrix}$$



3. ábra. A kontinuum téhatárolt területének felosztása rész-tartományokra (végleges elemekre)

Az elem egyensúlyát a potenciális energia minimumából határozzuk meg. Eközben a

$$\mathbf{K}_i = \int_{V_i} \mathbf{B}^T \mathbf{D} \mathbf{B} dV$$

integrállal az  $i$ -edik elem merevségi mátrixát értelmezzük. Az elemre ható kinematikai  $-E_0$ , mechanikai meg-  
oszló  $-p$  és csomóponti koncentrált  $-P$  erőket egy, a csomópontokban ható terhektorba foglaljuk össze:

$$\mathbf{t}_i = \int_{V_i} \mathbf{B}^T \mathbf{D} E_0 dV + \int_{V_i} \mathbf{N}^T p dV + \mathbf{P}.$$

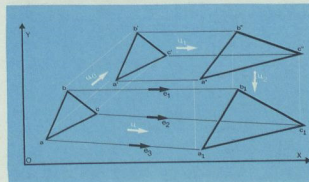
Az elemi merevségi mátrixokat és az elemen ható terhektorokat csomópontként összegyűjtve a szerkezet teljes egyensúlyi egyenletét nyerjük:

$$\mathbf{K} \mathbf{U} + \mathbf{Q} = \mathbf{0}.$$

Az algebrai egyenletrendszer megoldása egyúttal a csomóponti elmozdulások vektorait adja, amiből az egyes elemek, azaz rész-tartományok, és így az egész vizsgált tartomány mechanikai állapota meghatározható.

A végelem-analízis a földalatti-műtárgyak számításában mind lineáris, mind nemlineáris összefüggések esetén jól alkalmazható.

4. ábra. Lokális térkoordinátákról a csomóponti elmozdulásokra való áttérés



#### **A rúdszerkezeti program bemenő adatai, eredménytáblái**

A bemenő adatoknak jellemezniük kell a szerkezet geometriáját, fizikai tulajdonságait és a szerkezetre ható terhelések értelmét és nagyságát.

Ezeknek megfelelően a bemenő adatokat – 12 különböző jelű és rendeltetésű – adatlapon adjuk meg.

Először a tervező által alkalmazott dimenziókat kell feltüntetni, majd a csomópontok megtámasztási viszonyait és koordinátáikat adjuk meg. Ezután definiáljuk a rudakat (a végpontjaikkal), megadjuk a rudak merevségét és rugalmassági tényezőjét, valamint a rudak csomópontba való csatlakozásának a típusát. Ez utóbbi lehet merev, csuklós vagy rugalmas, amikor is a kapcsolat rugalmasságát is fel kell tüntetni. Megadható a testsűrűség az önsúly számításához. A szerkezet geometriai adatait és a terheléseket egy meghatározott koordináta-rendszerben (általában 1. térnegyedben) szokás megadni. A program koncentrált és lineárisan megoszló erő jellegű, valamint hő hatására és az alátámasztások elmozdulásából létrejövő terhek figyelembevételére alkalmas. Lehetőség van igénybevétel-korlátozásra is. Ekkor meg kell adni a korlát határait, illetve a korlátozandó rudak csoportját.

A fenti bemenő adatok beolvasása után a gépi számítás a következő eredménytáblázatokat szolgáltatja: a csomópontok elmozdulásai, a rudak rúdvégi normál-, nyíróerő- és nyomatéknagyságai, valamint az alátámasztásokban ébredő befogási erők és nyomatékok értékei.

#### **A kontinuum-mechanikai program bemenő adatai és eredménytáblái**

A bemenő adatoknak jellemezniük kell mind a szerkezetet, mind a környezetet geometriailag is, fizikailag is. Ezenkívül a környezet és a szerkezetre ható terhelések irányát és nagyságát is meg kell adni.

Az elvégzendő számítás típusától függően a bemenő adatokat 15–20 különböző jelű és rendeltetésű adatlapon kell megadni.

Először a tervező által alkalmazott dimenziókat kell feltüntetni, majd a szerkezeten és a kontinuumon kijelölt végelem-hálózat csomópontjainak megtámasztási viszonyait és koordinátáit adjuk meg. Ezután definiáljuk a végelemeket, megadjuk a rugalmassági tényezőket – anizotrop anyag is alkalmazható –, valamint a testsűrűséget az önsúly számításához. Végül az elemek csomópontba való csatlakozásának a típusát tüntetjük fel. A

program koncentrált csomóponti és lineárisan megoszló, valamint hő- és támaszmozgásból létrejövő terheléseket tud figyelembe venni.

A kontinuum-mechanikai elméleten alapuló program figyelembe tudja venni – elválo elem alkalmazásával – a vetők, a szakadások és a réteglapok hatását az elmozdulásmezőre, így ezekről külön bemenő adatokat kell a program számára beolvasni.

A fenti bemenő adatok beolvasása után a gépi számítás a következő eredménytáblázatokat szolgáltatja: a csomópontok elmozdulásai, az egyes végelemek csomóponti erői és nyomatékai (rúdelem), illetve normál- és nyírófeszültségei (tárcaelem) és az alátámasztásokban ébredő befogási erők és nyomatékok.

#### **A számítógépes eljárás előnye**

A rúdszerkezetek elméletén alapuló számítógépes program használata lehetővé teszi, hogy alagútszerkezetet többféle terhelésre, gyorsan méretezzünk, és így meghatározzuk a mértékadó igénybevételeket és elmozdulásokat. Ezenkívül lehetőség nyílik arra is, hogy összetett földalatti-szerkezeteket (pl. kercső-lejtaknát, állomást) méretezzünk segítségével.

A kontinuum-elméleten alapuló számítógépes program alkalmazása lehetővé teszi a szerkezet vizsgálatán kívül a körülvevő talaj feszültség- és alakváltozás-állapotának a vizsgálatát, valamint a kőzet felszínüllyedésének meghatározását is. Ezért a hálózatsűrűségét az eredmények elvárt pontosságának megfelelően kell megválasztani; a hatóvonal mentén, továbbá a koncentrált erő támadáspontjában csomópontot kell létesíteni. A módszer lehetőséget ad arra, hogy bonyolult geometriájú és építési technológiájú szerkezetek (pl. ötszöves állomás) egyes építési elemeinek optimális sorrendjét meghatározzuk, mivel a végelem-háló minden csomópontjában a program minden egyes építési állapothoz kiszámítja a hozzá tartozó csomóponti erőket és elmozdulásokat.

A számítógépes alagútszerkezet-tervezés a rendkívül bonyolult és időigényes számítási eljárások gyors és egyszerű elvégzését teszi lehetővé, lényegesen segítve ezzel a földalatti-szerkezetek tervezésének a munkáját.

Az elmúlt évek során az UVATERV a mélyépítési szerkezetek tervezési munkáinak elvégzéséhez rendszeresen alkalmazta számítógépes programjait. Így a budapesti és a calcuttai metró vonalalagútjai, állomásai és mozgólépcsői, valamint a belgrádi vasúti alagút és a békásmegyeri vízműalagút szerkezeteinek tervezésénél használták a fent ismertetett számítógépes programokat.

## MŰEMLÉKSZERKEZETEK FELÚJÍTÁSÁNAK TERVEZÉSE

Napjainkban egyre gyakoribb feladat a fél- vagy akár egy évszázados acélszerkezetek felújítása. Az ilyen, műemlék jellegű szerkezetek felújítása során általában indokolt az a követelmény, hogy a szerkezet feleljen meg az érvényes szabványok szerinti terheléseknek. Ezek rendszerint magasabbak, mint az eredeti számításokban felvett terhek, vagyis a régi szerkezet tulajdonképpen nem is felelhetne meg. Szerencsére a helyzet többnyire nem ennyire reménytelen. Gondos elemzéssel és a számításgépesítés adta lehetőségeket is kihasználva feltárható a szerkezetek teherbírási tartaléka.

Az ilyen feladat megoldása más tervezési felfogást igényel, mint egy új szerkezeté, hiszen egy geometriailag adott, statikájával és anyagjellemzőivel meghatározott szerkezetnek a korábbiakhoz hasonló jellegű és esztétikai hatású kivitelét kell megoldani.

Ilyen acélszerkezetek felújításánál — különösen bonyolult és összetett szerkezetek esetén — számos statikai modell vizsgálatára, pontos számítási módszerekre van szükség. Ezekhez jól alkalmazható az ICL System 4—70 típusú számítógépre általunk honosított, *nagyméretű rúdszerkezetek vizsgálatára alkalmas programrendszer*, amellyel térbeli, síkbeli keretek és tartórácsok számítása végezhető. A programrendszerrel akár 600 rúdból álló szerkezet is többszáz terhelési állapottal vizsgálható; a szerkezeti változások igen gyorsan és nagy pontossággal követhetők.

A tervezés során felhasználható tartalékként — az acélananyag minőségétől függően — lehetőség van a megengedett feszültség megemelésére is. A korabeli számításokban az esetek többségében 1000 kg/m<sup>2</sup> megengedett feszültséggel számoltak. Több szerkezetből vett anyagminta vizsgálata kimutatta, hogy az anyag mechanikai jellemzői közel állnak a jelenlegi A 38-as minőséghez. Így, egyéb szempontokat (például a hegeszvas inhomogén szerkezetét) is figyelembe véve, a megengedett feszültséget 1120 és 1280 kg/cm<sup>2</sup> közötti értékben lehet felvenni. Ez mintegy 20% körüli teherbírási tartalékok jelent.

A gépi számítások során lehetőség van a szerkezeti elemek anyagi és geometriai jellemzőinek pontos követésére. Együttesen vizsgálhatók különböző anyagi tulajdonságú elemek vagy elemcsoportok, figyelembe véve például a teljes szerkezet egyes részein a különböző mértékű korróziós károsodásokat.

A régi számításokban egyszerű — rendszerint grafostatikai — módszereket alkalmaztak, kerülve a többszörösen határozatlan szerkezeteket. A kihajlás figyelembevételénél — a kor ezirányú ismereteiből adódóan — meglehetősen bizonytalanságot lehet megfigyelni. Az

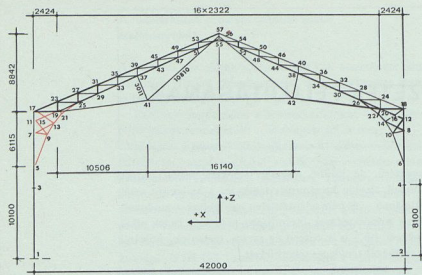
egyszerű, de kitűnő mérnöki érzékkel felvett statikai modell alapján kiszámított szerkezet a kialakítás során általában — és nem jelentéktelen mértékben — módosult. Ezek a módosítások (számításba nem vett rudak alkalmazása stb.) is a biztonság javára történtek, növelték a szerkezet tényleges teherbírást.

A számítások gépesítése, a vizsgálatokat elvégző programrendszer biztosítja a szükséges numerikus pontosságot. A valóságot igen jól közelítő modellek sorozata számítható ki a teljes szerkezet figyelembevételével, valamennyi esetben a totális terhelésállapotok megadásával. Pontosán követhetők a meglévő, de eredetileg figyelembe nem vett határozatlanságok bevonásának hatásai. Mind ezen vizsgálatok során további jelentős teherbírási tartalékok tárhatók fel.

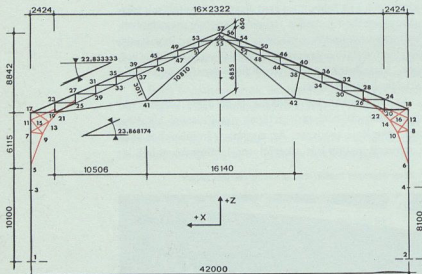
Az eddigieket jól példázza a Nyugati pályaudvari vágányarnok acélszerkezetének felújításánál alkalmazott vizsgálati módszer. Az eredeti számításokból csak a szaruzat számítását sikerült megtalálnunk, abból ki-

1. ábra. Szaruzat kialakítása az oszlopsatlakozásnál





2. ábra. Statikai váz jobb oldali vízszintes terhekre



3. ábra. Statikai váz függőleges terhekre

derült, hogy kéttámaszú, Polonceau-rendszerű tartóként számították, Cremona-eljárással. Az 1. ábrán jól látható, hogy a saruzat kialakítása az oszlopokhoz való csatlakozásnál – a számítottal ellentétben – keretsarokszerűen történt. A saruzat középső szakaszának nagymértékű korróziós károsodása annak kiserelését tette szükségessé – a műemléki szempontok figyelembevételével. Ez azt jelentette, hogy a szerkezet megjelenése, szelvényeinek mérete stb. nem térhetett el az eredetitől. A saruzat műemléki szempontból legértékesebb részét – az oszlopokhoz csatlakozó keretsarokszerű rész és a vonórudakat – pedig anyagában is megtartottuk.

Az első gépi számítások a tényleges rudak figyelembevételével készültek. Az eredmények alapján a sarok íves rúdja, valamint laposvas rácsrúdja nyomásra nem feleltek meg. Nagy kihajlási hossza miatt az íves rúd jelentős megerősítésére lett volna szükség, ami műemléki szempontból nem volt megengedhető.

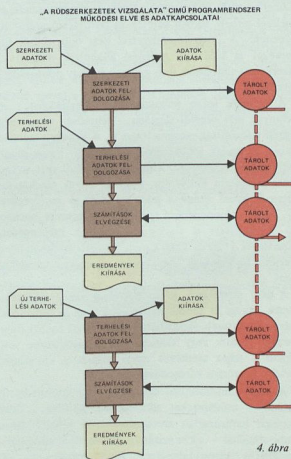
A gépi úton végzett modellvizsgálatok elemzése kimutatta, hogy a sarokrész rúdjaiknak igénybevétele nagyrészt a vízszintes (szél-) terhek hatására következik be. E terhelésre olyan statikai modellt választottunk,

amelyben a túlterhelt sarokrész nyomott rúdjai nem szerepelnek. Ez tulajdonképpen megfelel a kihajlás utáni állapotnak (2. ábra).

A szerkezet geometriai adatait módosítva a lefutott gépi számítások megadták a rüderők átrendezett értékeit. Ennek alapján az elhagyott rudak terheit a környező elemek vették át. Mivel a függőleges terhekből is meg nem engedett igénybevételek adódtak – ezekre kéttámaszú tartóként számítottuk a szerkezetet –, a keretsarok rúdjaikat elhagytuk. Csak olyan terhelési esetekben vittük tehát figyelembe a keretsarok rúdjaikat, amikor húzás keletkezik bennük (3. ábra).

A vizsgálat eredményeként a szerkezet igénybevételeit összegezve megállapíthattuk a szükséges megerősítések mértékét, amelyek már nem voltak jelentősek és a szerkezet megjelenését sem befolyásolták, ami alapvető követelmény a műemlékszerkezetek felújításai során.

A számításokat végző rúdszerkezet-programrendszer a geometriai és terhelési adatokat, valamint a kiszámított eredményeket háttértárolón (mágnesszalagon) megőrzi. A szerkezet modelljének vagy terheléseinek módosítása egyszerűen elvégezhető. Az egyszer már rögzített terhelések a vizsgálatba bármikor és bármilyen kombinációban bevonhatók. A programrendszer működésének elve és adatkapcsolata a 4. ábrán látható. A modellvizsgálatok során merev és rugalmas megtámasztások, valamint a támasz-süllyedések hatásaként támaszmozgások is megadhatók. A kiszámított eredmények a szerkezet csomópontjainak mozgásait, rúdjaiknak igénybevételeit és a támaszreakciók értékeit tartalmazzák.



4. ábra

## KIKÖTÖTT TORONYSZERKEZETEK STATIKAI VIZSGÁLATA SZÁMÍTÓGÉPPEL

A toronyszerkezeteknek két alaptípusa van: az öntartó és a kikötött szerkezetek. Kivételesen kombinációjuk is előfordul. Nagyobb magasságok esetén a kikötött szerkezet építése a gazdaságosabb, de figyelembe kell venni, hogy a kikötések miatt a létesítmény helyigénye nagyobb, ami beépített környezetben erősen befolyásolhatja, hogy ezt a típust alkalmazzák-e.

A kikötött toronyszerkezeteket elsősorban a rádió- és tv-műsort sugárzó, illetve átjátszó állomások tornyainak építik, de egyéb célra, például ipari létesítmény magaskéményének tartószerkezeteként is alkalmazzák. A torony törzse többnyire párhuzamos vonalazású szerkezet, amelynek vonalát a ráépített sugárzó- és kezelőberkelemek vagy zárt kabinok szakítják meg. Amennyiben a torony füstcsöveket tart, úgy ezek tartókonvoljait és kompenzátorait kell szakaszonként megépíteni.

A toronytörzs lehet acélszerkezet; vegyes építés esetén — ha a torony talpa befogott — az alsó része vasbeton is lehet. A kihorgonyzó kötélzet nagy szilárdságú acélhuzalokból készül, fonott pászma vagy párhuzamos huzalrendezésű köteg formájában. A párhuzamos szálú köteget a kisebb nyúlás érdekében alkalmazzák. Műanyag kötélzetet — viszonylag nagy nyúlása miatt — csak akkor használnak, ha a sugárzási feltételek azt megengedik (1. ábra).

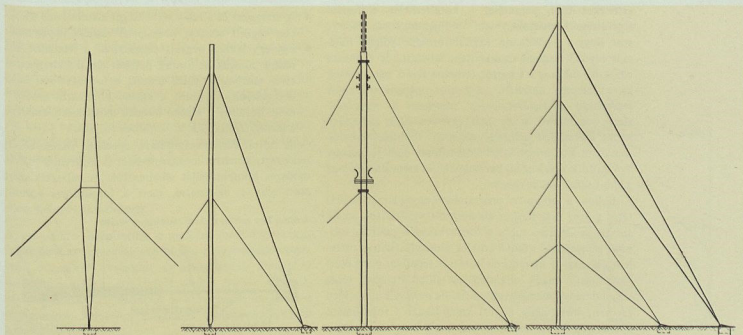
A magasságtól függően a tornyot egy vagy több szinten is kiköthetik. Egy szintre legalább három kötél fut be, alaprajzilag egymással  $120^\circ$ -ot bezáró irányokból.

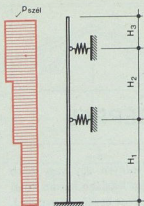
A kikötött torony statikailag tekintve többszörösen határozatlan tartószerkezet, mely a talpánál befogott vagy csuklós megtámasztású lehet. A kikötések a toronytörzs rugalmas megtámasztását jelentik. A megtámasztás rugalmasságát az egy szinten több irányból összetartó kötelek alakváltozása adja. A kikötés szintjén a kötélzet együttesének vízszintes elmozdulása függ a terhelésnek a kötelek irányával bezárt szögétől. A teher és az elmozdulás között nincs lineáris összefüggés, mivel a kötélzet belógása miatt a felső végpont elmozdulása a kötél megnyúlásából származó rugalmas részből, továbbá a kötél alakváltozásának (belógásváltozásának) megfelelő részből tevődik össze.

A toronyszerkezet számítása során az állandó terhelket, a szélterhet, továbbá egyéb meteorológiai terhelést (hőmérséklet-változás, jég stb.) kell figyelembe venni. Ezenkívül a tervezésnél még számos más feltételt is szem előtt kell tartani: például azt, hogy a szerkezet egyes szintjeinek legnagyobb vízszintes elmozdulása vagy szögváltozása behatárolt.

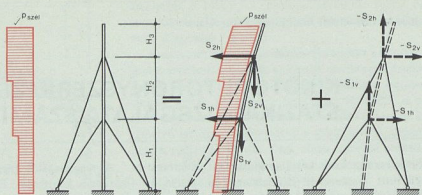
A méretezést lényegesen nehezíti, hogy a terhek a

1. ábra. Toronyszerkezetek





2. ábra. Rugalmasan támasztott tartó



3. ábra. Polygon alakú rúdszerkezetre és a kötelek rendszerére bontott feladat

szerkezet egyes elemeinek méreteitől függenek, tehát csak többszöri iterációval érhető el az optimális megoldás.

### A toronyszerkezetek számításának fejlődése

A hagyományos kézi számítás a szerkezet statikai modelljét folytatódó többszörös iterációval végzi, ahol a kitételek helyén ismeretlen állandó rugókkal megtámasztott tartóként veszi fel (2. ábra). A tervező többszörös iteráció segítségével meghatározza azokat a rugóállandókat, amelyek mellett a kikötési pontokban a toronyelmozdulás kompatibilis a kikötő kötelek reprezentáló rugó elmozdulásával. A kézi számítást nehezíti az a körülmény, hogy a kikötő köteleknél az összetartozó erő és elmozdulás értékeinek meghatározása munkaigényes feladat.

A statikai vizsgálatot nemcsak különböző külső terhelésekre, hanem több eltérő kötélfelcseszítési feszültségre, valamint módosított keresztmetszeti jellemzőkre kell elvégezni. Az első, tervezést segítő számítóprogram adott tervezési feladat esetén táblázatos formában adta meg a kikötő kötéltre az erő-elmozdulás- és rugóállandó-értékeket több paraméter – kötélfelhelés, előfeszítő feszültség, hőmérséklet stb. – függvényében. Előnye volt, hogy a rugóállandó meghatározására szolgáló iterációs lépések számát csökkenteni lehetett, de a munka zöme továbbra is a tervezőt terhelte. Ezért fejlesztették ki a jelenleg használt, „Kikötött toronyszerkezetek mértékadó igénybevételeinek számítása és rajzolása” című programot, amely már egyetlen futás keretében képes különböző szélirány vizsgálatában, többféle terheléscsoportra, különböző kötélfelcseszítések mellett a torony és kikötő kötelek igénybevételeinek és alakváltozásainak adatait számítani és rajzolni.

Ebben a komplex programban azonban el kellett térni a kézi számítások alkalmazott módszertől, mely szerint az iteráció során a toronykikötési pontok, valamint a megfelelő kikötő kötelek elmozdulásainak összehangolásánál a következő iterációs lépésben a kikötést helyettesítő rugók állandója az előző iterációs lépés végeredménye alapján vehető fel. Ez nem vált be minden esetben, mert amíg a kézi számolásnál a rugóállandó korrekcióját a tervező határozta meg, és így a számítás

mindig konvergenciára lehetett tenni, addig ez a módszer a gépi programnál nem volt járható út. Ehelyett – több megoldási eljárás közül – a torony kikötési pontjaira felírt kompatibilitási egyenletek megoldása bizonyult a legcélszerűbbnek (3. ábra). Ezenkívül a számítógép alkalmazása lehetőséget nyújtott a torony görbült egyenüllyi alakja által okozott hatások figyelembevételére is.

A fejlesztés következő lépésében került sor a nyírási alakváltozások pontos figyelembevételére. A toronyszerkezeteket gyakran tervezik rácsos tartóként, melynek erőjátéka leírható a tömör tartó erőjátékával, ha az utóbbinál a nyírási alakváltozás hatását is figyelembe veszik. Ez a hatás nem hanyagolható el, különösen a másodrendű elmélet szerinti számításnál. A szakirodalomban ajánlott úgynevezett „redukált hajlítási merevség” bevezetése nem elég megbízható, ha a szerkezetet nagy koncentrált erők is terhelik.

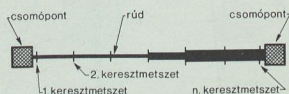
### Kikötött toronyszerkezetek mértékadó igénybevételeinek számítási módszerei

Az előzőeknek megfelelően a számítási modell a következőkre épül:

- A szerkezet és a terhelés elhelyezését a különböző síkokban végzett statikai vizsgálatnál vesszük figyelembe.
- Egy-egy síkban végzett vizsgálatnál a feladatot két részre bontjuk: a torony polygon alakú rúdszerkezetére, amelyre a külső terhek, a toronytalpon ható reakcióerők, valamint a kikötő kötelekről átadódó erők; továbbá a kikötő kötelek rendszerére, amelyre a toronyról átadódó erők hatnak (3. ábra).

A toronytörzs számítására speciális rúdszerkezeti módszert, a mátrix mozgásmódszert és az átviteli mátrix módszer kombinációját alkalmaztuk. A választás azért esett erre a módszerre, mert a toronytörzs görbült

4. ábra. Egy toronyszakasz rúdelem-modellje



egyensúlyi alakjának meghatározása, valamint a torony kikötési pontjainak és a kikötő kötelek kompatibilis elmozdulásainak számítása miatt szükséges kettős iterációval járó munkavolumen az egyenletrendszer nagyságától, az pedig a felvett csomópontok számától függ. Míg az alkalmazott módszerrel csak a tartóvégpontokban és a kikötési pontoknál szükséges csomópontot felvenni, addig a szokásos mátrixos rúdszerkezeti módszereknél a közbeneső keresztmetszeteknél is be kell iktatni további csomópontokat. Így az utóbbi esetben az egyenletrendszer nagysága sokszorosra lehet az előbbinek.

Egy-egy toronyszakaszt egy-egy rúdelem-modell reprezentál (4. ábra). A rúdelem mozgásmódszerbeli egység-tényezőit – az úgynevezett merevségi mátrixot – az átviteli mátrix eljárással határozzuk meg. Ennek lényege, hogy egy rúdon valamely keresztmetszet összes igénybevételi és alakváltozási jellemzőinek vektorát megkaphatjuk egy másik keresztmetszet ugyanilyen jellemzőinek vektora és a két keresztmetszet közötti rúdrés differenciálegyenletének megoldásmátrixa – azaz az átviteli mátrixa – segítségével.

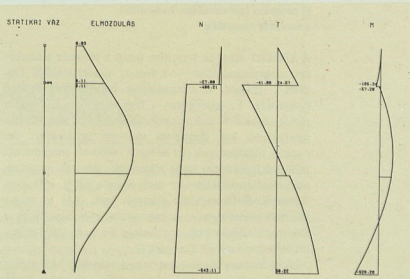
A rúdelemen keresztmetszetről keresztmetszetre végighaladva háromismeretlenes egyenletrendszert kapunk, amelynek megoldása adja egy rúd merevségi mátrixát, és ezek szuperonálásával írhatjuk le a teljes torony mozgásmódszerbeli egyenletrendszerét. A tehervektort hasonló módon számítjuk ki.

A kikötő kötelek modellje – a szokásos háromirányú kikötésnek megfelelően – három önálló kötélből áll, melyek alul külön-külön a talajhoz, felül pedig a toronytörzs révén egymáshoz kapcsolódnak. Ebben a rendszerben a vízszintes erő és elmozdulás közötti összefüggésre egy ötödfokú algebrai egyenlet írható fel, amely figyelembe veszi a kötél rugalmas tulajdonságait, a kötélbelógást és a kötélterheléseket.

A statikai vizsgálatban a két szerkezeti rendszer – a torony és a kikötő kötelek – együttoldozását a csatlakozási pontokon az azonos elmozdulásokra felírt nemlineáris egyenletrendszerrel számoljuk, amelynek megoldásából kaphatók a szerkezet alakváltozásai. Ezek felhasználásával módosítjuk a torony alakját, és a számítást az elejétől megismételjük. Még kétszer elvégezzük ezt a korrekciót, az egyensúlyi toronyalakot igen jól megközelítő alakhoz jutunk, és ezzel megvalósítottuk a másodrendű elmélet szerinti számítás követelményeit. Az egyes keresztmetszetekhez tartozó igénybevételeket és alakváltozásokat az egyensúlyi toronyalak erőjátékának megoldásából számítjuk ki.

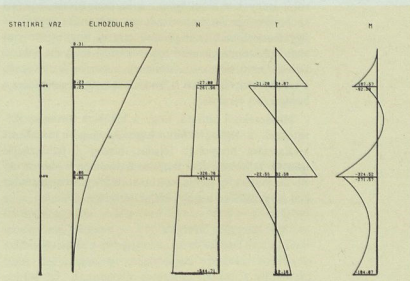
#### A csatlakozó rajzolómodul

A programba beépítettük a grafikus eredményszolgáltatást is. Az ezt megvalósító modul a nyomatéki, nyíróerő-, normálerő-, valamint az alakváltozási ábrákat a diszkrét pontokon átfektetett simuló görbék alkalmazásával állítja elő, azonban a koncentrált erők és a nyomatékok helyén a megfelelő igénybevételi ábrán a szakadást feltünteti.

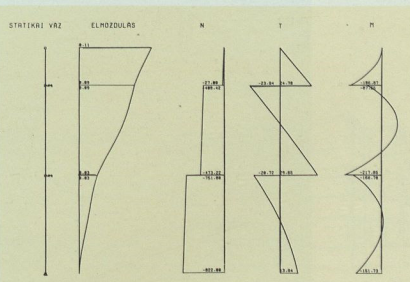


5. ábra. Egy szinten kikötött torony pontjainak elmozdulása és igénybevételei

6. ábra. Két szinten kikötött torony pontjainak elmozdulása és igénybevételei



7. ábra. Két szinten kikötött torony pontjainak elmozdulása és igénybevételei lágyabb kötélzettel





## A program felhasználása, beiktatása a tervezés menetébe

A kikötött tornyok tervezése során a tervezőt a szerkezet megválasztásában — a torony rendeltetésétől függően — számos, az üzemeltetést befolyásoló tényező korlátozza. Ez elsősorban a leggyakrabban előforduló rádiótechnikai létesítmények adótornyaira vonatkozik, amelyeknek két alaptípusa van: az úgynevezett önsugárzó rádiótornyok (itt az egész szerkezet antennaként működik), valamint azok a tornyok, amelyek az antennák tartószerkezetei. Az első típusra példa a Magyar Rádió Kossuth műsórát sugárzó, solti 300 m magas kikötött rádiótorony; a másodikra a budapesti és a kab-hegyi adótornyok, amelyek a tv- és az URH-műsorokat sugárzó antennákat tartják.

A rádiótornyoknál a geometriai méretek, a kikötések helyei és száma mind olyan tényezők, amelyek a sugárzást befolyásolják. A szerkezet alul mindig csuklós, mivel talpszigetelően nyugszik. Azoknál a tornyoknál, amelyek antennarendszerek tartószerkezetei, a felhasználói igények más jellegűek. A keresztmetszet méreteit ez esetben is meghatározzák az antennák típusai, és figyelemmel kell lenni például arra is, hogy a tornyon lévő mikrohullámú antennák sugárzási irányába kikötő kötelek nem eshetnek. Általában szigorúan korlátozzák a torony alakváltozását is, ami kihat a vétel minőségére a besugárzott területen.

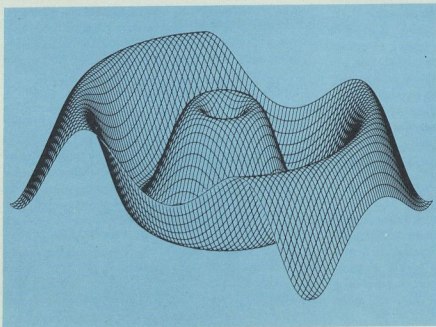
Mindezekből látható, hogy a kikötött toronyszerkezeteknél a legkedvezőbb, leggazdaságosabb szerkezet kiválasztása bonyolult feladat, hiszen a felhasználói igények teljesítése nem feltétlenül eredményez konstruktív megoldást, a tervezőnek a korlátok között maradnia kell megtalálnia a legjobb kialakítást.

Az évek során az igényeknek megfelelően módosított számító- és rajzolóprogram ma már gyakorlatilag alkalmas a feladatok elvégzésére. Komoly előrelépést jelentett ebben a rajzolóprogram elkészítése. A korábbiakban a számítógép az eredményeket táblázatos formában adta meg, amely ugyan lehetővé tette a maximális igénybevételek nagyságának és helyeinek kiválasztását, de az egész erőjáték áttekintésére nem volt alkalmas. Az igénybevételek és elmozdulások vizuális megjelenítésével az egész szerkezet viselkedése láthatóvá válik, ezáltal a tervező könnyen megállapíthatja, hogy egy kedvezőbb erőjáték eléréséhez milyen paramétereket célszerű megváltoztatni, illetve következtetni lehet a változás irányára is.

A hatások érzékeltetésére példának választott torony az első vizsgált felvételen egy szinten van kikötve (5. ábra). Az ábrán látszik a nagymértékű elmozdulás, illetve a megengedett értéket túllépő feszültségcsúcs. Legcélsezerűbb ilyenkor még egy kikötést alkalmazni (6. ábra). Ez már mutatja a beiktatott kikötés hatását, de azt is, hogy most a kötelek „visszahúzzák” a toronyt és az egész szerkezet túlméretezett. Következő lépésként lehet a kötelek keresztmetszeti területét vékonyabb kötélfelvételével csökkenteni (7. ábra).

## Fejlesztési terveink

A jelenlegi számító- és rajzolóprogram a kikötött toronyszerkezetek szilárdságtani ellenőrzésére alkalmas. A jövőben azonban több figyelmet kívánunk fordítani a szél- lökésektől lengésbe jött toronyszerkezetek vizsgálatára is. Ezért a programot dinamikai számításokkal tervezzük kiegészíteni.



## ÉPÍTMÉNYEK ÁBRÁZOLÁSA ELEKTRONIKUS RAJZGÉPPEL

A műszaki tervezés során alapvető feladat a tervezett létesítmény és az adott környezet „összehangolása” a funkcionális és esztétikai követelmények egyidejű kielégítésével. A tervezési folyamat egyes szakaszaiban előtérbe kerül a szemléltetés igénye. A tervezőnek a tervezett létesítményt önmaga elé kell képzelnie, le kell rajzolni, látni és láttatnia kell. Térbeli tárgyak formájához, méreteinek pontos rögzítéséhez, e tárgyak szemléletes megjelenítéséhez a műszaki rajz és az ábrázoló geometria nyújt segítséget. A megszerkesztett rajzok széles körű alkalmazása, manuális munkáigénye, ugyanakkor a rendelkezésre álló számítástechnikai berendezések pontossága és gyorsasága teszi indokoltt e feladat számítógépes megoldását. Az építmények elektronikus rajzgéppel történő ábrázolását végző számítógépes program két- és háromdimenziós alakzatok definiálására és a rajzgépen való megjelenítésükre alkalmazható.

Ez a következő feladatokból áll:

- általános adatmegadási rendszer;
- az alakzat megjelenítése, a kép lehatárolása;
- a takarások figyelembevétele, láthatósága.

### Általános adatmegadási rendszer

A megrajzolandó két- vagy háromdimenziós alakzatot el kell helyezni egy derékszögű koordináta-rendszerbe. Ez a Descartes-féle koordináta-rendszer lehet jobb vagy bal sodrású, a koordinátákat tetszőlegesen megválasztott egységekben mérhetjük fel. Egy alakzat definiálásához a felületelemeket kell meghatározni, azaz le kell írni az alakzatot határoló síklapok csúcspontjainak sorozatát egy tetszőlegesen megválasztott körüljárással. A csúcspontok leírása koordinátáikkal történik. Az így kialakított adatokkal leírjuk az alakzat geometriáját, formáját. Az input-rendszer kialakítása jelentős mértékben meghatározhatja a programrendszer alkalmazhatóságát, ezért törekedni kellett a legkevesebb munkát igénylő adatmegadásra.

A kialakított input-rendszer a következő alapprogramokra épül:

- nevek;
- egyszerű tárgyak;
- összetett tárgyak (elemek);
- transzformációk.

A rendszerben meghatározott valamennyi elemnek (egyszerű és összetett tárgynak) és transzformációnak *egyedi* neve van, amely azonosításra és hivatkozásra

alkalmazható. Egy *egyszerű tárgy* két- vagy háromdimenziós alakzat pontjainak nével ellátott halmaza. Szabályos alakzatok, speciális jellemzőikből, automatikusan generálhatók. Egy *összetett tárgy* nével ellátott elemek halmaza. Az elemek egyszerű tárgyak vagy jól definiált összetett tárgyak lehetnek. Egy *transzformáció* egy nével ellátott térbeli lineáris transzformáció, amely lehet eltolás, forgatás és nyújtás, illetve ezek tetszőleges sorozata. A transzformációk az elemekhez explicit vagy implicit módon hozzárendelhetők, így lehetőség van egy elem újradefiniálására vagy egy új elem létrehozására egy már meglévő elem transzformáltjaként.

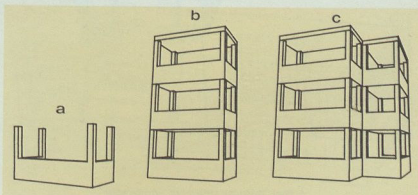
Az így kialakított input-rendszer jellemző tulajdonsága, hogy az építmények hierarchikusan összeépíthetők. Az összeépített tárgy bármelyik alstruktúráját külön is meg lehet jeleníteni, ezzel a szerkezetek felépítése végigkísérhető (1. ábra).

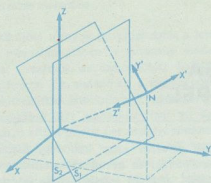
### Az alakzat megjelenítése, a kép lehatárolása

Az alakzat megjelenítése során a valóságos háromdimenziós tárgyat úgy kell kétdimenziósan ábrázolni, hogy az a szemlélő számára a valósághoz leghűbb képi benyomást nyújtsa. A képszerű ábrázolásnak – különböző módszereit tekintve – két alapvető csoportja van: az axonometria és a perspektíva. Az előállított kép az ábrázolás sajátosságainak megfelelően más-más tulajdonságokkal bír. Akármelyik ábrázolási módot is választjuk, egy olyan leképezést kell végeznünk, amely a háromdimenziós tárgy minden egyes pontjához egy-egy kétdimenziós képpontot rendel. Ennek a folyamatnak

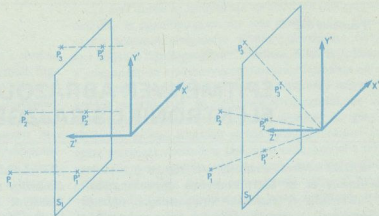
#### 1. ábra. Hierarchikus felépítés

a) egy definiált alapelem, egyszerű tárgy; b) az alapelemből felépített összetett tárgy; c) újabb összetett tárgy előállítás a az előző összetett tárgyból

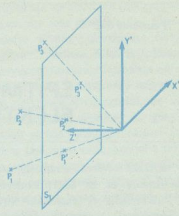




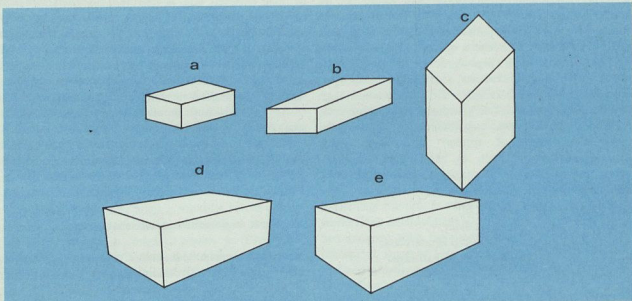
2. ábra. Leképezőrendszer



3. ábra. Párhuzamos vetítés – axonometria



4. ábra. Centrális vetítés – perspektíva

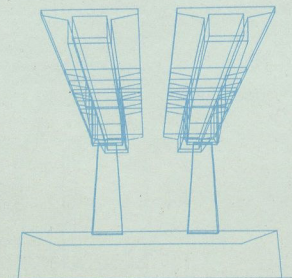


5. ábra. Egy téglá képe a különböző leképezések után  
a) ortogonális axonometria; b) klinogonális axonometria; c) „katona perspektíva”; d) dőlt képsíkos perspektíva; e) álló képsíkos perspektíva

két lépése van. Az első lépés mindkét esetben azonos: a tárgy pontjait a leképezőrendszerhez rögzített koordináta-rendszerbe transzformáljuk. Így vesszük figyelembe a leképezőrendszer és a tárgy viszonyát (2. ábra). A második lépésben a transzformált pontokat kivetítjük a vetítősíkra; axonometria esetében párhuzamos (3. ábra), perspektíva esetében centrális vetítő sugarakat alkalmazva (4. ábra).

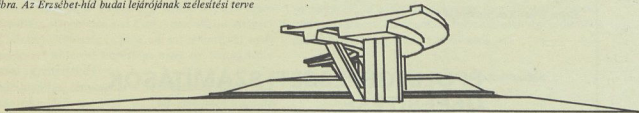
A vetítési felület megválasztásával, illetve elhelyezésének változtatásával különböző ábrázolási módokat érhetünk el a két alapeseten belül: ortogonális axonometria, klinogonális axonometria, izometria, álló képsíkos perspektíva, dőlt képsíkos perspektíva stb. (5. ábra).

A vetület előállításánál – elsősorban perspektív ábrázolásnál – könnyen előfordulhat, hogy az egyes tárgy-pontok képe kiesik a rajzolandó ábra mezőjéből, másrészt a nézőpont mögött lévő pontok is leképeződnek. Tisztában kell lenni a „mögött” fogalmával, és gondoskodni kell arról, hogy az ilyen tulajdonságú pontok ne vegyenek részt a vetület előállításában. A kép lehatárolásánál pedig egy vágási eljárást kell alkalmazni a kép felrajzolása előtt.

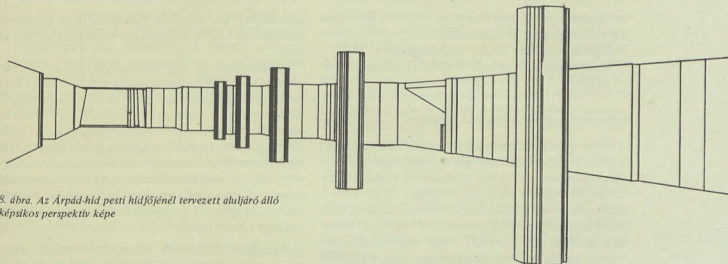


6. ábra. Szabadon szerelt híd „drótvázrajza”

7. ábra. Az Erzsébet-híd budai lejárójának szélesítési terve



8. ábra. Az Árpád-híd pesti hídfőjénél tervezett aluljáró álló képsíkos perspektív képe



#### Takarások figyelembevétele, láthatóság

Az építmény definiálása és a szükséges leképezés után elkészült gépi rajzot „drótvázrajznak” nevezzük, mivel a tárgy valamennyi definiált vonalát tartalmazza (6. ábra). Ezek a rajzok akkor használhatók, amikor eleve ilyen jellegű maga az objektum is (pl. rácsos tartók). Bizonyos esetekben a képies ábra értelmezését megzavarja valamennyi alkotóegyeses megrajzolása, így a drótvázrajz elkészítése nem kielégítő.

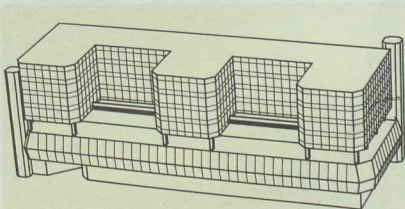
A rajzolás során ki kell hagyni a leképezett alakzat önmaga által részben vagy egészben takart vonalait. A takarások vizsgálatának egyik módszere, hogy a lapokat határoló élek és a testeket határoló lapok viszonyait vizsgáljuk. Ennél a módszernél két dolgot kell figyelembe venni. Egyrészt tudni kell, mi van a szemlélőhöz „közelebb”, másrészt, ha egy él egy lap mögött van, hogyan helyezkednek el ezek vetületei, a lap vetülete az él vetületének mekkora darabját „tartalmazza”. A kidolgozott módszer egyenrangúan alkalmazható egyszerűen vagy többszörösén összefüggő konvex vagy konkáv alakzatokra. A részleges vagy teljes takarások eldöntésével előlalt az építmény láthatóságnak megfelelő rajza.

A műszaki tervezésben a számítógépes grafika sok területen felhasználható (7–9. ábrák). Az építmények ábrázolását végző program utak, hidak, épületek, épületcsoportok, belső terek stb. grafikus megjelenítésére, környezetbe illesztésükre alkalmazható. Nem elhanyagolható előnye a gépi rajzolásnak az sem, hogy egy kialakított adatbázison a legkülönbözőbb nézeti képek készíthetők el – így az építmény „körüljárható” –, valamint a grafikus megjelenítés olyan bonyolult

formáira is pontos lehetőséget ad, amit manuálisan nem lehet elkészíteni.

A képernyős megjelenítő (grafikus display) alkalmazásával az építmények interaktív módon állíthatók elő egy olyan folyamattal, amelynek során a tervező végigkísérheti a tervezett létesítmény felépülését. Típus-elemek alkalmazásával nagy számú variáció készíthető el, és a tervezésnek legmegfelelőbb modell választható ki. Ez a módszer majd a tervezési technológiának egy minőségileg magasabb színvonalú lehetőségét biztosítja. Az elkészült rendszer az elektronikus rajzgépen történő megjelenítés mellett tartalmazza azokat a kapcsolati elemeket, melyekkel – ha majd a megfelelő hardware rendelkezésre áll – a képernyős megjelenítés megvalósítható.

9. ábra. A tervezett UVATERV-székház dölt képsíkos perspektív képe



## ÉPÜLETGÉPÉSZETI SZÁMÍTÁSOK GÉPESÍTÉSE

Az épületek gépészeti tervezéséhez jelenleg a következő két számítóprogramot alkalmazzuk:

- Épületszerkezetek hőtechnikai vizsgálata és
- Sugaras rendszerű központi fűtési csőhálózatok számítása.

### Épületszerkezetek hőtechnikai vizsgálata

A napjainkban használatos többrétegű épületszerkezetek, a könnyű, habos, szálás, üreges anyagok, a párazáró fóliák, festékek oly mértékben befolyásolják a fal-és fűdém-szerkezetek épületfizikai tulajdonságait, hogy ezek a módosulások tapasztalati vagy becslésen alapuló úton nem követhetők. Az épületszerkezetek hőszigetelő képessége általában javul, azonban a régi, nagy tömegű szerkezetek egyéb kedvező tulajdonságai, mint a hőtároló képesség, hőkésleltetés, párafelvő képesség stb. általában kevésbé érvényesülnek. Mivel a határoló szerkezetek hőtechnikai tulajdonságai együttesen befolyásolják a belső terek klímáját, ezért azok vizsgálatát összességükben szükséges elvégezni. A beható vizsgálatot még inkább fontossá teszi az, hogy hibás rétegfelépítésű szerkezet esetén egyes anyagok tönkremehetnek (pl. a poliuretán-hab, ha abban páralecsapódás és átfagyás periodikusan követi egymást); a cellák felszakadnak vagy hőtechnikai értékük csökken (pl. az ásványgyapot hőszigetelő értéke felére, harmadára csökken, ha a páralecsapódástól átnedvesedik). Ezek a hibák nyíltan nem jelentkeznek, sőt, általában csak hosszabb idő, esetleg néhány év múlva

*Az Állami Biztosító békásmegyeri üdulője*



következnek be. A pontos méretezés tehát feltétlenül szükséges és később bekövetkező károsodást akadályoz meg.

A többrétegű fal- vagy fűdém-szerkezetek rétegfelépítését pontos hőtechnikai számítás nélkül tervezni nem lehet. A hőtechnikai számítások közül egyesek egyszerűek, mint pl. a hőátbocsátási tényező vagy a páralecsapódás kiszámítása a szerkezet felületén. A belső rétegekben bekövetkező páralecsapódás számítása is egyszerű, azonban hosszadalmasabb művelet. A hőcsillapítási tényező vagy hőkésleltetés kiszámítása számítógép nélkül csak táblázatok vagy diagramok segítségével végezhető el, megközelítő pontossággal, egyes speciális esetekben nagy hibaszórással.

Az „Épületszerkezetek hőtechnikai vizsgálata” program a vázolt feladatok megoldására készült. A cél az volt, hogy az adatlapok a lehető legegyszerűbbek legyenek, azokat különösebb előtanulmányok nélkül bárki kitölthesse, a kapott eredmény pedig közvetlenül és egyértelműen értékelhető legyen. További célja a programnak, hogy a szerkezetek vizsgálatát az építész tervező saját maga, az épület tervezése közben elvégezhesse, így az épületrészek rétegszerkezetének hibás felépítése már a tervezés kezdeti stádiumában kiküszöbölhető legyen.

Alkalmom nyílik egyszerűsített gazdasági vizsgálat elvégzésére is, amely abból áll, hogy a számítógép segítségével meg lehet határozni egyes rétegek optimális vastagságát, így alul-, illetve túlméretezés nem fordul elő.

A programmal fal-, fűdém- és padlószerkezetek legfontosabb hőtechnikai jellemzői határozhatók meg. A számítás eredményeit a program minősíti abból a szempontból, hogy a kiválasztott szerkezet megfelel-e a műszaki követelményeknek. Az eredménytáblázatban a hőtechnikai jellemzőkön kívül néhány, a tervező részére fontos tájékoztató adat is megjelenik.

*Fal- és fűdém-szerkezetek esetén maximum 12 rétegből álló szerkezetet vizsgál a program. Az alábbi jellemzők kerülnek kiszámításra, s jelennek meg az eredménytáblázatban:*

- 1 m<sup>2</sup> szerkezet súlya (tájékoztató adat);
- hőátadási tényező (a műszaki előírásnak megfelel, vagy nem felel meg);
- a szerkezet belső felületének hőfoka (tájékoztató adat);
- a páralecsapódás a szerkezet belsejében (a program meghatározza a réteghatároknál a valós páranomást; ha ez a réteghatár hőfokához tartozó telítési nyomásnál nagyobb, a szerkezet belsejében páralecsapódás van);

- páralecsapódás a szerkezet belső felületén (a program ebben az esetben is a valós és a telítési nyomás összehasonlítása alapján dönti el a szerkezet alkalmasságát);
- téli hőátjáró képesség (a program azt számítja ki, hogy a szerkezet hőátjáró képessége hány cm vastag téglafalával egyenértékű);
- a hőcsillapítási tényező és a hőkésleltetés ideje (meghatározása nem az MSZ 04.140 szabvány közelítő képleteivel, hanem a komplex változós differenciálegyenlet pontos megoldásával történik; ezzel lehetőség van a hagyományos úton nem vizsgálható korszerű, könnyűszerkezetes megoldások számítására; a hőkésleltetési idő kiszámítása a klímatervezőknek fontos, segítségével az üvegfelületen és a falszerkezeten bejutó hő időbeli elválasztása érhető el);
- végül a program minősíti a szerkezetet (megfelel-e a követelményeknek).

A számítható a tervezőnek meg kell adnia a szerkezeti rétegek vastagságait és azt, hogy a szerkezetet milyen anyagokból építi föl. Fal és födém tervezésénél vastagsági variáció számítására is lehetőség van. Ez jelen esetben azt jelenti, hogy a tervező egy vagy két rétegre négyféle vastagsági értéket ad meg, s a program a számítást minden vastagsági variációra elvégzi.

*Padlószervezetek* esetén a program meghatározza annak hőelnyelési tényezőjét, s megállapítja, hogy a vizsgált szerkezet a meleg (félmeleg vagy hideg) padló kategóriájában megfelelő-e.

A padlószervezet a hőelnyelési tényező alapján:

- meleg padló, ha a hőelnyelési tényezője 10-nél kisebb,
- félmeleg padló, ha a hőelnyelési tényezője 10 és 12 közé esik,
- hideg padló, ha a hőelnyelési tényezője 12-nél nagyobb.

A program a számítható a felhasznált anyagok hőtechnikai paramétereit (sűrűség, fajhő, hővezetési tényező, hőfokvezetési tényező, hőelnyelési tényező, páradiffúziós tényező) használja fel. Az adatmegadás egyszerűsítésére az építési gyakorlatban leggyakrabban előforduló anyagok jellemzőit adatbankban helyeztük el. Az adatbankban az anyagokat egyetlen szám – anyag-

szám – alapján lehet azonosítani. Az adatbankból hiányzó anyagok, új gyártmányok vagy megváltozott hőtechnikai adatok az adatbankba folyamatosan beépíthetők, módosíthatók vagy onnan törölhetők.

#### Sugaras rendszerű központi fűtési csőhálózatok számítása

Épületgépészeti tervezési munkák során gyakori feladat központi fűtések tervezése, aminek fontos része a csőhálózatok méretezése. A jó méretezés eredménye: gazdaságos csőhálózat, könnyű beszabályozhatóság; felületes méretezés következménye: a biztonságra törekvéskor gazdaságtalanul túlméretezett rendszer, ellenkező esetben szűk csőkeresztmetszetek, amelyek a rendszer beszabályozhatatlanságát, üzemképtelenségét okozzák. A jó méretezés időigényes munka, de jól megfogható matematikai alapokon nyugszik. Ezek a matematikai alapok kínálják a számítógépes megoldás lehetőségét, amellyel a feladatot gyorsan és pontosan (gazdaságosan) meg lehet oldani.

A program a gyakorlatban leggyakrabban előforduló sugaras rendszerű csőhálózatok számítására készült. Segítségével – több alapvezeték rendszer esetén – a hálózat osztólító gyűjtőig terjedő részének méretezését célszerű elvégezni.

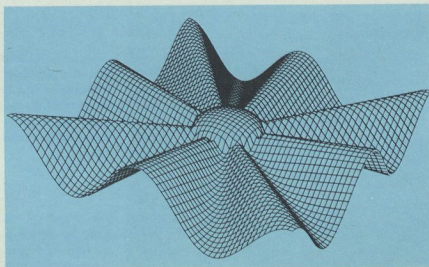
A program állandó adatként használja fel a szabványos csőátméreket és ezekből építi fel a hálózatot. A hálózat – alapvezeték és felszállók rendszere – geometriai kialakítása tetszőleges lehet.

Az előzetesen megválasztott nyomás és vízhőmérséklet alapján a program úgy tervezi meg az egész hálózatot, hogy az általunk esetlegesen előírt korlátozásoknak is megfeleljen. Ilyenek a megengedett maximális vízsebesség, vagy az előírt nyomásvesztés az egyes felszálló vezetékeken.

Az eredménytáblázatok az eredményeket hálózatoként adják meg.

Az eredménytáblázatokból leolvashatók:

- csőszakaszonként: a számított átmérek, a vízsebességek, az ellenállások, a szállított hőmennyiség,
- áramlási körönként: a felhasznált nyomás.



Az eredménytáblázatok végén kivonat szerepel a beépített csövek hosszúságáról, szigeteléséről és mázolásáról.

Az épületgépészeti számítások között sok viszonylag kisebb, de már gépi feldolgozást igénylő feladat van. Erre igen alkalmasak a mágneskártyás zsebszámológépek. A PTK-1096-os típusú gépre készült programok közül e témán belül az alábbi programokat alkalmazzuk:

#### *Hőátbocsátási tényező és szigetelés számítása*

Az elsősorban a szerkezetek gyors ellenőrzésére használható program megvizsgálja, hogy egy adott szerkezet kielégíti-e a hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó szabványkövetelményeket, illetőleg ahhoz milyen további szigetelésvastagságra van szükség.

#### *Áramlási számítások*

A program a következő, főként hőközpontok áramlási mérétezésénél használható számításokat tartalmazza:

- szelep ellenállása;
- hő- és térfogatáram átszámítása;
- alaki ellenállás-értékek átszámítása;
- vízsebesség csöbén.

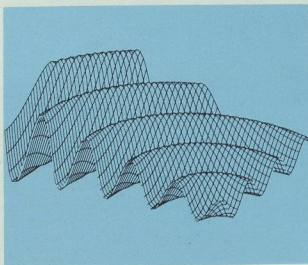
#### *Fűtési csővezeték elő- és főmérétezése*

A melegvízfűtési csővezetéknek áramlási mérétezését végző program meghatározza:

- az átlagos nyomásvesztés, a szakaszra ajánlott átmérőt, amely felülbíráható, korrigálható;
- a súrlódási tényezőt különféle áramlások esetére;
- a nyomásvesztések összegét;
- az alaki ellenállásokat;
- az áramlási sebességet.

#### *Kör keresztmetszetű légszűrő felülete, tömege*

Közeliítő képletek alapján ötféle, kör keresztmetszetű légszűrő felület- és tömegszámítását végzi el a program.



#### *Garázsok, műhelyek CO<sub>2</sub> légszennyeződése, hígításos szellőzés légmennyisége*

Az Otto-motorok által üzem közben termelt szén-monoxid mennyisége, a hígításos szellőzéshez szükséges légmennyiség határozható meg ezzel a programmal.

#### *Légszűrőben áramló levegő sebessége*

A programmal kör, négyzet, téglalap szelvényen átáramló levegőmennyiség, keresztmetszet, légsebesség adatok közül bármelyik kettő ismeretében a harmadik meghatározható. Segítségével gyorsan végezhető légszűrő-előmérétezés, illetve ellenőrzés.

#### *MK típusú légszűrő felülete, tömege*

Az MK típusú, merevített falú, könnyű, szögletes légszűrő tizenegy különböző cső- és idomtípusához felület- és tömegszámítást végez a program.

#### *Kéménymérétekezések*

A program a kéményben áramló füstgázmennyiség meghatározására és áramlástechnikai méretezésre használható. A méretezés elsősorban szilárd és cseppfolyós tüzelőanyaggal üzemelő kéményekre vonatkozik.

#### *Fejlesztési elképzelések*

Az eddig kidolgozott zsebszámológépes és számítógépes programok az épületgépészet egy-egy munkafázisához készültek. Távoli elképzelésünkben – az eddigi részszámítások kibővítése mellett – szerepel egy komplex építészeti AMT rendszer kialakítása, melynek szervezeti részét fogja képezni az épületgépész szakterület és az azt kiszolgáló programok.

## REPÜLŐTÉRI FÖLDMUNKÁK ÉS PÁLYASZERKEZETEK GÉPI SZÁMÍTÁSA

A repülőtér-tervezést az egyedi nemzeti szabályozások helyett egyre inkább a nemzetközi ajánlások alkalmazása jellemzi, s a bizonytalanságok leküzdésében különböző nemzetközi kiadványokból megismerhető tervezési gyakorlat nyújt segítséget. Mindezekben azonban a repülőtér-tervezésnek a számítástechnika területén eddig elért eredményeiről viszonylag kevés publikációhoz juthatunk hozzá, ám exporttervezéseink és konzultációink során megállapíthattuk, hogy a tervezői gyakorlatban általában a hagyományos módszereket alkalmazzák.

A légi közlekedésnek, mint a legdinamikusabban fejlődő közlekedési ágazatnak ez a kétségtelen ellentmondása azzal magyarázható, hogy az egyedi és viszonylag kis számú feladatok nem nyújtanak kellő ösztönzést a korszerű tervezői gyakorlat bevezetésére, s a számítástechnika itteni felhasználása nem gyorsítja fel a tervezési folyamatot, előnyei kizárólag a munka minőségét javítják — persze ez sem kevés!

A repülőtéri pályák építésének költségeit elsődlegesen a földmunkák és pályaszerkezetek építési munkái növelik, ezért itt kezdtek a számítógépeket alkalmazni.

A földmunkák számítógépes tervezését saját fejlesztéssel, a betonburkolatok méretezését az amerikai Portland Cement Association, az aszfaltburkolatok méretezését pedig az ugyancsak amerikai Asphalt Institute programjának adaptálásával kezdtük. (Érdekesgként hívjuk fel a figyelmet arra, hogy az átvett két programot kifejlesztő intézet érdekeltsége a cement-, illetve a bitumenfelhasználás fokozásában volt, fejlesztési tevékenységük azt szolgálta, hogy a pályaszerkezet-optimumok ki-munkálásával a beton és az aszfalt versenyét a saját javukra döntsek el.)

### FÖLDMUNKATERVEZÉS

Az UVATERV-nél kidolgozott programrendszer a tervezés számára szükséges terepadatok előállításától a terv dokumentálásáig illeszkedik a tervezés technológiai sorába. Ehhez négy programot dolgoztunk ki: terep- és pályaadat, a földtömegszámító és -tömegelosztó, valamint rajzolóprogramot. A következőkben ezeket ismer-tjük.

#### *Terepadat-program*

A rendezendő terep magasságadatait — az erre a célra készített számítógépes szintezési jegyzőkönyvek alapján — gépi úton, négyzethálósan, vagy keresztszelvényenként hagyományos módon számolva kell megadni.

A terepadat-program a területre fektetett tetszőleges négyzetháló rácspontjainak magasságait, megfelelő helyszínrajzi rendszerben, adatszalagon (terepadat-file-on) rögzíti.

#### *Pályaadat-program*

A terepadat-programnál alkalmazott helyszínrajzi négyzethálós rendszerhez illeszkedve a pályaadat-program az adatlapokról beolvassa és összehasonlíja a pályaadatokat.

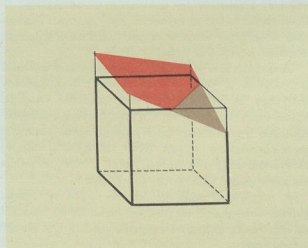
A pályaadatokat a tervező a pályasíkok keresztszelvényenkénti lejtéseivel és töréspontjainak vízszintes és magassági koordinátaival adja meg. A megadott pályasímpontok közötti négyzetrácspontra minden terepadathoz a gép számol pályasíkadatot. A tervezői utasításnak megfelelően ugyancsak ez a program korrigálja a korábban megadott pályasíkokat, ha töltés-bevágás egyenleget szolgáló tereprendezésre van szükség; ilyenkor az eredeti pályarendszer önmagával párhuzamos emelését, illetve süllyesztését végzi a program.

Az ellenőrzött és szükség szerint módosított pályaadatokról, valamint a terepadat-program futási eredményéről adat-file készül.

#### *Földtömegszámító és -tömegelosztó program*

Az elemi négyzethálók csomópontjaiban megadott terep- és pályamagasságok alapján az ezeken a négyzethálókon elvégzendő földmunkamennyiséget számítja a

*1. ábra. Elemi földtömeg-test*





program és itt számítja a töltések—bevágások átmeneteinek (nullvonalainak) koordinátáit is. A program az elemi földtömegeket keresztelvényenként és az egész területre göngyöltve, „töltés” és „bevágás” bontásban összegzi.

A tömegelosztó program a töltések és a bevágások tömegét optimális szállítási költséggel osztja el.

A nullvonalak koordinátáiról és a tömegelosztás eredményeiről a rajzolóprogram számára adatszalg készül.

#### Rajzolóprogram

A tervező kívánására tetszőleges léptékben gépi rajz készül a rendezendő terület határainak, továbbá a nullvonalak és a szektorbeosztás feltüntetésével; szektoronként a rajzoló gép tünteti fel az egyes töltés- és bevágásmennyiségeket.

#### Számítási módszerek

##### Pályásik-optimalizálás

Optimalizálás alatt itt olyan pályásik-korrektciót értünk, amely földmunkaegyenletet teremt. A program a magasági korrekció értékét a terep- és a pályamagasságok különbségéből közelítő földmunkaszámítással állapítja meg, szükség szerinti ismétléssel; az optimumkeresés ismételt lépéseit az 1 cm-es pályaszint-korrektcióig vagy az előre megadott maximális iterációs lépésszámig végzi.

##### Földtömegszámítás

Az alkalmazott számítási módszer a vonalas létesítmények tömegszámítási elvétől eltérően nem a szelvények területmeghatározására épül, a földtömegeket a négyzet-hálókön elhelyezkedő elemi tömegekből — hasábok és torz ékek köbtartalmaiként — számítja (1. ábra). A módszer szerint kiválasztunk a hálóból egy elemet, amelynek csomópontjait  $(i, j)$ ;  $(i+1, j)$ ;  $(i, j+1)$ ;  $(i+1, j+1)$  indexekkel jelöljük. Az elemi tömegeket egyértelműen meghatározzák a téglalap koordinátái, a terep magasságai, valamint a pályásik két szomszédos keresztelvényenkénti metszeteiben az egyenesek iránytangensei és állandói. A számítás során a tereppontok között a terepet lineárisan közelítjük.

A számítás első lépésében meghatározzuk a nullvonal koordinátáit a keresztelvények és a hossz-szelvény irányában. A pályásik és a terep metszési viszonyai különbözőek lehetnek, így (figyelembe véve a számítástechnikai szempontokat is) a program nyolc alapesetet megkülönböztetve számol elemi térfogatokat. Elvileg ezek közül négy eset azonos, mert a közelítés módja két háromoldalú hasáb és egy csónka gúla.

A számítást a másik két esetben a gép két csónka gúlával, a harmadik esetben két háromoldalú hasábbal és két csónka gúlával, a negyedik esetben egy csónka gúlával végzi.

A töltés, illetve a bevágás mennyiségét a terep adataiból számított közelítő test (hasáb vagy gúla) és a pályásik adataiból számított közelítő test köbtartalmainak különbsége adja.

##### Tömegelosztás

A tereprendezéshez, illetve a szállítási feladathoz szállítási költségként a szektorok geometriai középpontjainak távolságától függő lépcsős függvény költségelemait veszük figyelembe. Ez az EKN tételei alapján állítható elő, és tartalmazza a földfejtés költségeit is.

A számítás során először a szektoron belüli szállításokat állapítjuk meg; egységkötséget a tervező ad a szektor nagysága alapján. (A szektoron belül kiegyenlíthető tömegeket az eredménylapon összesítve kell feltüntetni.)

A szektorokon belül ki nem egyenlíthető földmunkamennyiségeket a szállítási feladat célfüggvény-minimuma alapján a program osztja el, és a szektorok megjelölésével, és a szállítási távolság, az egységár, a földtömeg és a teljes szállítási költség feltüntetésével az eredménylapon megjeleníti. A területen ki nem egyenlíthető (vagy a tervező által megjelölt módon különválasztott) szállítások szintén külön jelennek meg az eredménylapon, szállítási távolság és egységár feltüntetésével. A tervező a helyi körülmények alapján (vagyis az anyaggyerőhely, illetve a depónia ismeretében) állapítja meg a költségeket. A földtömegek elosztásánál szereplő elemi egységeket szektoroknak nevezzük, ezek felelnek meg azoknak a részterületeknek, ahová szállítunk (töltés), vagy ahonnan szállítunk (bevágás). Szektor lehet a tömegszámítás elemi négyzete vagy az azokból össze-rakott nagyobb négyzet. A szektor nagyságát a feladattól adódó felbontásigény és a számítógép memóriakorlátja határozza meg. A tervezőnek a szektor oldalhosszát kell megadnia, a szektorbeosztást a program illeszti a területre. Feladóhelyként az a szektor jöhet számításba, ahol bevágásmennyiségek; felvevőhelyként pedig, ahol töltésmennyiségek mutatkoznak a szektoron belüli kiegyenlítés után.

A feladó-, illetve felvevőhelyek kapacitásösszeg-egyenlőségét úgy teremtjük meg, hogy szükség szerint nulla szállítási költséggel külső szállítást veszünk figyelembe, az anyaggyerőhelyről vagy a depóniába irányuló földszállítással. (Meg kell jegyeznünk, hogy a programtól a tervező kérheti bizonyos szállítási távolságot meghaladó távolság esetén külső szállítási figyelembevételét. A gyakorlatban ilyen módszerrel gazdaságos megoldások érhetők el, vagy legalábbis lehetőség van annak mérlegelésére.)

##### A tervezéstechnológiai sor és a program kapcsolata

A matematikai modell alapján látható: a program használatának alapvető feltétele, hogy a terepadatok derékszögű hálózatban adjuk meg, a terepfelvételt ezért cél-szerű négyzethálós módszerrel végezni. Tachimetrikus

felvétel alapján készített rétegvonalas térképre illesztett négyzethálót szintén előállíthatók az alapadatok, amennyiben ez a pontosság megfelelő. A négyzetháló szintezéssel végzett terepfelvétel szintezési jegyzőkönyveit lehet a program alkalmazásával a legcélsezerűbben használni. A program szintezési hibaelőzést is végez, keresztzelvényként átrendezi és kiírja a terepmagasságokat. Keresztzelvényes adatmegadás esetén a terepmagasságokat hagyományos módszerrel kell számolni.

A pályasíkok kiválasztása és magassági elhelyezése a tervező feladata; a földtömeggyszámítás a program ennek megfelelően végzi el, feltüntetve keresztzelvényenként is a tömegeket. A kapott eredmények alapján az esetleg szükséges pályakorrekciók több módon hajthatók végre, a tervező utasításának megfelelően az egész pályarendszer adott értékkel emelhető vagy süllyeszthető, a lejtéviszonyok változtathatók. A beavatkozást szelvényhatárok közé is lehet szorítani. A program kívánságra a töltés–bevágás egyenleget megteremtő pályaelrendezést maga is megkeresi.

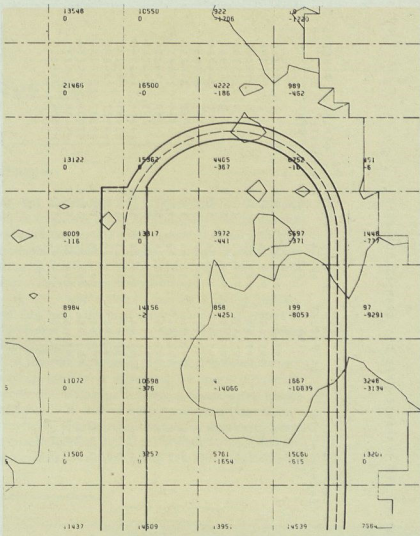
A tömegelosztás számítógépes tervezésével több variáns is készíthető. A területen belül kiegyenlíthető földtömegek elosztását a program a megadott egységárok alapján végzi el. Lehetőség van itt is a tervezői beavatkozásra oly módon, hogy a területen belüli mozgások célszerűnek tartott legnagyobb távolságot meghatározva további egységárok a program számára nem adunk meg. Ebben az esetben optimális szállítási költségekkel a program kijelöli az ezen a távolságon belüli tömegmozgatásokat. A fennmaradó töltéseket külső anyagnyerőhelyről, a bevágásokat külső depóniahelyre feltételezi a program, vagyis lehetőséget ad a tervező számára a környező adottságok figyelembevételével a leggazdaságosabb megoldás megkeresésére.

A számítógépes tereprendezési program felhasználásával tervezte meg az UVATERV a Ferihegyi repülőtér II. futópályája és gurulóútjai földmunkáit. A ferihegyi tereprendezési munkák mintegy 500 hektáron 2,2 millió m<sup>3</sup> földmunkát jelentettek.

A terepfelvétel 20X20 m-es hálózatban készült, ennek megfelelően a tervezett tereprendezés szintjeit is 20X20 m-es hálózatban, gépi úton határozták meg. A földtömegek elhelyezkedését és az elosztás optimumát a számítógép rajzon is megjelenítette, 100X100 m-es hálózati egységekre bontva a területet. A kivitelezés során a számítógépes utasításokat betarthatták; a számított földtömegek és elosztási módjuk megfelel a végrehajtott munkáknak.

Hasonló módon tervezték meg az algériai Tiaret város nemzetközi repülőtérének földmunkáit is. Érdekesége a program mérnöki felhasználási módszerének, hogy ebben az esetben a földmunkák szállítási távolság szerint változó kivitelezési egységárait a 0–20 m-es mozgatható viszonyított virtuális árrakkal adtuk meg. Ezáltal az optimumfeladat meghatározottá vált, ugyanakkor a kivitelezés ajánlattevőjét nem befolyásolták konkrét egységárak.

A tiareti repülőtér földmunkái mintegy 1,0 millió m<sup>3</sup>-t tettek ki. Az elkészített francia nyelvű számítógépes dokumentációt nemzetközi tenderen csaknem 50 külföldi kivitelező vállalat ismerte meg.



2. ábra. A földtömeg-elosztás gépi rajza a Ferihegyi repülőtér tervéből

A 2. ábra a Ferihegyi repülőtér tervéből egy földtömeg-elosztást ábrázoló tervlapot, a 3. ábra pedig egy francia nyelvű eredménylapot mutat be.

## BETONBURKOLATOK MÉRETEZÉSE

A különleges járműterhelésű betonburkolatok méretezéséhez kidolgozott program a rugalmaslemez-elmélet lemezközép-teherállásával számol, és a hagyományos nyomatek számolási módszerekhez hasonlóan, de általánosabban alakban keresi a legnagyobb hajlítónyomatek helyét, nagyságát, irányát. Meghatározza – a futómű helyzetének változtatásával – a maximális hajlítónyomatek, és kiszámítja a keletkező feszültséget. Az eredménylapon a felsorolt értéken túl az elméleti egyenértékű egykerékterhelés és a repülőgépek osztályozási száma (LCN) is megtalálható.

A számítógépes program alkalmas tetszőleges kerék-elrendezésű járművek keltette hajlító–húzó feszültség meghatározására is. A méretezés pl. nagy rakásúlyi tehergépkocsik számára épített különleges ipari utakra is elvégezhető, hiszen a burkolatra jutó terhelés érintkezési pontjainak száma 25-ig növelhető.

MAILLE	COORDONNEES DE LA LIGNE ZERO (M)			HAUTEUR DES TERRASSEMENTS (M)	COTES DE PROJET (M)			REMBLAI PAR PROFIL (M <sup>3</sup> )	DERLAI (M <sup>3</sup> )	RENTLAI AU (M <sup>3</sup> )
	X	Y	Z		DU	TN	REN			
G	3340	308	0	0,00	989,94	989,94	0	308	0	241210
H	3340	688	0	1,61	991,05	989,44	996	996	0	241898
I	3340	750	0	1,84	991,40	989,56	1746	1746	0	242648
J	3340	715	0	1,79	991,59	989,80	0	24363	0	243363
K	3340	57	0	1,73	991,78	990,05	3019	3019	0	243920
L	3300	266	0	1,09	991,97	990,88	3285	3285	0	244186
M	3300	44	0	0,30	992,17	991,87	3329	3329	-2	244230
N	3300	0	0	-0,08	992,36	992,44	3329	3329	-181	244230
O	3340	0	0	-1,47	992,55	993,02	3329	3329	-187	244230
P	3340	0	0	-1,50	992,74	993,24	3329	3329	-388	244230
Q	3340	0	0	-1,93	992,93	993,64	3329	3329	-745	244230
R	3340	0	0	-1,20	992,88	993,88	3329	3329	-1201	244230
S	3340	0	0	-1,36	994,03	994,03	3299	3299	-1281	244230
T	3340	0	0	-1,28	992,76	994,06	3299	3299	-2127	244230
U	3340	0	0	-1,18	992,91	994,10	3299	3299	-2327	244230
V	3340	0	0	-1,05	993,05	994,10	3299	3299	-2909	244230
W	3340	0	0	-1,13	993,18	994,31	3299	3299	-3488	244230
X	3340	0	0	-0,60	993,80	994,40	3299	3299	-3874	244230
				0,00	994,27	994,27				

3. ábra. A földtömeg-elosztás és a kiegészítő sík számításának egyik eredményitáblázata a tiareti repülőtér terveiéből

A korábban alkalmazott numerikus és grafikus méretezési eljárások megoldásai közelítő jellegűek voltak, a kerékcsoportokból álló futóművek terhelését ugyanis elképzelt elméleti egykerékű egyszerűsítve számítottuk. Erre azért volt szükség, mert a hagyományos eljárásokat csak ilyen egyszerűsítéssel lehetett alkalmazni. Kétségtelen, hogy az elméleti egykerékterhelés a tényleges kerékcsoporttal azonos feszültségállapotot hoz létre, megállapítására azonban grafikus eljárások adnak – közelebbit pontossággal – lehetőséget. Az is nyilvánvaló, hogy a hagyományos méretezési módszerek nagy mennyiségű számítási feladata nem tette lehetővé az aléptényez és a burkolatminőségnek előforduló összes változat technológiai és költségvetésének alapos elemzését.

A számítógépes eljárás hazai bevezetésével lehetővé vált a tényleges terhelési elrendezéssel, az anyagok változó fizikai tulajdonságainak nagyszámú változata mellett optimális pályaszervezet méretezése.

## ASZFALTBURKOLATOK MÉRETEZÉSE

Az aszfaltburkolatokat a hőmérséklet, a tervezett repülőgép-forgalom és annak megoszlása, az altalaj teherbírása alapján kell méretezni, burkolatmegerősítésnél a meglévő pályaszervezetet kell figyelembe venni.

A számítógépprogram a repülőtéri aszfaltburkolatok méretezésének legkorszerűbb szempontjait követve a futóműáthaladások normáleoelozlása szerint számolja az igénybevételek keresztirányú változásait; a különböző repülőgéptípusok terhelését DC-8-63 típusú „egység-repülőgépre” adja meg. Az eredményekből az igénybevételek részletesen elemezhetők, hiszen a program a kritikus húzó igénybevételt az aszfalttréteg alsó síkjában és a kritikus nyomó igénybevételt az altalaj tetején, különböző mélységekben is megadja. A tervezési időszak mérlegelésére is lehetőséget nyújtanak az eredmények azzal, hogy a forgalom harmincéves maximális tervezési időszakára ötvenes periódusonként kiírja a szükséges burkolatvastagságok változásait.

Az Asphalt Institute módszere „teljes aszfalt” burkolatra vonatkozik, a szerkezeti rétegeket a tervező gyakorlati megfontolások alapján választja meg.

Tervezési feladatainkban minden esetben a bemutatott eljárásokat alkalmazzuk. Földmunkaterveink formai megjelenése teljesen eltér a hagyományostól: kereszt-szelvények ábrázolása nélküli numerikus adatsor rögzíti a szükséges földmunka mennyiségét.

A sokoldalú vizsgálat dokumentálására a jól ismert formulák helyébe a pályaszervezetek méretezésénél is táblázatosan kiadott eredményssorok kerülnek.

A hagyományostól eltérő, új „kiállítású” tervek a kivitelezési munkáknál jól beváltak és az építési költségeket is kedvezően változtatták meg. Újszerű tervezési gyakorlatunk a tervezési ajánlatokban is előnyös, ezt bizonyítja, hogy az egyik repülőtér-tervezési export-megbízásunkat éppen e módszernek köszönhetjük.

## TÉRVILÁGÍTÁS TERVEZÉSE SZÁMÍTÓGÉPPEL

Az UVATERV tervezési feladatai között jelentős számban fordulnak elő gépkocsiforgalmi, üzemmérnökségi telepek, autóbusz-pályaudvarok, út- és térkorszerűsítések. Egyedi tervezési feladatunk volt korábban a Sfax–Tripoli vasútvonal és létesítményeinek – személy- és rendező pályaudvarainak, állomásainak – tervezése. A Ferihegyi repülőtér speciális igényű és tartalmú tervezése napjainkban is folyik. A felsorolt munkák mindegyikéhez gépkocsitároló-területek, parkolók, személy- és gépkocsiforgalmú útvonalak, gurulóutak, műszaki előterek térvilágításának tervezése is hozzátartozik.

Az MSZ és az ágazati szabványok, üzemeltetési előírások a különböző létesítményekre meghatározzák azokat a világítástechnikai értékeket, amelyeket a tervezés során alapul kell venni, illetve amelyekre a térvilágítást méretezni kell.

A számítást a pontosság érdekében pontról pontra kell végezni. Ezzel a módszerrel a megvilágítandó területre kirajzolt négyzethálós metszéspontjaira (az ún. rácspontokra) számítunk megvilágítási értékeket. A rácspontok száma a terület nagyságától, illetve a számítógép megkívánt pontosságától függően igen nagy lehet.

### A programcsomag

A számításához ma már nélkülözhetetlen segítséget nyújt tervezőinknek a Számítógéppontunkban kidolgozott, négy programból álló világítástechnikai programcsomag.

A „Tér- és útvilágítás komplex tervezése” című program külső terek, utak megvilágítás-erősségének számítására alkalmazható.

A „Fénytechnikai adatbank” programmal a lámpatestek fénytechnikai adatait alakítottuk ki. A tárolt adatok szükség szerint bővíthetők, cserélhetők és törölhetők.

A „Megvilágítás számítása egy lámpa esetén” program számítja a megvilágítást és segítséget nyújt a tervezőnek a lámpatest kiválasztásában.

Az „Izolux görbék rajzolása” program adott területre a számítógépprogram eredményeit grafikusán ábrázolja.

### A térvilágítás-tervezés részei

(Az 1. ábrán szemléltetjük a világítástervezés végrehajtásának lépéseit és azok kapcsolatát a programokkal.)

### Előkészítés

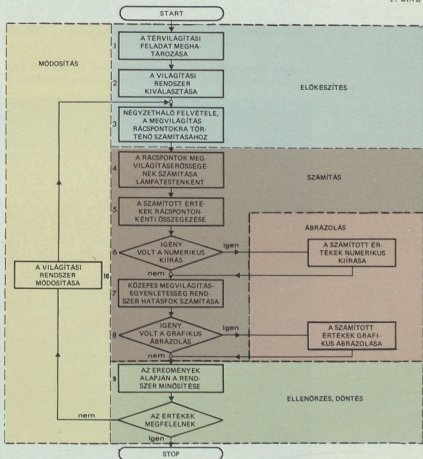
Az első lépés során meg kell határozni a létesítmény út- és forgalom-, illetve technológiai tervezőjének adatszolgáltatása alapján) a szabványokból azokat a világítástechnikai értékeket (közepes megvilágítási szint, egyenletesség), melyre a térvilágítást méretezni kell, továbbá a számítás dokumentálásának formáját.

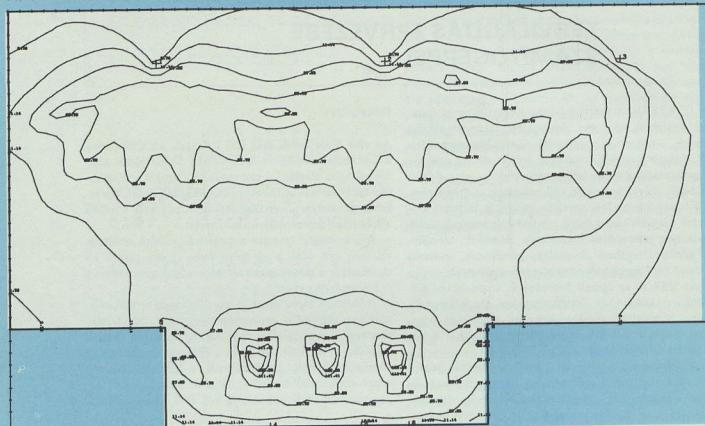
A számítógép számára a megfelelő adatlap kitöltésével meg kell adni, hogy igény van-e izolux görbék kirajzolására, a megvilágításerősségek számjegyes kiírására és folthatásábra készítésére.

A második lépés során (a megvilágítandó terület helyszínrajza alapján) a geometriai adottságok figyelembevételével – a szakmai és tervezési tapasztalatok felhasználásával – ki kell választani a fénypontmagasságot, a fényforrás típusát, teljesítményét, a lámpatest típusát, a tartószerkezetek típusát és telepítési helyét. A számítógép számára adatlapokon meg kell adni a fénytechnikai

ALTALANOS SZÁMÍTÁSI VÁZLAT

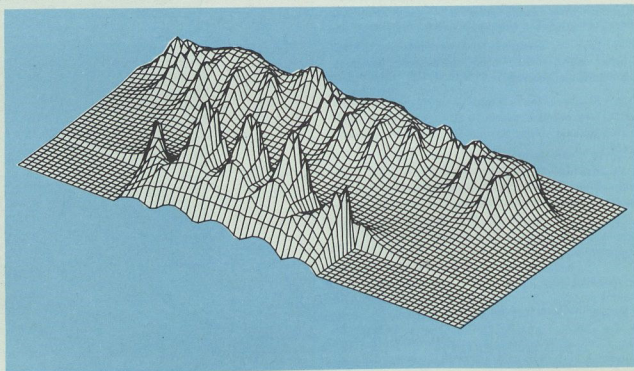
1. ábra





2. ábra. Megvilágítási értékek CalComp rajzgép által készített izolux görbéi

3. ábra. Megvilágítás térbeli megjelenítésének értékei CalComp által készített rajzon



adatokat (adatbankból vagy tervezői adatszolgáltatással), a tartószerkezetek telepítési helyét, a lámpatestek vízszintes és függőleges szögbeállítását.

A harmadik lépés során meg kell határozni a (négyzet)hálóméretet, amelynek metszéspontjaira a megvilágításerősségeket számítjuk. A számítógépnek adatlapon a háló oldalméreteit kell megadni.

#### **Számítás**

A tervező meghatározta geometriából a program kijelöli a területet és rácspontjait, a megadott fénytechnikai adatokból és a lámpatestek geometriai elrendezéséből kiszámítja a rácspontokban szükséges megvilágítási erősséget, ez egyben a negyedik lépés.

Az ötödik lépést is a program hajtja végre, a megvilágításerősségeket a rácspontokban összegezi.

A számítás ideje a lámpatestek és a rácspontok számától függ. Egy közepes nagyságú terület esetén a lámpatestek száma 30–40, a rácspontoké 50–60 ezer is lehet. Ilyen mennyiségű adat „mozgatása”, a műveletek elvégzése több órába telik, emiatt a programot úgy szerveztük, hogy szükség esetén lámpatestenként újra lehessen indítani, és a rácspontonkénti összegezés ne szakadjon meg.

#### **Ábrázolás**

A számítások végrehajtása után a tervezőnek módjában van dönteni az eredményszolgáltatás formáját illetően. A program – az igényeknek megfelelően – táblázatot és folthatásábrát készít. Ez lesz a hatodik, illetve a hetedik lépés. Ha a tervező igényli a számított értékek grafikus ábrázolását, a nyolcadik lépésben izolux görbéket rajzoltathat a programsomag negyedik programjával (2. ábra).

#### **Ellenőrzés, döntés**

A programfutás eredményeinek alapján a tervező összehasonlítja a megfelelően feltételezett világítási rendszert az előírt értékekkel, és dönt arról, hogy szükség van-e módosításra, a számítás ismételt lefuttatására. Ez a kilencedik lépés.

#### **Módosítás**

A tervező a számítás eredményének az előírt értékekhez viszonyított eltérése esetén, tervezési feladatainak gy-



*Az M3 autópálya kivilágított bevezető szakasza*

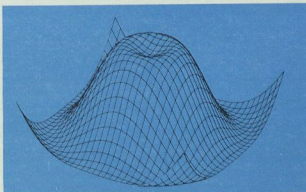
korlati tapasztalata alapján a világítási rendszert módosítja (tizedik lépés) és előkészíti az ismételt futtatást.

#### **Dokumentálás**

Amerelyben az ellenőrzés, döntés eredményeként nem kell tovább ismételni a számítási részt, az utolsó számítás, rajzolás eredményei a tervdokumentációhoz kapcsolhatók. Ez a befejező tervezési lépés automatikusan adódik a programsomag futásának eredményeként.

#### **A program továbbfejlesztése**

A program akkor lesz igazán hatékony, ha a tervező közvetlen kapcsolatot teremthet a számítógéppel, ehhez pedig színes grafikus képernyős terminál szükséges. Ezen az interaktív tervezői terminálon a különböző megvilágítási értékeket eltérő színekkel lehet megjeleníteni, és a tervező igénye szerinti helyen metszeti megvilágítási görbét lehet képezni. Ez a kiépíthettség lehetővé teszi, hogy az (esetleg rész)eredmények azonnal rendelkezésre álljanak a tervező számára, és így rövid idő alatt, kellően megalapozva dönthessen.



## 0,4 kV-OS ELOSZTÓBERENDEZÉSEK PROGRAMRENDSZERE

A 0,4 kV-os elosztóberendezések számítógépes programrendszerét az ipari és ipari jellegű közlekedési létesítmények villamos hálózata fő- és elosztóinak tervezéséhez dolgoztuk ki. A rendszerhez tartozó tervezőprogramok:

- 0,4 kV-os, VIV alumínium tokozású elosztóberendezések tervezése;
- 0,4 kV-os, lemeztokozású elosztóberendezések tervezése 630 A áramerősséggel;
- 0,4 kV-os, lemeztokozású elosztóberendezések tervezése 2500 A áramerősséggel, egy és két gyűjtősinnel. A programokkal a következő tervezési, illetve rajzolsági feladatok végezhetők:
  - VIV alumínium tokozású elosztóberendezések elvi kapcsolási és a tokozott elosztó nézeti rajzai;
  - VIV ESZ típusú, lemeztokozású elosztóberendezések elvi kapcsolási, a tokozott elosztó összeállításai és a szerelőpanelek elrendezési rajzai;
  - VIV UKT 12 és VIV UKT 13 univerzális kifesztésű kapcsolótáblák elvi kapcsolási és a tokozott elosztó összeállítási rajzai;
  - VÁV MKE 100 típusú modulós elosztótáblák elvi kapcsolási és tokozási rajzai, továbbá a VÁV K 102 típusú egy gyűjtősínes, VÁV K 201 típusú két gyűjtősínes, VIV UKT 50 típusú egy gyűjtősínes, VIV UKT II. típusú két gyűjtősínes elosztóberendezések elvi kapcsolási és a tokozott elosztók összeállítási rajzai.

A rendszer egyik csoportjába a törzsadatokat karbantartó és a rajzválaszték-sorozatokat bemutató üzemeltetői programok tartoznak. Ezeket ugyan a tervezők nem használhatják, a rendszernek mégis lényeges tartozékai, mert ezek segítségével lehet a rajzelemek választékát bővíteni, az előre kidolgozott típusrajzokat módosítani, a készülék-kiválasztás alapjául szolgáló táblázatokat kiegészíteni. Így érhető el, hogy a programrendszer törzs- és rajzadattára mindig naprakész állapotban legyen és rugalmasan követni tudja a beépíthető készülékek gyártmányfejlesztésével bekövetkezett változásokat.

A programok másik csoportjához a tervezők számára is hozzáférhető felhasználói programok tartoznak. Ezek közül három a VIV alumínium tokozású elosztók tervezésénél az elvi kapcsolási rajz és az előszerelt VIV ALU típuszsekrényekből összeállított elosztóberendezés nézeti rajzának elkészítésére hasznosítható. A többi kilenc program az egy és két gyűjtősínes, lemezzsekrényes elosztóberendezések tervezéséhez nyújt segítséget. Ez utóbbi programok közt is akadnak olyanok, amelyek egyvonalas kapcsolási rajzot adnak eredményül a tervezési munka különböző szintjein (számításokkal vagy

anélkül) és olyanok, amelyek a sokféle gyártmányú és különféle sorozatokhoz tartozó (VIV UKT 12, VIV UKT 13, VIV ESZ, VÁV MKE 100, VIV UKT 50, VIV UKT II, VÁV K 102, VÁV K 201) előszerelt lemezzsekrények nézeti rajzát készítik el a kiviteli terveknél szokásos feliratozásokkal együtt. E programok egyik része 630 A, másik része 2500 A áramerősséggel terhelhető elosztóberendezések tervezéséhez használható fel.

A tervező a kiválasztott programhoz szükséges alapadatokat adatlapokon közli a számítógéppel, ahol azokat lyukkártyára rögzítik. Az R-20 számítógépen futtatott program előbb ellenőrzi az adatokat, majd a törzsadattár információhalmazának felhasználásával elkezd a feldolgozást. Elvégzi az előírt számításokat, a CalComp rajzológépet vezérlő kódjelek sorozatát mágnesszalagra írja, a futtatás menetét kísérő esetleges üzeneteket, valamint a kiválogatott kapcsolási elemek, berendezések összesített darabjegyzékét a sornymotátón kiírja.

A programfuttatás befejeztével a mágnesszalagra a CalComp rajzológépet saját vezérlőegysége irányításával golyós- vagy tuslókakkal papzra vagy tetszőleges fajta papírra elkészíti a rajzokat.

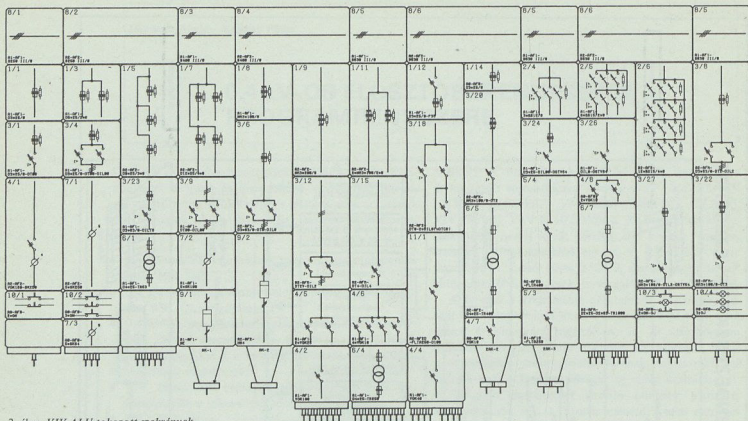
Az eddigiekben a rendszer programjait a felhasználás szemszögéből csoportosítottuk. A programok felépítésüket és az általuk szolgáltatott eredményeket tekintve viszont két csoportba sorolhatók. Egyik részük egyvonalas kapcsolási rajzokat készít, a másik részük az előszerelt zsekrényekből összeállított elosztóberendezések nézeti rajzát, esetenként belső elrendezési rajzát is elkészíti.

Az egyvonalas kapcsolási rajzok felépítése lényegében hasonló, akár VIV ALU, akár lemezzsekrényes elosztókat ábrázolnak. Az elvi kapcsolási rajz egymás után felsorakozó leágazási részrajzokból tevődik össze, akár egy, akár két gyűjtősínes a berendezés. Egy-egy leágazás több-kevesebb kapcsolási elemet (biztosítót, mágneskapcsolót, jelzőlámpát, kézi kapcsolót, kisautomatát, áramátalakítót, nyomógombot stb.) tartalmaz. Ezek egyezményes jeleit a gépi rajzolás szempontjából elemi építőköveknek tekinthetjük, amelyek bizonyos határok közötti tetszőleges variálásából bármely leágazási rajz összerakható. Ehhez csak arra van szükség, hogy ezek az elemi rajzrészek, mozaikélemek a számítógép tárolójában előre kidolgozottan rendelkezésre álljanak és egy előírt kódjellel lehívhatók legyenek.

A programok úgy készültek, hogy egy-egy leágazási rajzot hat, illetve kilenc mozaikélemből raknak össze, attól függően, hogy VIV ALU vagy lemezzsekrényes





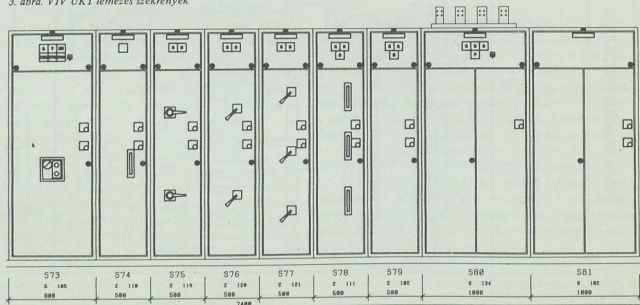


2. ábra. VIV ALU tokozott szekrények

elosztóberendezésekről van-e szó. Egy-egy elemi mozaikrajz mérete alaplépték szerinti rajzoltatáskor  $2 \times 4 \text{ cm}^2$ , illetve  $3 \times 4 \text{ cm}^2$ . Minden egyes előre elkészített mozaikrajzhoz egy kód tartozik, amit a tervező a programok használatához készült választéktáblázatból könnyen kikereshet (mintegy 150-féle mozaikelem áll rendelkezésre). A munka egyszerűsítése érdekében a program készítői a gyakorlatban leginkább előforduló leágazási rajzokat (mintegy 200-at) előre elkészítették, a típusleágazási rajzokat hivatkozási kódjellel látták el. A fel-

használónak csak ezeket a típuskódokat kell megadnia leágazásonként a rajz összeállításához, hiszen a számítógép tárolója őrzi, hogy egy-egy típuskódhoz mely mozaikelemek tartoznak. A típusleágazások sorozatáról is választéktáblázatokat állítottunk össze. A lehívó kód az ábrák fejrésében szereplő háromjegyű szám. Az ábra alatti kilenc szám a leágazási rajz felépítéséhez felhasznált mozaikelemekre utal. A választéktáblázat célja, hogy a felhasználó lássa a rajz felépítettségét, s ha a típusrajz nem mindenben felel meg igényeinek,

3. ábra. VIV UKT lemezes szekrények



egy-két, esetleg több mozaikelemet kiscserélhessen a futtatás idejére. A számítógéppel a cserélendő elemek kódját kell közölnie az adatlapon. Ily módon az egyvonalas kapcsolási rajzok tetszőleges variációja rakható össze.

Ha a tervező a készülék kiválasztást, a kábelméretezést s az ellenőrző számításokat is a géppel kívánja elvégeztetni, az eddig említett bemeneti adatokon kívül meg kell adnia leágazásonként a számításokhoz szükséges egyéb információkat is (teljesítmény, feszültség, kábel típus, a motor fordulatszáma vagy cos  $\varphi$  stb). Ez esetben a program kiválasztja a készüléket, elvégzi a kábelméretezést, a feszültségesséssel és érintésvédelemmel kapcsolatos ellenőrzéseket.

A programok másik osztályába azok a rajzolóprogramok sorolhatók, amelyek az előszerelt szekrények nézeti rajzait állítják elő. Ezek a programok számításokat nem végeznek. A felhasználó a választékrajzok sorozatából, az ott közölt szekrénykódok segítségével előírhatja a kívánt elrendezésben a szekrények megrajzolását, az elosztó típusának megfelelően emeletlen egymás fölé (VIV ALU vagy VIV ESZ tokozás esetén) vagy egymás mellé elhelyezve azokat (VIV UKT és VAV szekrények esetén).

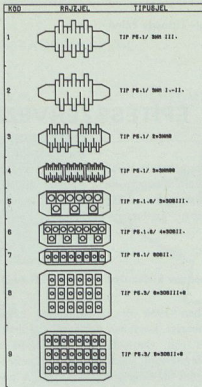
Az előbbihez némiképpen hasonló a VIV ESZ tokozású szekrényekből összeállítható elosztóberendezés nézeti rajza is. A belső elrendezési rajzot ezúttal a felhasználó szekrényenként maga írhatja elő a szerelőlapok választékrajzainak sorozatából kikeresett szerelőlapkókkal.

Az előzőektől eltérő, több szempontból egyszerűbb a VIV UKT és a VAV lemezszekrényekből összeállított elosztóberendezések nézeti rajza, mert ez csak egyszintű elrendezésben fordul elő. A szekrények felső ajtaján két sorban elhelyezhető műszerállások számát, feliratukat, továbbá a nyomógombok elrendezését és a feliratos táblák helyét is a felhasználó döntheti el.

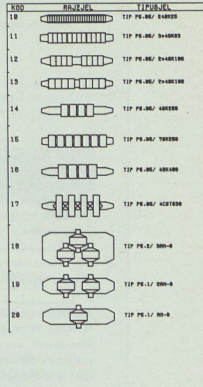
Az eddigiekben említett bármelyik fajta rajzra a felhasználó tetszőleges szövegeket is vihet fel a rajzlap jobb szélén rendelkezésre álló négy, egyenként 22 sort (soronként 50 betűhelyet) tartalmazó mezőbe, így a rajzológepen kivitelű terv szintű rajzok is előállíthatók.

A programrendszer különféle programjait az elmúlt évek folyamán rendszeresen használtuk a Feriegyi repülőtér, az ALUGÉP, a MEZŐGÉP részére végzett tervezési munkák során.

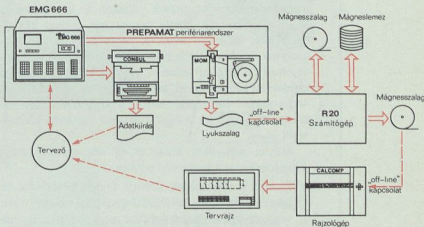
A programrendszerhez nemrég egy előprogramot dolgoztunk ki, ez lehetővé teszi, hogy az EMG 666-os asztali számítógép és a hozzákapcsolt PREPAMAT perifériarendszer segítségével a tervező maga készítsen lyukszalagot az R-20-as számítógép részére.



4. ábra. VIV UKT szerelőlapok



5. ábra. Adatmegadás az EMG-666 segítségével



Ez a fajta adatmegadás azzal az előnnyel jár, hogy az EMG 666-os számítógép a képernyőjén kérdéseket tesz fel és a korrek válaszokat az R-20-as számítógép számára bemeneti adathordozóra rögzíti. Az eljárás némileg hasonlít az interaktív tervezési folyamatához, az igazi megoldást azonban a tervezői felmunkákkal ellátott számítógép-konfiguráció fogja nyújtani.

## ÉPÍTÉSSZERVEZÉSI PROGRAMRENDSZER

Számítógépes programokat az építésszervezés tervezésében két nagy területen alkalmazunk: a hálóterv készítésében és az építőanyag-keverőtelepek elhelyezésének gazdasági vizsgálatában, gazdaságos szállítási útvonalak kijelölésében.

### A hálós tervezési módszer kialakulása az UVATERV-nél

Az építésszervezésben 1968 óta alkalmazunk hálós tervezést és programozást, korábban a feladatok időbeni ütemezését vonalas (ún. Gantt-diagrammal), majd a grafikus szelvényütemtervel (ciklogrammal) készítettük, a tevékenységeket időtengelyen ábrázoltuk. A bonyolult műveletek közötti technológiai, logikai kapcsolatok kifejezésére ezek alkalmatlanok voltak.

Az új szervezési módszer, a hálótechnika abból az alap gondolatból indul ki, hogy a tevékenységek különböző, a folyamatban egymással kapcsolatban álló rész-tevékenységekre bonthatók. Ezeket a kapcsolatokat függőségük módja, fajtája szerint egy logikai hálóval grafikusán ábrázolni lehet. A hálón belül feltárt kapcsolatok logikai, de technológiai kapcsolatokat is kifejeznek; a logikai sorrend egyben technológiai sorrendet is ad, de ennél többet is jelent. A lehetséges technológiai sorrendek közül a legkedvezőbbet választja ki, vagyis ez a logikai sorrend minőségi különbséget jelent.

Milyen előnyöket kínál az új szervezési módszer a hagyományos ütemtervel szemben?

- kiemeli a folyamatok közötti függőségi viszonyt és ezzel mintegy „kikényszeríti” a minden viszonylatban végiggondolt tervezést, egyúttal megkönnyíti a nagyon gyakran előforduló átdolgozási munkát is;
- a folyamatok közül a végső határidő tartása érdekében fontossági sorrendet ad, a megkülönböztetést eredményként szolgáltatja (kritikus út);
- alapszefüggései, a logikai sémák függetlenek a konkrét naptári beosztástól, az eredeti hálóterv az időbeli csúszások esetén is felhasználható;
- több szervezési változat elkészítését és összehasonlítását lehetővé teszi, kevésbé munkaigényes;
- a hálóterven alapuló programozás eredménye, az ütemterv vonalas és ciklogram formában is előállítható, így az alsó- és középszintű vezetők részére az általuk megszokott és érthető formában adható ki.

A hálótervezés adta előnyökhöz azonban csak számítógép alkalmazásával lehetett eljutni. A tervezési gyakorlatban jelentkező szervezési feladatok bonyolult-

sága, összetettsége miatt a kézi feldolgozás már lehetetlenné vált.

1968–1977 között a SZÚV az UTORG és az ÉGSZI számítógéppontjában ottani programok alapján, majd ezeket adaptálva 1977-től már saját számítógéppontunkban készültek a hálótervek. A különféle programok alkalmazásának sok előnye volt: megismertük alkalmazásuk korlátait és azokat a lehetőségeket is, ameddig általuk az adott szakterületen a műszaki tervezésben eljuthatunk.

Az UVATERV számítógéppontjának létrejötte minőségi változást jelentett munkánkban: lehetővé tette a szakterület speciális igényeinek leginkább megfelelő CPM és MPM típusú programok készítését. Addigi hálótervezési tapasztalataink birtokában a programkészítéshez olyan mérnöki megfogalmazást tudunk adni, amely a korábbinál lényegesen jobb eredményt adott. A tervezésben ma használt hálótervezési programjainkat már az UVATERV számítógéppontja készítette. 1976-ban készült el az MPM, 1977-ben a CPM programunk, a CalComp rajzológéppé üzembe állításával pedig a teljes programrendszer kiépítése lehetővé vált. 1981-től a hálóterv számítógépi eredményadataiból közvetlen kapcsolással, sokszorosítható formában készül a vonalas ütemterv és a ciklogram.

### Az UVATERV hálótervezési programrendszere

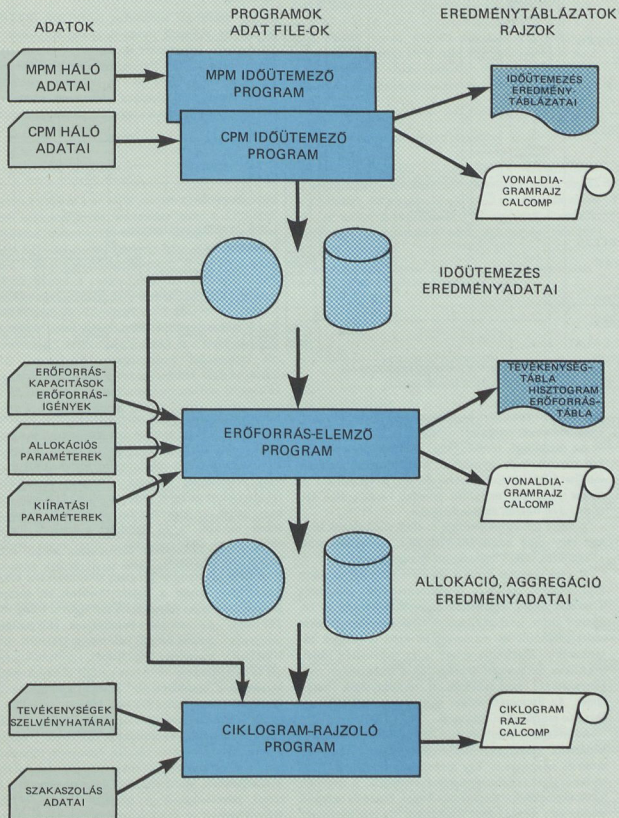
A hálótervezés programrendszere a CPM időütemező, az MPM időütemező, erőforrás-elemző és ciklogramrajzoló programokból áll (1. ábra).

#### A CPM időütemező program

A programot a korábban megismert CPM hálómódellek továbbfejlesztésével dolgoztuk ki. A CPM (vagyis a kritikus út módszere) esetében a számítások a tevékenységre irányulnak. Tevékenységen térben vagy időben összefüggő, egyértelműen meghatározható feladatot értünk, amely lehet előkészítés vagy kivitelezés; idő, erőforrás és költség tartozhat hozzá.

A hálódiaagram a folyamatokat jelölő tevékenységekből és a tevékenységek kiinduló végpontjait jelölő eseményekből tevődik össze. Jellemző tevékenysége a látszattevékenység, amelynek szerepe és jelentősége igen nagy a CPM hálótechnikaiban, annak ellenére, hogy nincs idő-, erőforrás- és költségigénye. Fő szerepe, hogy a hálóban a kapcsolatokat, összefüggéseket logikussá tegye. A háló ábrázolásakor a tevékenységeket

# HÁLÓTERVEZÉS PROGRAMRENDSZERE





1980-ban jelentős feladatunk volt az M3 és az M26 autópálya Emőd–Miskolc, illetve Emőd–Pólgár közötti szakasza előkészítésének hálóterve; a kivitelezés megindításáig valamennyi szükséges folyamatot feltártunk és a szervezett előkészítéshez hatékony segítséget adtunk.

1981-ben már az új beruházási rendeletek alapján készítettük el a csongrádi vasúti Tisza-híd célháló- és alaphálótterveit. A célháló a számítógépi eredmények alapján időléptékben szerkesztett logikai háló, amely szemléletesen mutatja be az elvégzendő feladatok, tevékenységek sorrendjét, kapcsolatát – felelősként rendezve a fontos eseményeket (2. ábra).

### MPM időütemező program

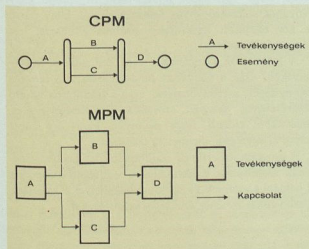
A „potenciálfeljárás”, az MPM szintén tevékenységekhez kötődő hálómódel, de ábrázolása eltér a CPM-étől. Az eljárások matematikai alapjául szolgáló gráfmelelet szerint a CPM-nél az esemény jele csúcs, a tevékenység, illetve a logikai kapcsolatát irányított él; az MPM hálómódelnél viszont a csúccsal nem az eseményt, hanem a tevékenységet jelölik, és a nyílak csupán függőségi, kapcsolódási viszonyt fejeznek ki (3. ábra).

Az MPM hálódiaagram tehát a folyamatokat jelölő tevékenységek (tevékenységcsomók) és a tevékenységek közötti kapcsolatok, összefüggések hálózatából áll. A logikai hálóterven a tevékenységeket téglalap alakú dominók, az összefüggéseket a kapcsolatok jellegét és irányát mutató nyílak ábrázolják.

Az MPM hálótervezési technikánál bevezetett új elem, a kapcsolatok időértéke, illetve a kapcsolatok távolsága újabb összefüggéseket, variációkat hoz létre a folyamatok összhangjában és az időbeosztásban. Az MPM hálóterven a tevékenységdominók között az ábrázolt kapcsolatokról vizuálisan is érzékelhetők az összefüggések. A háló gépi számításának menete megegyezik a CPM-nél ismertetettekkel.

MPM típusú programmal kivitelezési hálótterveket, illetve azok aktualizálását készítjük jelenleg, a program

3. ábra. Hálóléptető-elemek (CPM, MPM)



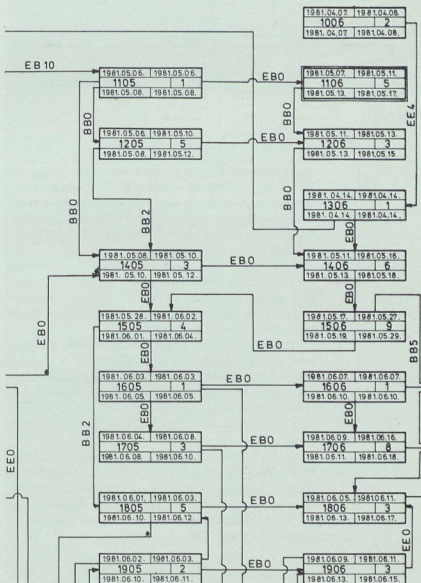
és a benne lévő kapcsolatok e tervezési fázisnak jól megfelelnek.

Legjelentősebbek az M3 és M1 autópályák épülő szakaszaizhoz, a Ferihegyi repülőtér II. sz. leszállópályája építéséhez, valamint az elsőrendű közutak városi átke-lési, illetve elkerülő szakaszaizhoz készített MPM háló-tervek voltak (4. ábra). Új típusú feladatunk volt az 1. sz. főút 26–40. km-sz. közötti szakaszának burkolatmeg-erősítéséhez készült MPM háló 1981-ben, amely a rend-kívül rövid idő alatti, bonyolult építési feladat szerve-zett, határidőn belüli kivitelezését tette lehetővé.

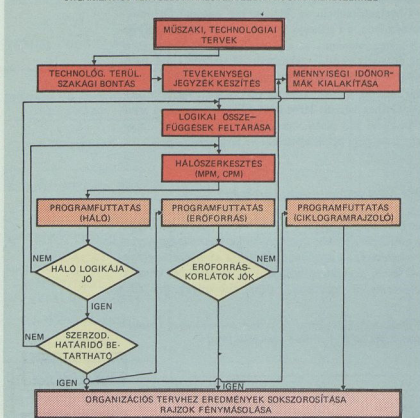
### CPM, MPM erőforrás-elemző program

Az időütemezés után a hálótervezés következő lépése az erőforrás-elemzés; hatékonyabban használható ugyan-ís a hálóterv, ha az időnormákon túl az erőforrásigénye-eket és erőforrás-kapacitásokat is figyelembe vesszük. (Erőforrás pl.: munkaerő, pénz, építőanyag, gép stb.)

4. ábra. Az M3 autópálya 33,7–86,0 km-szelvények közötti szakaszának MPM beruházási tényhálója (részlet)



ORGANIZÁCIÓS TERVEZÉS A HALÓTERVEZÉSI PROGRAMRENDSZERREL



5. ábra.

Az időütemező programoknak a mágnés háttértárolón őrzött eredményei és az adatlapon megadott erőforrásigények, erőforrás-kapacitások felhasználásával készül az erőforrás-elemzés. A programtól kérhetünk aggregációt vagy döntési táblával vezérelve különböző szintű erőforrás- vagy időkorlátos allokációt.

A döntési táblával a tevékenységek ütemezési feltételkombinációiból választhatunk. Az aggregáció (a tevékenységeket a legkorábbi vagy a legkésőbbi kezdésre ütemezve) az időegységre eső erőforrás-felhasználások összegezését jelenti.

Az allokáció a tevékenységek, erőforrások ütemezésének optimalizálása. Az optimalizálásnál a program a következő feltételeket veszi figyelembe: a háló tevékenységeihez tartozó időértékek, erőforrásigények, az egész hálóra rendelkezésre álló erőforrás-kapacitások és a tevékenységek rangsorolását befolyásoló döntési táblák.

Négyfajta eredménytáblázatot kérhetünk: tevékenység-táblázatot, vonalas ütemtervrajzot, erőforrás-hisztoqramot és erőforrás-táblázatot. A kiíratási paraméterektől függően ezek a táblázatok a tevékenységek és az erőforrások különböző kiválasztásával és rendezésével kérhetők.

Ciklogramrajzoló program

A hálón belül az egyes építési tevékenységek időbeli elhelyezését az időütemező és az erőforrás-elemző programok meghatározzák. Az utak és egyéb vonalás jellegű létesítmények építésszervezési tervéinél a kivitelezők szívesen használják a ciklogramot, ezen ugyanis jól szemléltethető az egyes építési tevékenységek térbeli és időbeni elhelyezkedése. A vízszintes tengely a vonalszakasznak, a függőleges tengely az időnek felel meg, így jól látható egy-egy tevékenység helye, sőt építésének iránya is.

A ciklogramrajzoló program az előzőleg lefuttatott MPM vagy CPM programok eredményadatait automatikusan átvéve egy épülő vonalás létesítmény különböző munkatevékenységeinek időbeni és vonalás ütemezését rajzolja fel.

A gazdaságos szállítás programja

A gazdaságos szállítás feltételeinek megteremtéséhez kidolgozott programok a keverőtelepek legmegfelelőbb elhelyezésének számításához készültek, és kivétel nélkül manuálisan szinte meg sem oldható számításokat végeznek.

Költségelem-számító program

Ez a program az építőipari költség-számítási normákat alapadatként felhasználva, az adatlapokon megadott alapadatokból, illetve keverék-szállítási költségekből meghatározza a költségelemeket. Ezek a költségelemek a pályaszerkezeti rétegek egységárai, amelyek a vizsgált keverőtelepek figyelembevételével az út megadott szakaszára vonatkoznak. Ezzel az „Optimális keverőtelep elhelyezése” című programhoz szükséges költségmátrix-elemeket határoztuk meg.

A keverőtelep elhelyezését számító program

Ez a program a szállítási feladat módszerével meghatározza, hogy egy adott létesítmény megépítése mely bányából származó anyag felhasználásával, hány darab és hol telepített keverőtelep üzembe állításával lesz a leggazdaságosabb.

A számítások elvégzéséhez meg kell adni a feladóhelyeken, azaz a bányában rendelkezésre álló termékmennyiséget, a felvevőhelyek, azaz a számításba vehető keverőtelepek igényeit, továbbá a költségelemek, amelyekből kiderül, hogy mennyibe kerül egy adott helyre az egységnyi mennyiség szállítása.

A program más jellegű szállítási feladat gazdaságosságának számítására is használható, segítségével végeztük el például a villamos- és autóbusz-telephelyek leggazdaságosabb elhelyezéséhez szükséges számításokat.

## TERVEZÉSI SZERZŐDÉSEK SZÁMÍTÓGÉPES NYILVÁNTARTÁSA

A vállalati ügyvitelgepesítési terv keretében készült „Tervezési szerződések nyilvántartása” elnevezésű programrendszer célja a szerződéssel kapcsolatos adatok gyűjtése és összegezése a megbízástól a számlázásig és ennek alapján információk készítése a vállalat különböző szintű vezetői részére.

A munkához rendszerbe kellett foglalni a szerződéskötési folyamatot, meg kellett határozni az egyes részekhez szükséges adatokat.

### Rendszertехnikai elhatárolások

Egy tervezési munka nyilvántartási szempontból a következő lépésekre bontható: megbízás, szerződéskötés, tervezés, tervszállítás, számlázás. Akár manuális, akár számítógépes nyilvántartásnál ezeket a lépéseket kell megfelelő bizonylatokkal, táblázatokkal követni, a megfelelő ellenőrzési pontokban irányítani. A rendszernek igazodnia kell a vállalat szervezeti felépítéséből, munkafelosztási rendjéből adódó követelményekhez is.

A tervezési szerződés adminisztrációja különösen fontos a megbízás beérkezésétől a szerződéskötésig. Ez a rész önmagában is öt nagyobb szakaszra osztható:

I. szakasz: Megrendelés érkezik a vállalathoz; a vállalat műszaki igazgatójától a Közgazdasági osztályra kerül, ahol központi tervszámot kap. Innen a kijelölt iroda vezetőjéhez irányítják, majd a kijelölt iroda műszaki-közügazdasági szakosztályán is nyilvántartásba veszik és a kijelölt főtervező osztály vezetőjéhez küldik. Végül a főtervezőhöz kerül. A főtervező elküldi a társtervezői adatlapokat a társtervezőknek és/vagy az altervezői megrendeléseket az altervezőknek, ha vannak ilyenek (15 nap).

II. szakasz: A főtervező egyeztetést tart a társtervezőkkel és az altervezőkkel. Ha szükséges, módosítják a társtervezői adatlapokat és az altervezői megrendeléseket (30 nap).

III. szakasz: A főtervező összeállítja a szerződéstervezetet és ha kell, egyeztető tárgyalást folytat a megrendelővel. A szerződéstervezetet felülvizsgálják az iroda műszaki-közügazdasági szakosztályán, majd innen a szerződéstervezet irodavezetői aláírással a Közgazdasági osztályra kerül, ahonnan kiküldik a megrendelőhöz (15 nap, ha van társ- és/vagy altervező, 45 nap).

IV. szakasz: A tervezői szerződés a megrendelőtől jóváhagyva a vállalathoz érkezik (35 nap).

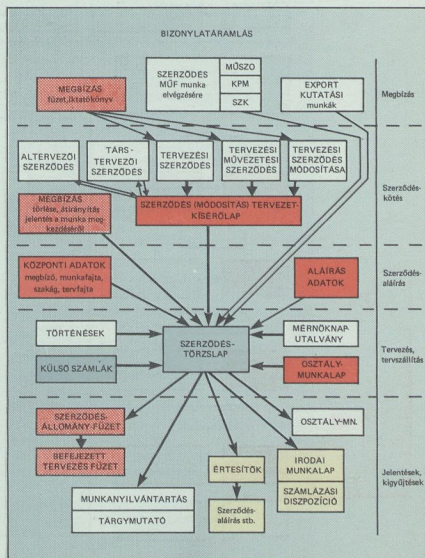
V. szakasz: A főtervező elfogadja a tervezési szerződést, értesíti erről a társtervezőket és megkötik az altervezői szerződéseket, ha vannak társ- és/vagy altervezők. Ha a szerződés véleményeléréssel érkezett, ismét

egyeztetés szükséges a megrendelővel a tervezési szerződés elfogadása előtt (10 nap).

A szerződéskötések a fent leírt menetet követik, de a gyakorlatban számos tárgyalás, megbeszélés, levelezés a feltétele az egyes szakaszok lezárásának. Az egyes szakaszok ügyintézési munkáit a zárójelben feltüntetett idő alatt kell elvégezni.

A szerződéskötés után következnek a tervezés, majd a tervszállítás. Adminisztrációs szempontból ismét fontos lépés a számlázás. A főtervező iroda műszaki-közügazdasági szakosztályán összegyűjtik az osztályok munkalapjait, a társtervező irodák munkalapjait, a külső altervezők

1. ábra



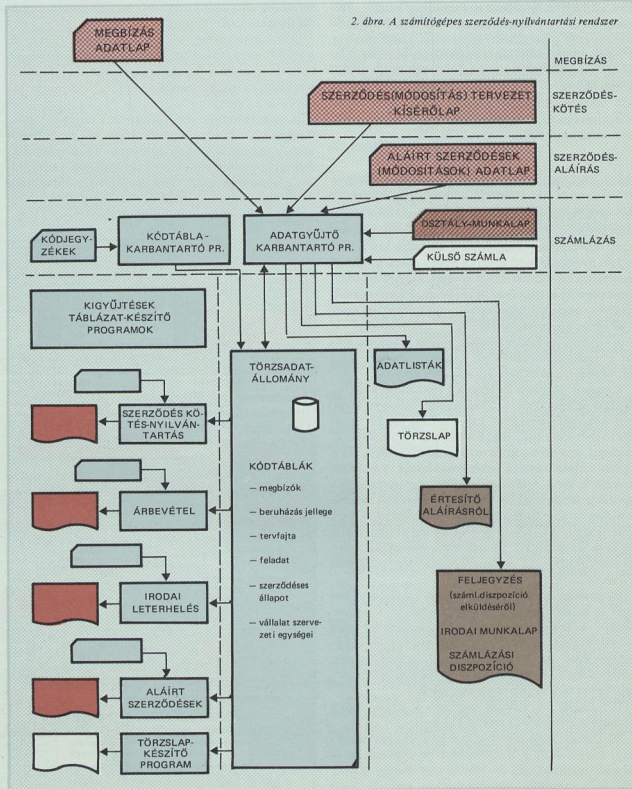


számláit, majd kiadják a számlázási diszpozíciót a Közgazdasági osztályra. (Az adminisztrációs folyamat bizonylatainak útja az 1. ábrán követhető.)

A számítógépes szerződés-nyilvántartási rendszer a szerződéssel foglalkozik attól a pillanattól kezdve, hogy a megbízást a Közgazdasági osztály tervszámmal ellátta és elküldi az iroda műszaki-közzgazdasági szakosztályára, addig az időpontig, amikor a főtervező elküldi a számlázási diszpozíciót a Közgazdasági osztályra. A rendszer

teljes körű vállalati bevezetés esetén a társtervezői szerződések automatikusan kezeli. (A számítógépes szerződésnyilvántartási rendszert a 2. ábra szemlélteti.)

A rendszer az eddig is kitöltött bizonylatokból (megbízás-adatlap, szerződésmódosítás-tervezet kísérlőlapja, aláírt szerződések, módosítások adatlap, osztály-munkalap, külső számla) összegyűjti a maximális információ-mennyiséget anélkül, hogy növelné az adminisztrációt. Ugyanis a manuális rendszerben is használt bizonylatokat



alakítottuk át pozícionált adatlapokká, így ezek közvetlenül adatrögzítésre alkalmasak. Az adatgyűjtő-karbantartó program gondoskodik az adatok mágneslemezen történő tárolásáról. A beolvasás közben a program logikai adatenlőrzéseket végez, és ennek alapján hibabejelentéseket és figyelmeztetéseket ír a sornymutatóra, a felhasználó tájékoztatására. Attól kezdve, hogy egy tervszámhoz a program feldolgozza az első szerződéstervezet kísérőlapját, minden változásnál (új kísérőlap, aláírási adatlap, osztály-munkalap, külső számla gépbévitelénél) az aktuális szerződés-törzslap is elkészül.

Az aláírási-adatlap feldolgozása után a program automatikusan *értesítőt* készít a tervezésben részt vevő valamennyi osztály részére, amely tartalmazza a szerződés aláírásának dátumát, az esetleges módosításokat, az érintett osztály munkarészeinek határidejeit és tervezési díjait. Ha egy részszámlához tartozó valamennyi munka befejeződött, és minden érintett osztály leadta az osztály-munkalapot, a program minden érintett irodának elkészíti az irodai munkalapot. Ezen osztályonkénti bontásban szerepelnek a szállítási határidők, a teljesítések ideje, mérnöknap-utalványozás és a tervezési díjak. Amikor a program egy tervszámhoz feldolgozza az összes osztály-munkalapot és az összes külső számlát, akkor automatikusan elkészíti a számlázási diszpozíciót, és feljegyzésben értesíti erről a tervezésben részt vevő valamennyi osztályt. Az adatgyűjtő-karbantartó program által készített gépi táblák a korábban manuálisan készített táblázatokat helyettesítik. A *szerződés-törzslap* a régi karteron (tasak) helyett használható. A gép által készített értesítők, irodai munkalapok, számlázási diszpozíciók a felelősök aláírásával érvényesített dokumentumok, amelyek az érdekelteknek megküldhetők.

A következőkben ismertetett öt program különböző kigyűjtéseket, árbevételt, leterhelést tartalmazó táblázatokat készít statisztikai célokra, az osztály-, iroda-, vállalati szintű vezetők tájékoztatására.

A „Szerződések állapota” program listát készíthet az irodák *összes megbízásáról*, főtervezői szerződéséről a szerződésállapot és a megbízás érkezési éve szerint csoportosítva.

Az „Irodai árbevétel” program egy-egy iroda *leszámlázott tervezéséről* készít táblázatot osztálybontásban. Kétféle táblázat kérhető: irodai árbevétel-összesítő (az osztályok árbevétele havi bontásban, negyedévi, évi összegekkel), valamint az iroda negyedévi árbevétele (az osztályok negyedévi mérnöknap-utalványozása és árbevétele szerződéseként).

Az „Irodai leterhelés” program az iroda szerződéses és a szerződéskötés alatti munkáiról, a *leterhelésről*, mindig kétféle táblázatot készít. Az egyik *tervszámmonként* és ezen belül megbízók szerint csoportosítva tartalmazza a tervezett árbevételt, a másik pedig *megbízómonként* és ezen belül tervszámmonként összesítve tartalmazza ugyanazt.

Az „Aláírt szerződések” program szintén kétféle táblázatot készít, de csak az *aláírt szerződésekéről*. Az egyik az iroda osztályainak negyedévre tervezett árbevételét tartalmazza, a másik osztályonként, ezen belül tervszámmonként havi bontásban ad tájékoztatást az aláírt szerződésekéről.

A „Törzslapkészítő” program adatlap nélkül is elkészíti a mágneslemezen tárolt összes szerződéstervezet és aláírt szerződés irodai és közigazdasági osztályi törzslapját, az irodák szerint rendezve.

A számítógépes rendszer működéséhez szükséges kétféle kódjegyzék, amelyet a elődtábla-karbantartó programmal lehet mágneslemezen előállítani és szükség esetén felújítani. A kódjegyzékek a következők: megbízók, a beruházás jellege, tervfajta, szerződéses állapot, szakágak, feladatok, az UVATERV szervezeti egységei.

A számítógépi futtatások rendje a következő: az adatlapok leadása és az eredmények szétosztása a műszaki-közigazdasági szakosztályokon keresztül történik, ők tartják a kapcsolatot a Számítóközponttal és a tervező osztályokkal. Hetente készülnek az értesítők a szerződések aláírásáról, irodai munkalapok, számlázási diszpozíciók és feljegyzések a számlázási diszpozíciók leadásáról, valamint az aktuális szerződés-törzslapok. *Havonta* készülnek az összesítő eredménytáblázatok, azaz a *szerződések állapota*, az *irodai árbevétel* és az *irodai leterhelés* és az *aláírt szerződések eredménytáblázatai*. Szükség esetén irodavezetők hozzájárulással valamennyi program *bármely időpontban* működtethető.

A számítógépes szerződés-nyilvántartási rendszer bevezetését egyelőre egyetlen irodán kezdtük meg. Az átállást fél éves időszakra ütemeztük, azzal a célküszöbrel, hogy ezen átmeneti időszak elteltével az iroda összes főtervezői szerződése naprakész állapotban mágneslemezen legyen tárolva, és egyhetes időközönként fennakadás nélkül működjön az adattállomány felújítása. A próbaüzemeltetés során nyert tapasztalatok alapján – ha szükséges – a rendszert vagy az annak működtetését segítő leírásokat javítjuk. Ezután tervezzük a rendszer vállalati szintű bevezetését.

A gépi rendszer többletadminisztrációt nem igényel, mert az eddig is kitöltött bizonylatok alapján dolgozik. Megköveteli azonban a pontos regisztrálást, mert különben figyelmeztető jelzéseket ad és hiányos adatokkal nem dolgozik. Az eddig kézzel készült összesítőket, számlázási diszpozíciókat, feljegyzéseket, értesítőket automatikusan készíti. A fentiekben ismertetett összesítők rendszeres megjelenése önmagában is megkönnyíti az egység fennakadás nélküli vezetését azzal, hogy nemcsak a fontos adatok pontos helyzetéről ad áttekintést, hanem olyan hiányosságokról is – például elhúzódozó szerződéskötés –, amelyek megszüntetése sürgős vezetői intézkedést igényel.

## AZ UVATERV SZÁMÍTÁSTECHNIKAI BERENDEZÉSEI

A Számítógép-üzemeltető osztály működteti az összes számítástechnikai berendezést.

R-20 típusú számítógépünk (1. ábra) a következő egységekből áll:

- központi egység (128 KByte),
- 4 db mágneslemezes-egység,
- 4 db mágnesszalag-egység,
- 2 db lyukkártyaolvasó egység,
- 2 db sornyomató egység,
- 1 db lyukszalaglyukasztó egység,
- 1 db lyukszalagolvasó egység és
- 1 db konzolrőpög.

Az 1978-ban üzembe helyezett amerikai gyártmányú CalComp rajzológéppünk (2. ábra)

- 1 db 925 típusú vezérlő (8 K szó) és
- 1 db 960 típusú rajzológépből áll.

A konfigurációhoz tartozó egyéb számítástechnikai berendezések közül megemlítjük az adatrőgzítő gépeket és EMG-666 típusú asztali kisszámítógépünket.

A hardware üzemeltetése mellett az alap-software üzemeltetése is feladata az osztálynak. Az R-20-hoz tartozó berendezések működését IBM 26.2 operációs rendszer vezérli.

A rajzológép az R-20 számítógéppel off-line rendszerben működik, mágnesszalagos adatkapcsolattal. A rajzológép operációs rendszerének számos, a gyakorlatban igen jól használható előnye van, pl. egy elkészült rajz

(amelynek adatait mágnesszalag tárolja) tetszés szerint, fokozat nélkül kicsinyíthető, vagy nagyítható. A berendezés nagy – 0,0125 mm – pontossága mellett 75 cm/sec maximális sebességgel rajzol. Az előállítható rajz legnagyobb hasznos területe 841×1510 mm, de a vezérlő adta lehetőséggel mintegy 20 m hosszú és 20 m széles rajz is készíthető (részletekben).



2. ábra. CalComp rajzológép

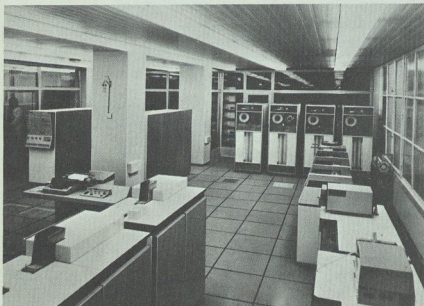
A géptermi munkafolyamatokat, a műszaki és operátorszemélyzet munkáját az üzemeltetésvezető mérnök irányítja.

A számítógépet és a rajzgépet speciális képzettségű műszaki karbantartók, operátorok és rendszerprogramozók kezelik. A műszaki karbantartók rendszeres napi, heti és havi, valamint éves karbantartást végeznek, és soronkívüli feladatuk a műszaki hibák elhárítása. Ezenkívül fejlesztési feladatokkal is foglalkoznak. Szükség esetén háttér-szerviz biztosításáról és igénybeveteléről gondoskodnak. A karbantartáshoz saját műszerparkkal és alkatrészlellettel rendelkezünk.

Az operátorok a gépi feldolgozásokhoz előkészítik a szükséges információhordozókat és kezelik a berendezéseket. A rendszerprogramozók karbantartják a számítógép és rajzgép operációs rendszerét és a programkönyvtárakat, illetve adattárakat; a felhasználókat általánosan érintő rendszerfejlesztéseket végeznek, valamint más számítógépekre rendszertelepítési feladatokat látnak el.

Az üzembiztonság és értékmegővés szempontjából igen fontos a software-karbantartás keretében végzett rendszeres program- és adattár-archiválás, hiszen a mágneslemezeseken és -szalagokon levő programrendszerek és az adattálmány értéke ma már többszöröse a gépi berendezések értékének!

1. ábra. R-20 számítógép



A programtervezés és -üzemeltetés munkáját hatékonyan támogatják a rendszerprogramozóknak a gépi feldolgozások üzembiztonságát növelő software-fejlesztései.

A két műszakban üzemeltetett számítógép teljes kapacitása folyamatosan le van kötve a vállalat saját munkáival; a harmadik műszak rugalmas többletkapacitást nyújt munkatorlódások esetére.

A számítógép üzeme zárt. Minden anyagot a géptermi munkaszervező ad át gépi feldolgozásra előírt feldolgozási sorrenddel, és ő veszi át az elkészült munkákat is. A számítógép, illetve rajzgép géptermi naplójába bejegyzik a berendezések üzemállapotára vonatkozó adatokat és a feldolgozott anyagokat is. A naplók és a konzollisták alapján minden gépi feldolgozás időpontja és körülményei rekonstruálhatók, a géptermi és a berendezéshiba-naplók alapján pedig minden egység műszaki állapota részletesen nyomon követhető.

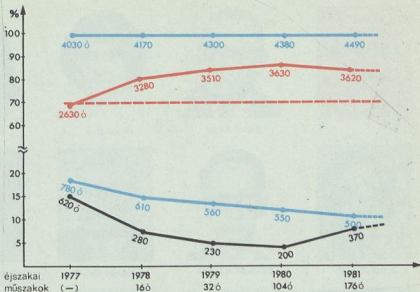
### Termelési mutatók

A feldolgozás, a karbantartás és a hibajavítás az abszolút óraszám mellett százalékos megoszlásban is vizsgálható; összegük az ún. „bekapcsolt gépidő” számrértékét adja.

A konfiguráció termelékenységének mérőszáma a produktív tevékenység, tehát a feldolgozás időtartamának viszonya a bekapcsolt gépidőmennyiséghez. Az R-20 számítógép-konfiguráció elmúlt öt évi hardware-üzemeltetési adatainak alakulása a 3. ábrán követhető. Ebből kitűnik, hogy a számítógép üzembe állítását követő első, 1977-es év jellemző értékei jelentősen eltérnek a későbbi évektől. E különbség okát az EC-1020 B számítógéptípus jellemzője, az ún. „beégési” idő magyarázza. Az első időszakban – kb. egy évig – ugyanis a meghibásodások száma (és így a javításra fordított idő) többszöröse az üzemelés bármely más – hasonló hosszúságú – periódusában mért értéknek. A hibaelhárítást, karbantartást végző műszaki személyzet is kb. egy év alatt tett szert a megfelelő szintű hibaelhárítási gyakorlatra és ismerte meg a konfiguráció gyenge pontjait. Ez a „beégési időszak” jól elhelyezhető a karbantartás jelleggörbéjén, amiről az is „leolvasható”, hogy a műszaki üzemeltető csoportok munkája hatékonyabbá vált, s a karbantartásra fordított idő csökkent.

A „beégési időt” követő három évben nagyjából azonos jellegű és gyakoriságú hibaelfordulás volt jellemző. Az időtartambeli eltérések – az alkatrészbeszerzési lehetőségek változásának megfelelő mértékben – egy átlagérték körül mozognak. Erősen emelkedett viszont az elmúlt évben a hibajavításra fordított idő, aminek egyik döntő oka – azonos hibaelhárítási hatékonyság mellett – a berendezések mechanikus alkatrészeinek elhasználódása. Az elektronikus alkatrészek meghibásodásából eredő üzemzavarok száma kis szórással azonos volt az utóbbi négy évben, de azzal kell számolnunk, hogy egyikét éven belül az ilyen típusú hibák gyakoribbá válhatnak.

A karbantartási és hibajavítási idők határozzák meg végső soron a legfontosabb, a produktív termelési adatot, a gépi feldolgozásra fordítható időtartamot. Ennek jelleg-



3. ábra. Az R-20 számítógép üzemi adatai

görbéje egy hosszabb emelkedési periódus után 1980–81-ben állandósult a 3600 óra/év körüli értékre. A produktív időtartam abszolút számrértékét a növekvő gyakoriságú éjszakai műszakok száma növelheti, de a feldolgozás jelenlegi (a bekapcsolt gépórához viszonyított) 81–82%-os aránya a hibajavítási idők további növekedése miatt csökkenni fog a következő években.

A rajzgépek konfiguráció hardware felépítése az áramköri elemek, a szerelési technológia, az integráltsági fok tekintetében lényegesen különbözik az R-20 számítógéptől. Ez is egyik oka annak, hogy a berendezés termelékenysége kezdettől fogva 90% körüli. Az elmúlt három és fél éves üzemelési idő alatt a hibaelfordulások száma azonos szinten maradt, és nem növekedett a karbantartási idő sem. A rajzológép igénybevétele dinamikusan növekedett, az egymást követő években gyakran megduplázódott. Ha a növekedési ütem változatlan marad, feltételezhetően 1983 elején a rajzkészítés tényleges óraszámja eléri az elvi tervezhető értéket.

A számítástechnika szervesen beépült a tervezési munkafolyamatokba, s eddigi tapasztalataink meghatározzák további feladatainkat is. A programüzemeltetés tevékenységében minőségi változást fog jelteni egy interaktív rendszer létrehozása. A kialakítandó terminálhálózaton keresztül könnyebb lesz a számítógéphez „férni”, a munkavégzés hatékonyabbá válik. Az adat rögzítésben minőségi változást jelent majd egy nagy teljesítményű optikai bizonylatolvasó üzembe helyezése. Bővítőnk kell a számítógép- és rajzgéprendszerek kapacitását, a hardware- és a software-szolgáltatásokat. Jelenlegi berendezéseink cseréjét fizikai elhasználódásuk is indokolja. Mindezeket figyelembe véve tervezünk egy nagy teljesítményű, korszerű elektronikai elemekből felépített központi számítógép üzembe helyezését és a rajzológéprendszer bővítését.

A tervezett fejlesztésekkel egy igen korszerű és hatékony interaktív tervezési technológia hozható létre, melyet egy automatikus, komplex rajzológéprendszer egészít ki.

E SZÁMUNK  
SZERZŐI



Bacsó Antal



Borsi Éva



Csécsi Irén



Erdősy Miklós



Fabricius Éva



Földi András



Földvári Kálmán



Gedeon Gyula



Gyulai Zoltánné



Halászné Schmidt Zsuzsa



Hiesz György



Jakab György



Jancsó Ferencné



dr. Jánoshegyi Ferenc



Kaján László



Kovács Kornélia



Kovács Attila



Kovács Gábor



Kovács László



dr. Kozáry István



Küzmös György



Lámer Géza



dr. Lengyel Endre



dr. Léderer Károly



dr. Marton Mihályné



Mihályty Árpád



Murányi Aladár



Nagy Károly



Pethő Csaba



dr. Petúr Alajos



Reviczky János



dr. Rózsa László



Semsey Péter



dr. Sigrai Tibor



Schwerteczy Ferenc



Szick Antal



Szick Antalné



Tamás György



Tamás Lajos



Tusnády Pálné



Zámolyi Ferenc

**ISSN 0133–3208**

Megjelent az UVATERV Tájékoztatói osztálya gondozásában

Műszaki szerkesztő: Lőb Endre. Tipográfia: Zöldi Lajos.

A rajzokat Erdősy Miklós, Horváth Ernő, dr. Kuzsel Dezsőné, Sipőczy Lajos és Süveges Gyula, a felületek térbeli rajzainak gépi programjait Kolozs András készítette.

Fotó: Farkas Péter, Geletáné Avar Helly, Szemerédy István.

Kiadja a Lapkiadó Vállalat; Budapest, Lenin körút 9–11. 1073. Felelős kiadó: Siklósi Norbert

Készült az UVATERV Sokszorosító üzemében • 82 130 • Felelős vezető: Lőb Endre

Engedélyszám: III/SZI/115/1976