

A kiroptikai spektroszkópia

Hollósi Miklós¹, Vass Elemér¹, Laczkó Ilona²

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Szerves Kémiai Tanszék, Budapest

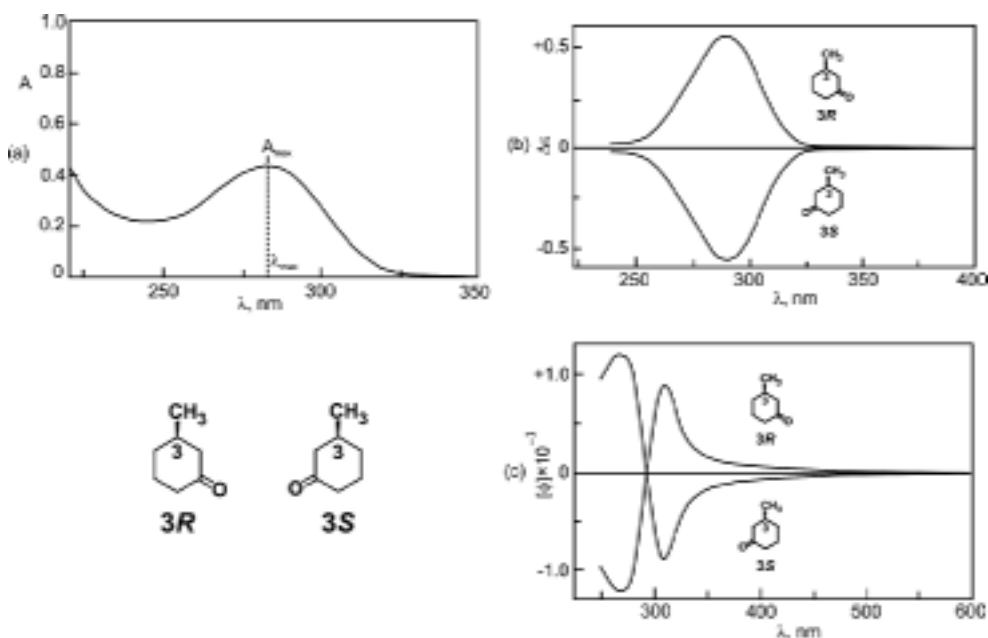
²Szegedi Biológiai Központ, Biofizikai Intézet, Szeged

Abstract

This paper gives a short summary on the theory and fields of application of chiroptical spectroscopy. Special attention is paid to exciton coupling that plays a role in governing the chiroptical properties of biopolymers (protein α -helix, DNA double helix). Another main issue is the vibrational optical activity (VOA). This relatively new technique can be used for the determination of the absolute configuration or (in the case of biopolymers) absolute conformation in solution.

Az optikai aktivitás jelensége közel két évszázada ismert. Az optikai forgatóképesség mérésére szolgáló eszközök – a polariméterek – jelentős mértékben segítették a sztereokémia fejlődését. Kiderült, hogy a forgatóképesség függ a polarizált fény hullámhosszától: az esetek zömében az ultraibolya tartomány felé haladva a forgatás abszolút értéke rohamosan nő. Ez a felismerés vezetett az *optikai rotációs diszperzió* (ORD) spektroszkópia kialakulásához. A Drude-egyenlet már a *kromofor fogalom* kialakulását készítette elő. A jelenség kvantumkémiai értelmezése Rosenfeld (1928) nevéhez fűződik, ő vezette be a *rotátorerősség* (R) fogalmát.

Méréstechnikai szempontból a nagy áttörést a *cirkuláris dikroizmus* (CD) spektrométerek elterjedése jelentette a 60-as évek közepétől. A CD görbe lényegesen egyszerűbb és matematikailag könnyebben kezelhető (Gauss-függvénnyel leírható), mint az ORD görbe. Az ultraibolya és látható (UV-*vis*) spektrum és a CD spektrum közötti kapcsolat nyilvánvalóvá vált (1. ábra) és már csak a rotátorerősség abszolút konfigurációtól (vagy abszolút konformációtól) való függésének felderítése maradt hátra.



1. ábra

A kiroptikai spektroszkópia – elsősorban a CD módszer – sikere elsősorban a biopolimerek és a természetes szénvegyületek szerkezetvizsgálatában elért látványos eredményeknek köszönhető. Említést érdemel Fasman munkássága, aki a fehérjék CD spektrumának három-komponensű felbontásával olyan módszer alapjait fektette le, amely a fehérjék szerkezetvizsgálatának első hatékony eszköze lett.

Az UV-vis spektroszkópia *nempolarizált*, más néven *izotróp* fényt használ. Az optikailag aktív (királis) molekulák vizsgálatához *lineárisan* (síkban) *polarizált* vagy *anizotróp* fényre van szükség. A lineárisan polarizált fény két cirkulárisan polarizált komponensre bontható, ezek a *balra* és *jobbra cirkulárisan polarizált* állapotok. Az abszorpciós sáv λ_{\max} értékéhez közeli hullámhosszaknál a *bcp* és a *jcp* fénykomponensnek nemcsak a sebessége különbözik egymástól, de különböző mértékben abszorbeálja őket az optikailag aktív közeg ($A_b \neq A_j$) és $\Delta\varepsilon = \varepsilon_b - \varepsilon_j$. A közegből kilépve a fáziskülönbség mellett a két vektor amplitúdója is különbözik egymástól ($E_b \neq E_j$). Az eredő vektor nem egy egyenes mentén (síkban) oszcillál, hanem egy ellipszis mentén, vagyis a fény elliptikusan polarizált lesz. A kémikusok a sávok intenzitását gyakran a maximumoknak megfelelő ε_{\max} illetve $\Delta\varepsilon_{\max}$ moláris extinkciós koefficiensekkel jellemzik. Ezeknek azonban nincs közvetlen kapcsolata az elméletből levezethető mennyiségekkel. Milliken javaslatára vezették be az elektronátmenetek gerjesztési intenzitásának jellemzésére a *dipólerősséget* (D), amely nem más, mint az abszorpciós sáv hullámhosszal redukált (súlyozott) integrált intenzitása:

$$D = 9,188 \times 10^{-39} \int_0^{\infty} \frac{\varepsilon}{\lambda} d\lambda$$

Az elektrongerjesztés során változik a töltéseloszlás (töltéssűrűség) a molekulán belül, ez *átmeneti elektromos* vagy *dipólusmomentumot* (μ) hoz létre, amely iránnyal és intenzitással rendelkező vektormennyiség és nem más, mint \sqrt{D} , azaz $D = \mu^2$

A CD spektroszkópiában a CD görbe alatti, hullámhosszal redukált integrált intenzitás a *rotátorerősség*, R :

$$R = 2,297 \times 10^{-39} \int_0^{\infty} \frac{\Delta\varepsilon}{\lambda} d\lambda$$

A CD átmenethez átmeneti elektromos momentum, μ és átmeneti mágneses momentum, m szükséges

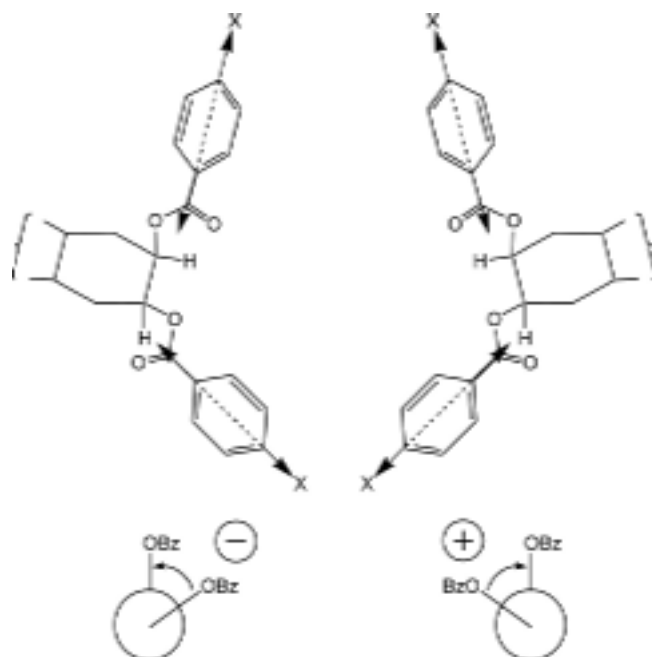
$$R = \mu m = |\mu| |m| \cos\beta$$

β az átmeneti momentumvektorok által bezárt szög. Ha $|\mu|$ vagy $|m|$ nulla, R értéke nulla. R akkor is nulla, ha a két vektor merőleges egymásra. Ha β hegyesszög ($0^\circ < \beta < 90^\circ$), a Cotton-effektus pozitív, ha pedig tompaszög ($90^\circ < \beta < 180^\circ$) akkor negatív.

Az $R = \mu m$ összefüggést kitűnően szemléltetik a királis hexahelicének. A ~ 325 nm-nél mérhető CD sáv a $\pi\pi^*$ jellegű HOMO-LUMO átmenetnek tulajdonítható. A gerjesztés során helikális töltéssűrűség-változás következik be, ami az enantiomer [(M) -hélix, illetve (P) -hélix] molekuláknál ellentétes irányú átmeneti mágneses momentumot indukál. Az (M) -hélixnél $\beta = 180^\circ$, a (P) -hélixnél pedig $\beta = 0^\circ$, vagyis az (M) -hélixnél R negatív (a CD sáv negatív), a (P) -hélixnél pedig R pozitív (a CD sáv pozitív).

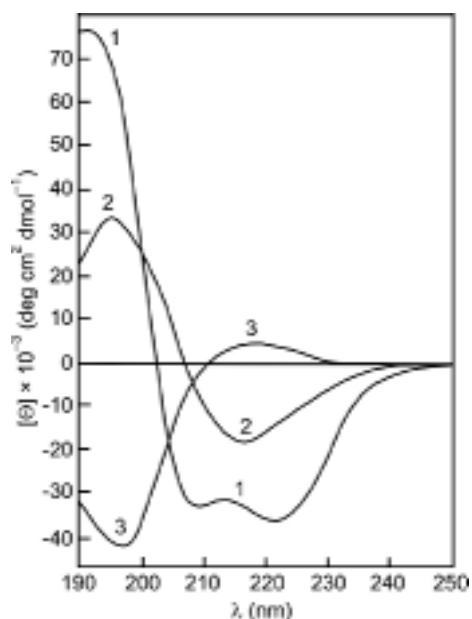
A királis ketonok kiroptikai tulajdonságainak vizsgálata Djerassi (1954) nevéhez fűződik. A vizsgált vegyületek a gyógyszeripari szempontból is rendkívül jelentős, merev térszerkezetű szteroid-ketonok voltak. Az oxocsoport $n\pi^*$ elektronátmenete 300 nm táján jelentkezik a spektrumban, távol a következő nagyobb energiájú, 190 nm-nél található $\pi\pi^*$ átmenettől. Az *oktáns szabály* teremt kapcsolatot a spektrum és a térszerkezet között.

Két egymáshoz térben közeli, nagy átmeneti elektromos momentummal rendelkező független kromofor királis (csavart) elrendeződése olyan kölcsönhatáshoz (dinamikus csatolás) vezet, amelynek eredményeképpen egy ellentétes előjelű sávpár (*exciton couplet*, EC) jelenik meg a CD spektrumban. A couplet előjeléből, amely nem más, mint a nagyobb λ értéknél jelentkező sávkomponens előjele, következtetni lehet a kromoforok konfigurációjára. Az OH-csoport nem kromofor, ezért a CD vizsgálatok előtt a glikolokat dibenzoil-származékká alakították. Az *exciton-csatolt cirkuláris dikroizmus* (EC-CD) mára az abszolút konfiguráció meghatározásának egyik legmegbízhatóbb módszerévé vált, amely a Bijvoet-féle röntgenkristallográfiai eljárással hasonlítható össze. A dibenzoát-észterek esetében az UV spektrumban 230 nm táján megfigyelhető intenzív elnyelés a (p -szubsztituált) benzolgyűrűt és a COOR csoportot magába foglaló töltésátviteli sávnak (1L_a) felel meg. Az átmeneti elektromos momentum (TEM) nagy és nagyjából a benzoátcsoportok hosszú tengelyével párhuzamos (2. ábra). A benzoátok konformációját jól ismerjük: a hosszú tengely az ábrán látható módon párhuzamos a glikol C-O kötésével, vagyis a TEM vektorok által bezárt vetületi szög előjelét és nagyságát tekintve is megegyezik a C-O kötések ω torziószögével.



2. ábra

Az EC-CD módszer megbízható abszolút konfiguráció, illetve abszolút konformáció meghatározást tesz lehetővé. Alkalmazható szupramolekuláris komplexek esetében is. Az amidsoportok közötti exciton csatolás határozza meg az α -hélix fehérjeszerkezet CD spektrumát is (3. ábra).



3. ábra

A *vibrációs optikai aktivitás* (VOA) a molekulák vibrációs átmeneteinek „balra” cirkulárisan polarizált (*bcp*) és „jobbra” cirkulárisan polarizált (*jcp*) elektromágneses sugárzással szembeni különböző viselkedésére vezethető vissza. Két fő méréstechnikai változata van: az infravörös és Raman forma. Az IR változat a *vibrációs cirkuláris dikroizmus* (VCD), a Raman pedig a *Raman optikai aktivitás* (ROA). A VCD a *bcp* és *jcp* IR sugárzás elnyelésének különbsége, ahogy a CD (ECD) esetében láttuk: ($\Delta\varepsilon = \varepsilon_b - \varepsilon_j$).

VOA akirális, illetve racém mintáknál nem mérhető, ahogy CD sem. A VCD és ROA mérés sikerének feltétele a kitűnő minőségű IR, illetve Raman spektrum. A 90-es évek végén kerültek kereskedelmi forgalomba a rutin célokra használható VCD spektrométerek és nemrég megjelent a műszerpiacon a ROA műszer is.

A VCD legegyszerűbb alkalmazása a királis minta *optikai tisztaságának* meghatározása, de mindkét módszer sikere annak köszönhető, hogy alkalmasak *abszolút konfiguráció*, vagy biopolimerek esetében az *abszolút konformáció* (másodlagos szerkezet) meghatározására.

A VCD nagy előnye az ECD-vel szemben a kromoforok nagy száma és változatossága. Az IR spektrum a molekula 3n-6 normál rezgési módjának megfelelő sávokat tartalmazza. A VCD spektrumban a sávoknak előjele is van, ami megkettőzi a VCD spektrum információtartalmát. A kromofor csoportok nagy választéka megbízható *sztereokémiai vizsgálatokat* tesz lehetővé.

A VCD spektrumok *ab initio* szintű kvantumkémiai módszerekkel szimulálhatók, ami jelentősen megnöveli a szerkezetvizsgálat hatékonyságát. Elég az alap-elektronállapotot és annak a rezgések hatására bekövetkező változását figyelembe venni, szemben az ECD-vel, ahol a gerjesztett állapot kiszámítására is szükség van, ami ma még nem egy triviális feladat. A sztereokémiai VCD spektroszkópiája az α -helikális homopolipeptidek vizsgálatával kezdődött. Ahogy az IR spektrumban, a VCD spektrumban is amid I (amid I' D₂O-ban) tartomány vizsgálatát szolgálja a legtöbb adatot. Az α -hélix jellegzetessége egy pozitív couplet, amelynek negatív ága az intenzívebb, valamint egy másik gyenge negatív sáv (4. ábra). Az antiparalel β -redőzött réteg spektrumában két elkülönült negatív sáv található, míg a rendezetlen konformáció egy intenzívebb negatív sávval jellemezhető negatív couplet-et mutat.

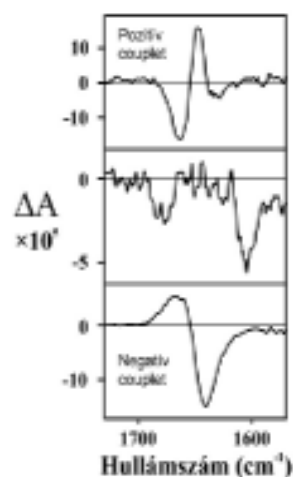
A VCD spektroszkópia sávgazdagsága, változatos előjel és intenzitás mintázata következtében alkalmas egyes konformációs altípusok megkülönböztetésére. Nem elég az amid I (I') tartományra hagyatkozni, ki kell aknázni az amid II és amid III sávok információtartalmát is. Talán a legfontosabb alkalmazási terület az α -hélix és a 3_{10} -hélix megkülönböztetése. Jelentősen különbözik egymástól az α -hélix és a β -redőzött réteg konformáció amid II sávja is. Az α -hélixre egy negatív sáv, míg a β -konformációra negatív couplet jellemző. Az amid III tartományban ($\sim 1350 - 1250 \text{ cm}^{-1}$) az α -hélix többnyire pozitív, míg a β -konformáció negatív sávot mutat.

A rendezetlen vagy „random coil” konformációra általában egy intenzív negatív couplet jellemző. VCD spektroszkópiai adatok alátámasztják azt a korábbi CD (ECD) feltételezést, hogy a rendezetlen konformáció nem más, mint hosszabb-rövidebb balmenetű nyújtott helikális szakaszok [poli(prolin) II vagy PPII konformáció] együttese.

A múlt század végén úgy tűnt, hogy a CD spektroszkópia végleg a tudomány lomtárába kerül. De nem ez történt! A 90-es évek végétől a rekombináns DNS technika és *proteoma projektek* beindulása olyan szerkezetvizsgáló módszert igényelt, amely egyszerű, gyors és megbízható, továbbá anyagigénye kicsi (<1 mg). Így az érdeklődés ismét a CD módszer felé fordult, rohamosan nőtt az évente eladott CD spektrométerek (dikrográfok) száma. Újabb kihívást jelentett az „enantiomer-tiszta” kémia térhódítása. Az egyetlen enantiomert tartalmazó gyógyszerek, mezőgazdasági vegyszerek és egyéb készítmények kifejlesztése és piacra vitele alapos kiroptikai szerkezetjellemezést és analízist igényel. Ma már a műszerpiacon is kaphatók HPLC-CD rendszerek. Az új, szép „enantiomer-tiszta” világ pezsdítőleg hatott a műszerfejlesztő cégekre is. Néhány éve kereskedelmi forgalomba kerültek a *vibrációs optikai aktivitás* (VOA) vizsgálatára legalkalmasabbnak tűnő VCD és ROA spektrométerek. A fejlődés elméleti és gyakorlati síkon is töretlen. Hamarosan pályára állítják a kozmikus szerves minták optikai aktivitásának *in situ* regisztrálására alkalmas szuperérzékenységű kiroptikai és elválasztástechnikai műszerekkel felszerelt űrszondákat is.

Ajánlott irodalom

- 1] E.L. Eliel; S.H. Wilen, Stereochemistry of Organic Compounds, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994
- 2] J.B. Lambert; H.F. Shurvell; D.A. Lightner; R.G. Cooks, Organic Structural Spectroscopy, Prentice-Hall (New Jersey, USA), 1998
- 3] N. Berova; K. Nakanishi; R.W. Woody, Circular Dichroism Principles and Applications, J. Wiley & Sons, Inc. 2000
- 4] E. Vass, M. Hollósi, F. Besson, R. Buchet, Vibrational Spectroscopic Detection of Beta and Gamma Turns in Synthetic and Natural Peptides and Proteins, Chem. Rev. 103, (2003) 1917-1954
- 5] Molekulaspektroszkópia, (Szerk. Kovács István és Szőke József), 5. fejezet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1987
- 6] A. Perczel; I. Laczkó; M. Hollósi, Peptidek térszerkezet-vizsgálata, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1994



4. ábra

Polipeptidek és fehérjék VCD spektrumának amid I tartománya. Fölül: α -hélix, középen: β -réteg vagy szalag, alul: rendezetlen.

Vasúttársaságok építkezései a Bánságban

Dr. Horváth Ferenc¹, Dr. Kubinszky Mihály²

¹ny. MÁV mérnök, főtanácsos, ²ny. egyetemi tanár

Abstract

Ferenc Horváth and Mihály Kubinszky's book presents the evolution of the Transilvanian railway network and the related developments. We publish fragments of this book on the pages of the Technical Review. This paper presents the railway companies' constructions in the Banat region.

4.2. Az Arad-Temesvári Vasúttársaság építkezése

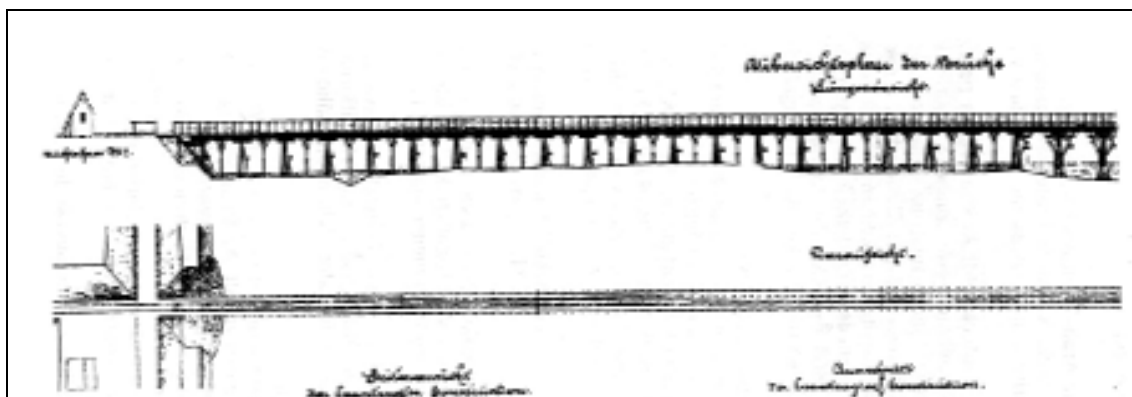
A Bánságban fővonalat építő másik vasúttársaság az Arad-Temesvári Vasút volt. Délkelet-Magyarország két gyorsan fejlődő nagy városát, Aradot és Temesvárt összekötő 55 km hosszú vasutat viszonylag későn, 1871. április 6-án nyitották meg. Mindkét városnak azonban már korábban volt vasútja.

A Szegedről Temesvárra vezető vasutat 1857-ben, a Szolnok felől Aradra vezetőt pedig 1858-ban nyitották meg. A két várost közvetlen összekötő vasút építésére kísérletek ugyan már korábban is történtek, de pénzügyi fedezet hiánya miatt az építkezés nem kezdődhetett el. A kiegyezés után az emigrációból hazatért Klapka Györgynek, a magyar szabadságharc tábornokának sikerült csak a Darmstadti Kereskedelmi és Hitelbank segítségével az építkezéshez szükséges tőkét előteremteni és az építkezést 1869 áprilisában megindítani. A vasút építését az országgyűlés 1868. évi XXXVII. törvénycikkben engedélyezte és egyedül az aradi erődítmény közelsége miatt, a katonai hatósággal támadt vita késleltette a haladást.

Az építkezés kivitelezője a pesti Schwarz és Fleischmann cég volt.

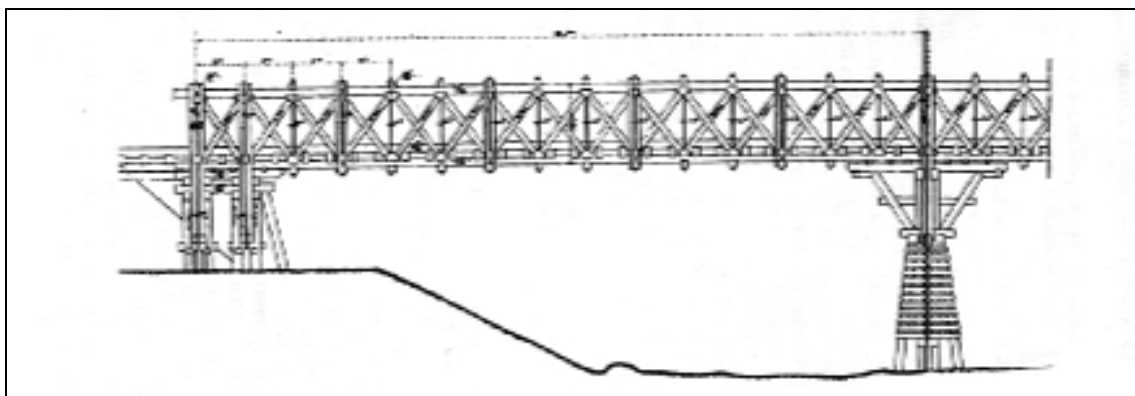
A vasútvonal sík területen vezetett, legnagyobb emelkedője 5 ‰, legkisebb ívsugara 600 m volt. A kedvező terepviszonyok miatt kevés földmunkát kellett végezni.

Nagyobb, 403,6 m hosszú fahíd épült a Maroson Arad és Új-Arad között (81. és 82. ábra), 24 db, egyenként 11,0–13,8 m és 4 db 25,6–30,1 m fesztávú nyílásokkal. A kisebb nyílások ékelt fagerenda tartók, a nagyobbak Howe-féle faszerkezetek voltak. A hidat később átépítették vasszerkezetre. Ezenkívül két 30 m-nél nagyobb hid épült a Begán és a Nyáradon, továbbá 46 db 2–10 m közötti kisebb híd.



81. ábra

A Maros árterét és medrét áthidaló faszerkezetű híd átépítési terve (1874. május 16.)



82. ábra
A meder híd megerősítési terve

A vasút felépítményét 6,5 m hosszú, 32,5 kg-os „a” jelű vassínekből fektették, amelyet az 1890-es években 33,25 kg-os és 34,5 kg-os „c” jelű, valamint 31,0 kg-os „o” jelű acélsínekre cserélték át.

Az akkori korszak műszaki fejlettségének megfelelően alakították ki a vasútvonal táviró hálózatát és biztosítóberendezéseit. 120,6 km távirda vezetékét létesítettek, 7 db Morse gépet, 36 db harangművet helyeztek üzembe, négy „láttam lassú menet”-jelzőt és 12 „láttam távjelzőt” állítottak fel.

A vasútvonal a Tiszavidéki Vasút Arad állomásából indult ki és az Osztrák Államvasúttársaság Temesvár-Józsefváros pályaudvarára futott be. Közbenső jelentősebb állomásai: Új-Arad, Vinga, Orczifalva és Szentandrás voltak. A forgalom lebonyolításához 6 mozdonyt, 19 személy- és 79 teherkocsit használtak.

A vasút építése kilométerenként 103 ezer Ft-ba került.

A kamatgarancia szerződésben az állam az átlagosnál valamivel magasabb, mérföldenként és évenként 39.500 Ft (5207 Ft/km) tiszta jövedelmet vállalt. Az államosításig ezen a címen a társaság összesen közel négy millió Ft kamatjövedelemben részesült.

A vasút üzemét kezdetben átmenetileg az Alföld-Fiumei, majd a Tiszavidéki Vasút kezelte, ennek államosítása után 1880-ban az üzemkezelést a MÁV vette át. A vasutat a magyar állam 1891-ben az Osztrák-Magyar Államvasúttársaság vonalaival együtt, az 1891. XXXVII. tc. alapján váltotta meg, minthogy a vasúttársaság részvényei már korábban ennek a társaságnak a tulajdonába kerültek át.

A vasúthoz később három HÉV-vonal csatlakozott: 1895-ben a temesvár-lovrini, 1908-ban a szentandrás-varjasi és 1910-ben a varjas-aradi.

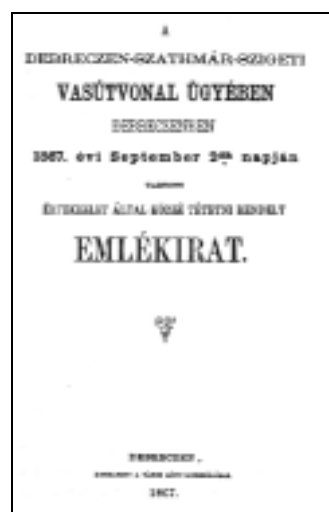
5. A Magyar Északkeleti Vasúttársaság építkezése Erdélyben

A Magyar Északkeleti Vasút Debrecen-Máramarossziget vonalának (83. ábra) csak egy része vezetett a mai Erdély területén, az Érmihályfalvától Királyházáig és a Hosszúmezőtől Máramarosszigetig terjedő két szakasz. A vasútvonal ugyanis kétszer keresztezte a Tisza felső szakaszát, amely 1920-ban az országhatár lett az akkori Csehszlovákia és Románia között. A vasútnak a folyótól északra eső, jobb-parti része került Csehszlovákiához, a bal-parti pedig Romániához. Ma a jobb-parti szakasz az Ukrán Vasút I vonala.

A vasútvonalat a Magyar Északkeleti Vasúttársaság építette, és 1871–72-ben adta át a forgalomnak.

A Magyar Északkeleti Vasúttársaság ezen vonalaitól nyugatra is építkezett és vasúthálózatához tartoztak a Kassa–Csap–Királyháza és az ebből kiágazó nyíregyházi, szerencsi, ungvári és munkácsi vonalak is.

A Debrecen-Szatmár-Sziget vasútvonal építéséhez az engedélyt az országgyűlés az 1868. évi XIII. törvényben adta meg. A kormányzat évenként és mérföldenként 36600 Ft (kilométerenként 4824 Ft) tiszta nyereséget garantált. A Debrecen–Szatmárnémeti–Máramarossziget vasút nyomvonalát – amely végig a Tiszántúlon, a Tisza folyó bal partján vezetett – a minisztérium engedélye alapján módosították.



83. ábra
Emlékirat
a Debrecen-Szatmár-Sziget
vasútügyében

Máramaros vármegyének a Tisza jobb partján fekvő nagyobb települései, elsősorban Huszt városának erélyes fellépésére a vasutat Veréczenél átvitték a Tisza jobb oldalára. Máramarossziget előtt, Hosszúmezőnél tért vissza a vasút ismét a folyó bal partjára. Az új vonalvezetés a hidak építése miatt nemcsak a költségeket növelte meg, hanem máig ható nehézségeket okozott a vasútvonal üzemében.

Az 1920-ban Csehszlovákia és Románia között megállapított határ szétvágta a megváltoztatott nyomvonalú vasútvonalat. 1945. után még inkább megnehezítette az üzem vitelét, hogy a Szovjetunióhoz került kárpátaljai területen lévő vonalak felépítményét széles nyomtávolságra alakították át. Jelenleg a Tisza-menti vonalon normál- és széles nyomtávolságú, fonódott vágány van Bátyútól Királyházán át Erdély felé, széles nyomtávú vágány ukrán területen Királyházától Aknaszlatináig, Rahótól Visóvölgy állomáson át Erdély irányába a borsai vonalra vezetően.

1868-ban az engedélyokmány kézhezvétele után a vasúttársaság azonnal megkezdte Debrecen–Szatmár–Máramarossziget vonal hiányzó részletterveinek kidolgozását a módosított vonalvezetésnek megfelelően és megkötötte a kivitelezési szerződést Bethel Henry Strousberg berlini építési vállalkozóval, aki a földmunkát a saját felelősségére 1868 decemberében megkezdte, még a tervek jóváhagyása előtt. Ebből az intézkedésből komoly bonyodalmak származtak. 1869-1870 telén ugyanis a Tisza és mellékfolyói korábban soha nem tapasztalt mértékben megáradtak. Ez nemcsak a munka vitelét zavara meg, hanem újabb tervmódosítást jelentett. Az árvíz következtében az építési hatóság nagy hosszban elrendelte a pályaszint megemelését. Emiatt az eredetileg tervezett földmunkánál 50%-kal nagyobb mennyiséget kellett elvégezni, több új műtárgyat pótlólag építeni és megnövelni a meglévők nyílásainak hosszát. Többlet munkát okozott az is, hogy a tervek jóváhagyása közben a Vasútépítési Igazgatóság a szabványokat módosította és az állomások hosszát megnövelte. Hátráltatta a kivitelezést, hogy a német-francia háború kitörése miatt a berlini vállalkozó német munkavezetői és iparosai eltávoztak, bevonultak katonának és helyettük új szakembereket kellett munkába állítani. Az 1870. évi őszi időjárás és az ezt követő kemény tél is hátráltatta a munkát és a munkabérek, valamint az anyagok árai is emelkedtek az ekkortájt folyó hatalmas vasútépítési munkák miatt. Mindezek következtében az építési vállalkozó a munka folytatásától elállt, a szerződést felbontotta, és a vasúttársasággal való egyezkedés után a munkát átadta az Unióbanknak. A vasútvonal egyes szakaszait ezen akadályok miatt 8-26 hónap késéssel tudták a forgalomnak átadni: a Debrecen–Nagykároly szakaszt 1871. június 5-én, a Nagykároly–Szatmár 1871. szeptember 25-én, a Szatmár–Bustyaházit 1872. június 16-án és a befejező Bustyaházi–Máramarosszigetit 1872. december 4-én.

5.1. A Magyar Északkeleti Vasút pályája

A Debrecen–Érmihályfalva–Szatmárnémeti–Királyháza–Máramarossziget vonal nagyrésze sík területen, illetve a Tisza völgyében haladt, és több folyót keresztezett. A nyomvonalban a legkisebb sugár 400 m, a legnagyobb emelkedő 5 ‰ volt. A pálya alépítményének kialakításához nagy mennyiségű földmunkát és több nagy hidat kellett építeni. A töltések és bevágások mérete helyenként elérte, illetve meghaladta a 20,0 m-t. Az alépítmény kialakításánál már az építkezés közben komoly nehézségek adódtak. A Szamos, a Kraszna és a Tisza folyók árvize a töltéseket több helyen megrongálta, az árvíz következtében Szatmárnémeti térségében, továbbá Hosszúmező és Máramarossziget között töltécsúszás fordult elő. A víz okozta károk miatt nemcsak a töltéseket kellett kijavítani és magasságukat megemelni, hanem a Szamoson folyószabályozást kellett végezni és valamennyi folyón partvédőműveket, kőburkolatokat és kőrakatokat létesíteni, egyes szakaszokon pedig tám- és belésfalakat építeni.

Hasonlóan sok gondot okozott a nyomvonal-módosítás miatt a folyók hídjainak elkészítése. A Tiszán két nagy híd épült Veréczenél és Hosszúmezőnél.

A veréczei fahidat később, 1885-1887. évben átépítették. A meder híd helyén 230 m hosszú (4x57,5 m) alsópályás, kéttámaszú, görbített felsőövű, köpillérekén nyugvó vasszerkezetű híd készült. Az ártérben három híd épült, kettő közel 90,0 m-es (2x25,15 és 1x33,70 m), egy 116 m-es (2x58,0 m), alsópályás párhuzamos, illetve görbített felsőövű rácsos szerkezet. A másik, a hosszúmezei meder, illetve ártéri fahidat 1884. és 1889. évben építették át. A meder híd helyére 210,0 m hosszú (4x52,5 m) alsópályás, kéttámaszú, görbített felsőövű vasszerkezet, az ártéri híd helyére 60,0 m hosszú, alsópályás, görbített felsőövű Schvedler rendszerű szerkezet került.

A Szamos híd eredetileg szintén fából készült, 1875-ben cserélték ki köpillérekén nyugvó, 160 m hosszú (2x35,5+2x44,80 m) alsópályás, többtámaszú, párhuzamos övű rácsos vasszerkezetre.

Átépítették 1888-ban a Kraszna-hidat is 60 m hosszú, alsópályás, kéttámaszú, görbített felsőövű vas-hiddá. A Tisza jobb partjára átvezetett vonalszakasz miatt hidat kellett építeni a folyóba ömlő Nagyágon, Talaboron és Tarcán.

A vasútvonal felépítményét az építéskor 32,5 kg-os „b” jelű vassínekből fektették. Az államosítás után 31,125 kg-os „d,” és 34,5 kg-os „c” jelű acélsínekre cserélték át.

A vasútvonal nagyobb forgalmú állomásai Érmihályfalva, Nagykároly, Gilvács, Szatmárnémeti, Halmi, Királyháza, Tarackköz, Máramarosziget, Szigetkamara és Nagybocskó voltak.

A vasútvonal erdélyi szakaszához később több helyi érdekű vasút csatlakozott, és fontos vasúti csomóponttá vált Nagykároly, Szatmárnémeti és a sóbányászat központja Szigetkamara.

A Magyar Északkeleti Vasút 580 km hosszú vonalának előirányzott építési költségét 22 millió Ft-tal túllépték és a túllépés nagyobb része erre a 170 km-es szakaszra esett. Emiatt ezen vonal kilométerenkénti költsége is több lett – a társaság átlagos 99,8 ezer Ft-os költségével szemben – mintegy 130 ezer Ft. A vasút-társaság vonalát a magyar kormány 1890. január 1-jével, az 1890. évi XXXI. törvénycikk alapján megváltotta és a MÁV vonalhálózatához csatolta. Az államosításig a társaság teljes vonalhálózatára mintegy 40 millió Ft kamatgaranciát kapott.

Az első világháború után az Érmihályfalva–Szatmárnémeti–Halmi és a Hosszúmező–Visóvölgyi szakasz Romániához, a Feketeerdő–Tarackköz szakasz Csehszlovákiához került. 1939-ben és 1940-ben Kárpátalja, illetve Észak-Erdély Magyarországhoz való csatolásával először a vasútvonal Tisza jobb-, majd a bal-parti szakasza lett a MÁV vonalhálózat része.

5.2. A Magyar Északkeleti Vasút magasépítményei

A MÉKV azt a felvételi épületalakzatot alkalmazta, mint amit a MÁV ugyanez évben az MKV-tól átvett Kolozsvár–Brassó vonalon is épített. Erről tanúskodik az 1871-ben épült első nagykárolyi pályaudvar-épület (84. ábra), amelynél a vágánnyal párhuzamos tetőgerincű, kétszintes, 7 ablaktengelyes középső tömbhöz két oldalszárny csatlakozik és az épületet perontető fogja össze. Ennél egyszerűbb épületet alkalmaztak Királyházán, amely jelentős gócpont volt (és 1920-ban Csehszlovákiához került). Itt földszintes, favázas épület állt. Máramaroszigeten az állomásépület az előtér felőli oldalon két oromzattal tagolt, mintegy két egymás mellé épített és összefogott épület jellegét mutatta, a vágányok felőli oldalon a kétszintes tömb 13 ablaktengellyel mutatkozott, rövid földszintes épületszárnyak egészítették ki. Később – a századfordulón – az épülethez egy kontyvetős pavilont csatlakoztattak.



84. ábra
Nagykároly. A MÉKV épülete, 1871-ben épült

A MÁV a századfordulón Szatmárnémeti és Nagykároly állomásokon e városok jelentőségének megfelelő új felvételi épületeket emelt. Szatmárnémeti állomáson – a MÁV legnagyobb épület szabványterve alapján épült fel 1899-ben (85. ábra), amelynek hasonmása ma is áll Kaposvár és Versec állomásokon. Ez a MÁV Magasépítési osztályán a Pfaff Ferenc építész és munkatársai által tervezett bizonyára legsikeresebb épületek

egyike, különben nem építették volna meg háromszor. Tetszetős is. A közepes méretű kompozíciót öt hangsúlyos, s az épületeggek felé lelépcsőzött magasságú tömbbel ritmizálja, ezáltal valóban városi középülethez méltó megjelenésű. A homlokzatok is gondosan kialakítottak, a falmezőkben íves záradékú ajtók-ablakok mutatkoznak, íves záradékú a középső utascarnok-váró tömbjének ablaksora is.



85. ábra

Szatmárnémeti. A MÁV szabványépülete városi pályaudvarok számára, 1899-ben épült

Az épület 1944-ben a pályaudvart ért súlyos amerikai légitámadásnál erősen megrongálódott, az újjáépítéskor már elvesztette teljes hasonlóságát az említett másik két épülethez. Nagykároly épületét a MÁV később ugyancsak tetszetősen átépítette, itt az új alkotás hármastömegtagozódást mutat, kétszintes középső tömbbel és oldalpavilonokkal, földszintes összekötő épületszárnyakkal. A homlokzatok vakoltak, nyerstégla ablak és ajtókeretekkel, ezt az architektúrát mintegy 1907. óta kedvelték a MÁV építészei.

Dr. Horváth Ferenc–Dr. Kubinszky Mihály
MAGYAR VASÚTI ÉPÍTKEZÉSEK ERDÉLYBEN című könyv alapján

Az acéltartók és a hídszerkezeti elemek megerősítésének néhány kérdése

Petru Moga, Köllő Gábor, Ştefan Guţiu, Cătălin Moga

Kolozsvári Műszaki Egyetem

Abstract

Static and dynamic physical wear, accidental wear and traffic conditions changes can determine the necessity of some strengthening works which have to be able to ensure the functionality and a safe further use of the bridge structure.

In this paper are presented some methods of strengthening of steel members and structures with the aim of carrying capacity increase.

1. Bevezető

Az acéltartók statikus és dinamikus igénybevétele, valamint a korrózió okozta károsodások szükségessé teszik ezen tartók megerősítését azért, hogy biztonságosan megfeleljenek a jelen igénybevételeinek. A megerősítési munkálatok legfontosabb célja az acéltartók teherbírásának a megnövelése, amely az egész szerkezet teherbírásának a növekedését eredményezné. A szerkezet teherbírásának a megnövelését a tengelyterhelés, valamint a sebesség megnövelése teszi szükségessé.

Egy elfogadott megerősítési módszer a keresztmetszet megnövelése megfelelő keresztmetszeti elemek hozzáadásával. A megerősítés hatékonysága szorosan összefügg a szerkezet terheltségeivel a megerősítés időpontjában.

Ebben a tanulmányban bemutatjuk a megerősítési tervezési elveket és módszereket, amelyeket csak az önsúly terhelt szerkezeten lehet elvégezni.

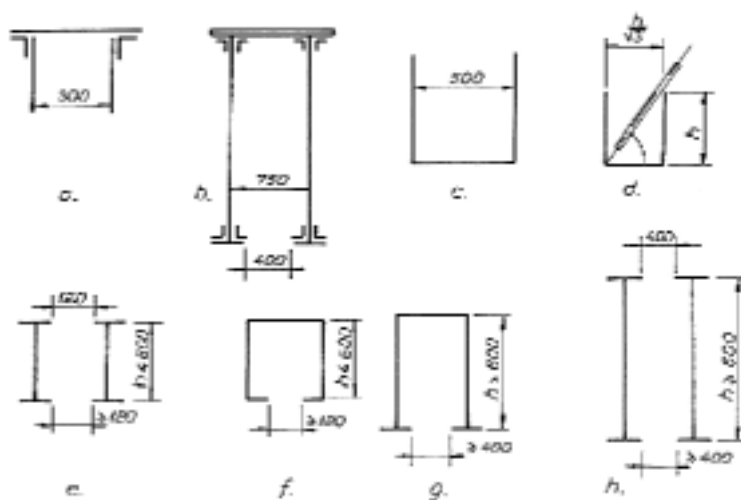
2. A keresztmetszet megnövelésével való megerősítés

Ezt a módszert akkor alkalmazhatjuk, ha szükséges a tartó teherbírásának a megnövelése, vagy ha a tartó elemei nagymértékben korrodálódtak.

A megnövelt keresztmetszeti elemek hozzáadásával figyelembe kell venni a tartó igénybevételét.

2.1. Húzott rudak

Ezeknél a tartóknál a hozzáadott keresztmetszeti elemeket szimmetrikusan kell elhelyezni a húzott rúd tengelyéhez képest. A megerősítésnél figyelembe kell venni a kivitelezhetőséget és egy megfelelő karbantartást.



1. ábra

Karbantartási feltételek biztosítása

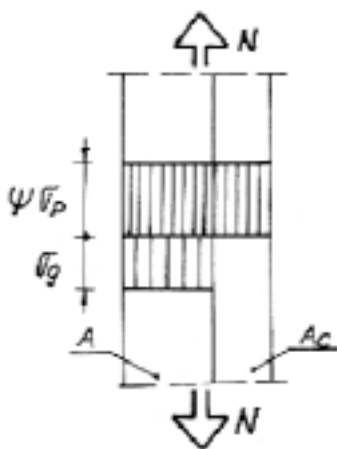
A megerősítés számításánál figyelembe kell vennünk a rúd igénybevételét a megerősítés pillanatában.

Feltételezve, hogy a húzott rúd csak az állandó terhekkel van igénybe véve, σ_g , a megerősítés után a keresztmetszet területe A értékről $A + A_c$ lesz (2. ábra) és a következő összefüggésnek kell teljesülnie:

$$\frac{N_g}{A} + \frac{\psi \cdot N_p}{A + A_c} \leq \sigma_a \quad (1)$$

Ebből kiszámítható a hozzáadott keresztmetszet területe, A_c :

$$A_c = \frac{N - A \cdot \sigma_a}{\sigma_a - \sigma_g} \quad (2)$$



2. ábra
A feszültség elrendeződése
a megerősített húzott tartóban

ahol $N = N_g + \psi N_p$ a teljes húzóerő

N_g – az állandó terhelésből keletkezett húzóerő

N_p – a hasznos terhelésből (vonatterhelés) keletkezett húzóerő

ψ – dinamikus együttható

Ha $\sigma_g \rightarrow \sigma_a \Rightarrow A_c \rightarrow \infty$, amiből következik, hogy a megerősítés nem lehetséges.

Azért, hogy a megerősítés hatékony legyen, a tartó igénybevételének a szintje alacsony kell, hogy legyen.

2.2. A nyomott rudak

A nyomott rudaknál a megerősítés céljai a következők:

- növelni a rúd teherbíró képességét
- csökkenteni az egységnyi normál feszültségeket
- a rúd merevségének növelése (a karcsúsági tényező csökkentése)
- a rúd kihajlásainak megakadályozása

A rúd karcsúsági tényezőjének csökkentése, a megerősítéssel egyidejűleg, a normál egységnyi feszültség (σ) csökkenését eredményezi.

Az ismert összefüggésből kiindulva:

$$\sigma = \frac{N_{\max}}{\varphi \cdot A} \leq \sigma_a \quad (3)$$

ahol $\varphi = \varphi_{\min}(\lambda_{\max})$ – kihajlási együttható

$$\lambda_{\max} = \max \begin{cases} [\lambda_x, \lambda_y] & \text{– egy keresztmetszeti elemből álló rúd esetén;} \\ [\lambda_x, \lambda_{tr}] & \text{– több, nagyobb távolságra eső elemből összeállított keresztmetszetű rúdra.} \end{cases}$$

A nyomott megerősített rúd egységnyi normál feszültségeit a következő összefüggéssel számíthatjuk:

$$\sigma = \frac{N_g}{\varphi \cdot A} + \frac{\psi \cdot N_p}{\varphi_c (A + A_c)} \leq \sigma_a \quad (4)$$

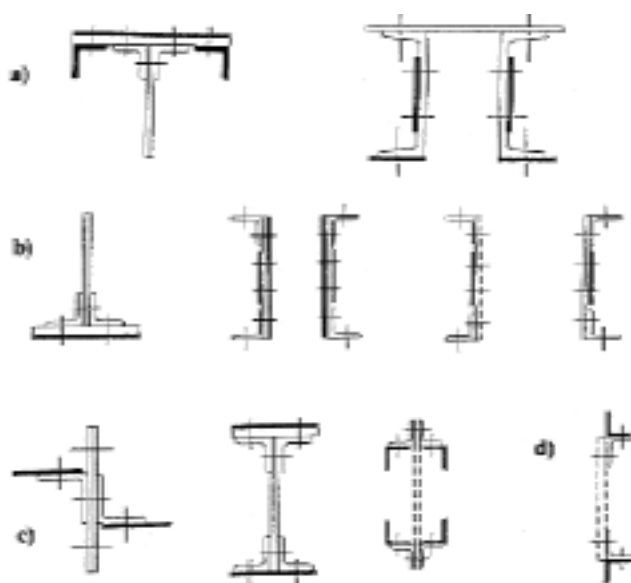
φ_c – a megerősített rúd kihajlási együtthatója

A_c – a megerősítéskor hozzáadott elemek keresztmetszetének területe

A megerősítéskor a nyomott rúd csak az állandó terhekkel volt megterhelve.

A megerősítés hatékonysága annál nagyobb, minél nagyobb kihajlási együtthatót kapunk (φ_c):

A 3-as ábrán bemutatunk néhány megerősítési lehetőséget:

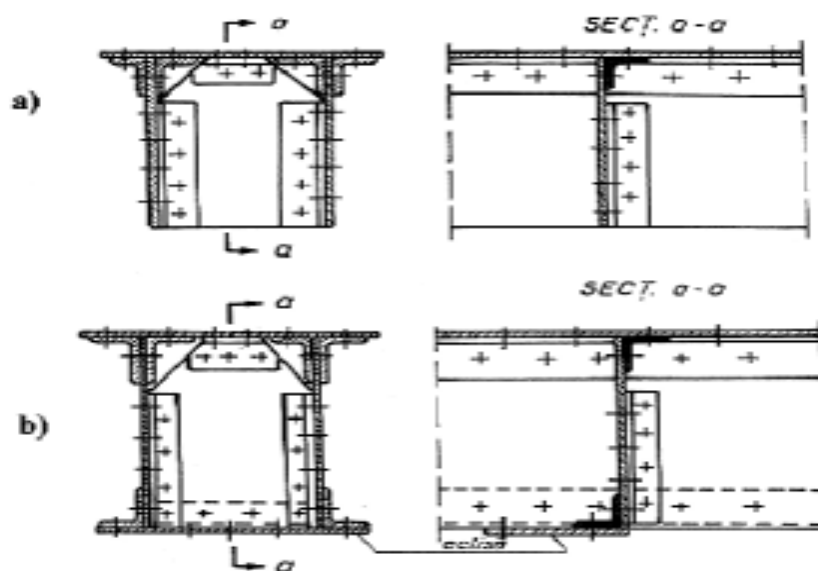


3. ábra

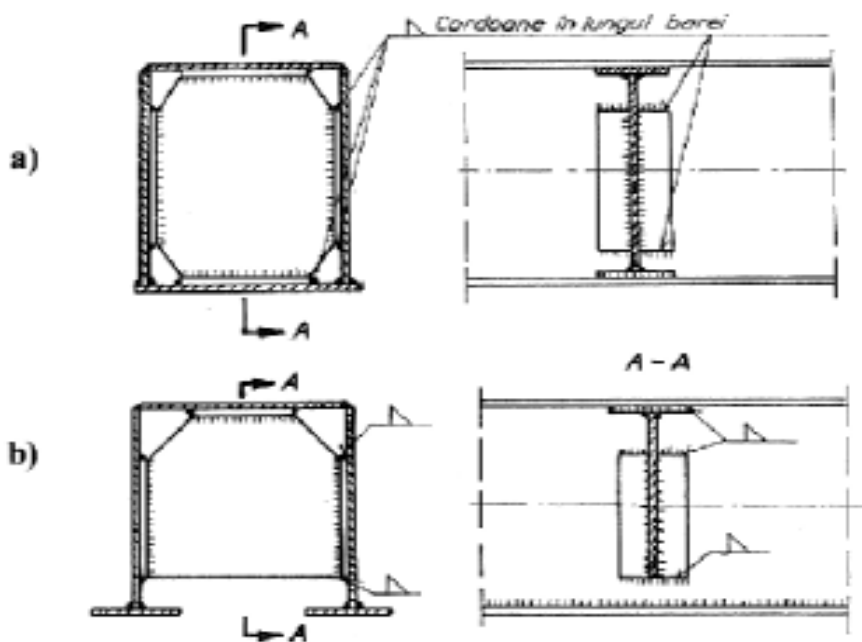
A rácstartók rúdjaiknak a megerősítése

a) felső övrúd; b) alsó övrúd; c) rácsrudak; d) szélrác

A nyomott rudaknál gyakran használnak zárt keresztmetszetet vagy félig zárt keresztmetszetet. Ezeknél a rudaknál merevítő lemezeket (diafragmákat) alkalmazunk. Ezeknek a merevítő lemezeknek a feladata a tartó falainak a merevítése, a gerinclemez horpadásának a megakadályozása és a gerinclemez alakváltozásának a megakadályozása.



4. ábra
Szegecselt tartók merevítő lemezei

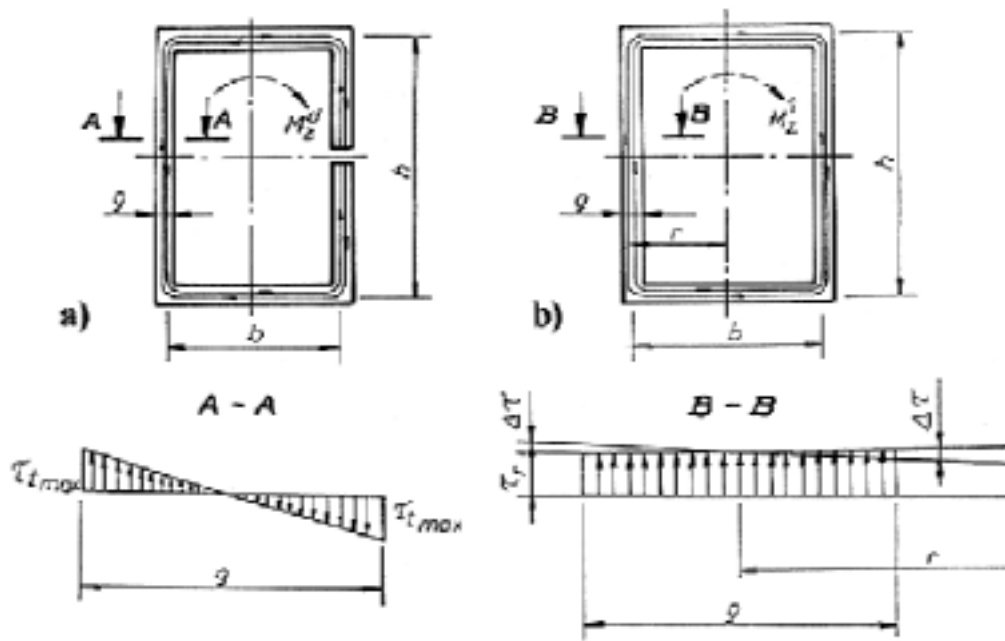


5. ábra
Hegesztett tartók merevítő lemezei

2.3. Csavart tartók

A csavart tartók leghatékonyabb keresztmetszete a zárt keresztmetszet.

A 6. ábrán bemutatjuk a nyírási feszültségek eloszlását egy nyílt és egy zárt keresztmetszet esetén.



6. ábra
A nyírási feszültség

– nyitott keresztmetszetre:

$$\tau_{t,\max} = \frac{M_z^d \cdot g}{I_t} = \tau_a$$

– zárt keresztmetszetre:

$$\tau_{zs,\max} = M_z^i \left(\frac{1}{g \cdot \Omega} + \frac{g}{I_r} \right) = \tau_a$$

Ezekből kapjuk:

$$M_z^i = M_z^d \left(\frac{\frac{g}{I_t}}{\frac{1}{g \cdot \Omega} + \frac{g}{I_r}} \right) = E \cdot M_z^d \quad (5)$$

Jelöljük:

$$E = \frac{\frac{g}{I_t}}{\frac{1}{g \cdot \Omega} + \frac{g}{I_r}} \gg 1$$

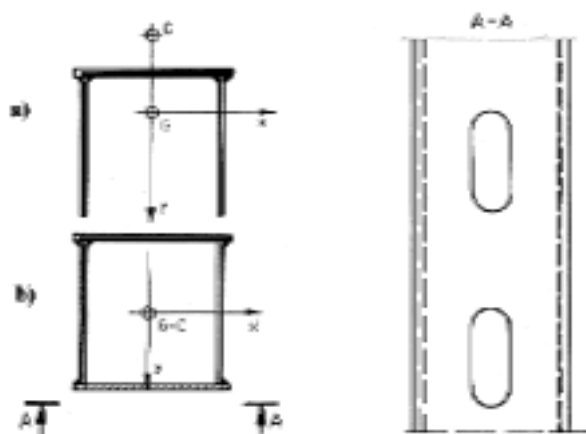
Az E állandó értéke mutatja a zárt keresztmetszet hatékonyságát a nyílt keresztmetszettel szemben.

M_z^d – a nyílt keresztmetszetű tartót igénybe vevő csavarónyomaték

M_z^i – a zárt keresztmetszetű tartót igénybe vevő csavarónyomaték

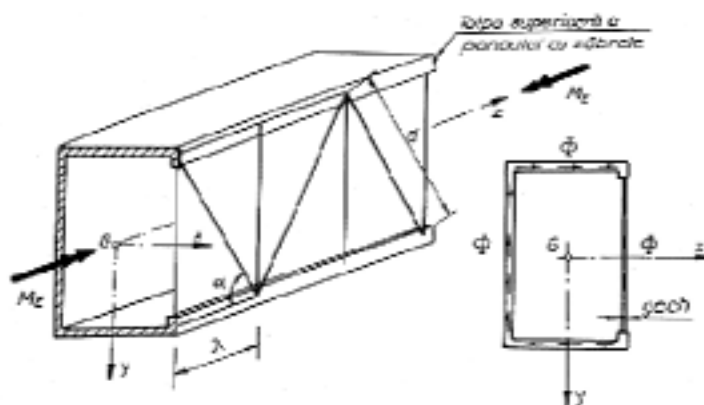
$$\Omega = \oint r \cdot ds; \quad I_r = I_t + \frac{\Omega^2}{\oint \frac{ds}{g}}; \quad I_t = \oint \frac{1}{3} g^3 \cdot ds$$

A nyílt keresztmetszetű tartó átalakítható zárt keresztmetszetű tartóvá. (7. ábra)



7. ábra
a) nyílt keresztmetszet; b) zárt keresztmetszet

Egy más megoldást a 8. ábrán láthatunk:

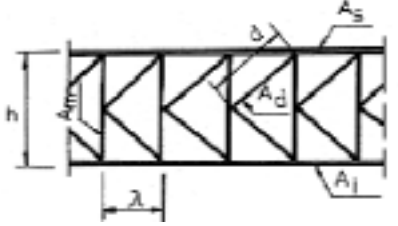
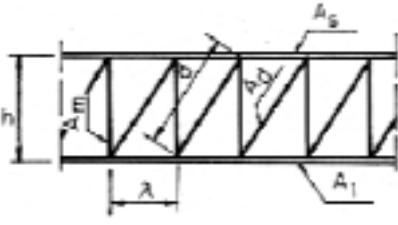
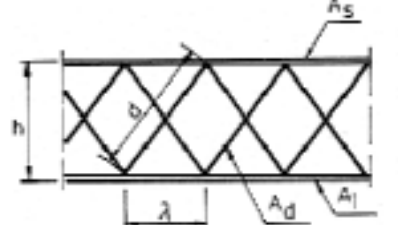
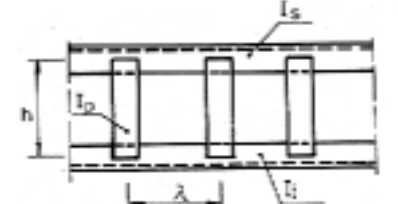


8. ábra

Az 1. táblázat a folytonos ekvivalens lemez vastagságát (g_{ech}) adja meg különböző rácsozások esetén.

1. táblázat

A rácsszerkezet típusa	A gerinclemez ekvivalens vastagsága, g_{ech}
	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\lambda \cdot h}{\frac{d^3}{A_d} + \frac{\lambda^3}{3} \left(\frac{1}{A_s} + \frac{1}{A_i} \right)}$

	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\lambda \cdot h}{\frac{2d^3}{A_d} + \frac{h^3}{4A_m} + \frac{\lambda^3}{12} \left(\frac{1}{A_s} + \frac{1}{A_i} \right)}$
	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\lambda \cdot h}{\frac{d^3}{A_d} + \frac{h^3}{A_m} + \frac{\lambda^3}{12} \left(\frac{1}{A_s} + \frac{1}{A_i} \right)}$
	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\lambda \cdot h}{\frac{d^3}{2A_d} + \frac{\lambda^3}{12} \left(\frac{1}{A_s} + \frac{1}{A_i} \right)}$
	$\frac{E}{G} \cdot \frac{\frac{12}{\lambda \cdot h}}{\frac{h}{I_p} + \frac{\lambda}{4} \left(\frac{1}{I_s} + \frac{1}{I_i} \right)}$

Az 1. táblázatban a következő jelöléseket használtuk:

λ – az alsó övlemez csomópontjai közötti távolság

h – a gerinclemez magassága

d – az átló hossza

$A_s; I_s$ – a felső övlemez területe és tehetetlenségi nyomatéka

$A_i; I_i$ – az alsó övlemez területe és tehetetlenségi nyomatéka

$A_a; A_p$ – a rácsozat (átlós és függőleges) területe

I_p – a lemez tehetetlenségi nyomatéka

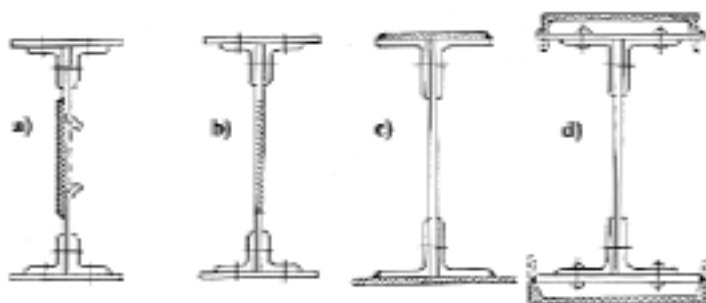
E – rugalmassági modulusz

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

2.4. Hajlított tartók (tömör gerinclemezű tartók)

A hajlított tartó megerősítése az alsó és felső övlemezekhez hozzáadott elemek segítségével történik. Egyes esetekben a gerinclemezt is megerősíthetjük. A hozzáadott elemeket szegecsek vagy hegesztés segítségével rögzítjük a tartóhoz.

Néhány példa a megerősítésről a 9. ábrán látható:



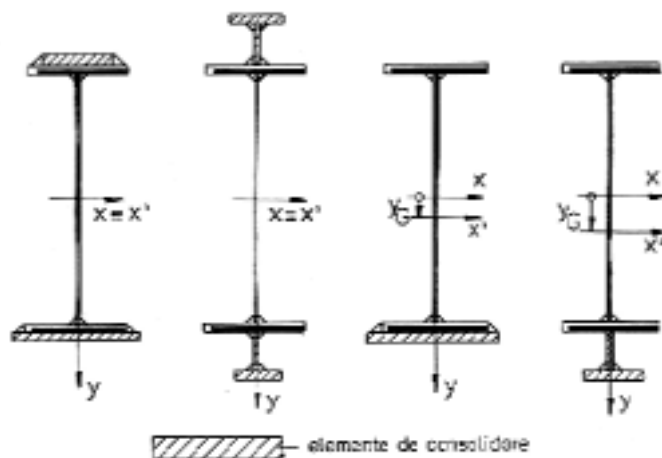
9. ábra
Szegecselt tartók hegesztéssel történő megerősítése

A hegesztési varratok minimális vastagságúak kell, hogy legyenek, hogy minél kisebb feszültség és alakváltozás keletkezzen.

Megerősítés az övlemezek keresztmetszetének a megnövelésével

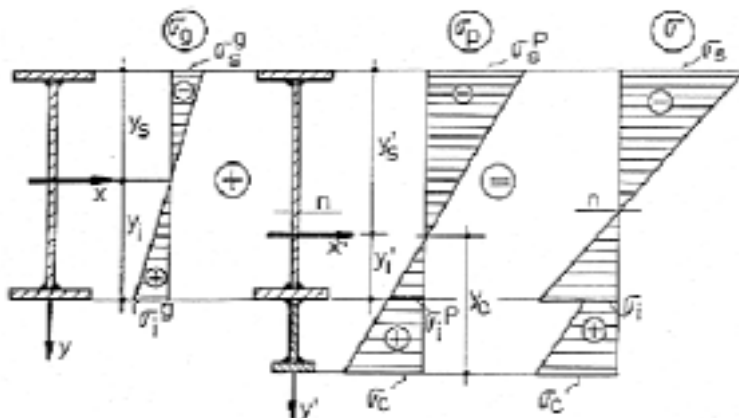
Ezzel a módszerrel a tehetetlenségi nyomatékot növeljük meg, tehát csökken majd a lehajlás és az egy-ségnyi normál feszültség. A megerősítés elvégzésekor a tartót csak az állandó teher veszi igénybe.

A 10. ábrán a megerősítés megvalósítását láthatjuk.



10. ábra

Egy megerősített tartó keresztmetszetén a feszültségeloszlást a 11. ábra mutatja be:



11. ábra

I. állapot (eset): a tartót csak az állandó teher terheli:

$$\sigma_s^g = \frac{M_g}{I} y_s \quad (6.a)$$

$$\sigma_i^g = \frac{M_g}{I} y_i \quad (6.b)$$

II. állapot (eset): a tartó hasznos teherrel van igénybe véve:

Az I. állapot feszültségeihez hozzáadódnak még:

$$\sigma_s^p = \frac{\psi M_p}{I_c} y_s' \quad (7.a)$$

$$\sigma_i^p = \frac{\psi M_p}{I_c} y_i' \quad (7.b)$$

ahol:

I_c – a megerősített tartó tehetetlenségi nyomatéka;

ψ – dinamikus tényező.

Tehát a tartó szélső öveiben keletkezett feszültségek:

$$\sigma_s = \frac{M_g}{I} y_s + \frac{\psi M_p}{I_c} y_s' \quad (8.a)$$

$$\sigma_i = \frac{M_g}{I} y_i + \frac{\psi M_p}{I_c} y_i' \quad (8.b)$$

$$\sigma_c = \frac{\psi M_p}{I_c} y_c \quad (8.c)$$

A lehajlás egy hosszirányban változó tehetetlenségi nyomatékú tartó esetén:

$$f = \frac{5,5}{48} \frac{M_{\max} L^2}{EI_m} \quad (9)$$

ahol I_m egy átlagos tehetetlenségi nyomaték:

$$I_m = \frac{\sum I_i l_i}{L}$$

a lehajlás a meg nem erősített tartó esetében:

$$f = \frac{5,5}{48} \frac{(M_g + M_p) L^2}{EI_m} \quad (10.a)$$

a lehajlás a megerősített tartó esetében:

$$f = \frac{5,5}{48E} \left(\frac{M_g}{I_m} + \frac{M_p}{I_m^c} \right) L^2 \quad (10.b)$$

ahol az I_m^c – az átlagos tehetetlenségi nyomaték a megerősített tartónál

3. Következtetések

A hídszerkezetek tartóinak megerősítésénél kitűzött cél a teherbíró képesség növelése és az üzemeltetési élettartam meghosszabbítása.

A megerősítés hatékonysága nagymértékben függ a hozzáadott keresztmetszeti elemek alakjától és ezek elhelyezésétől, valamint a tartó tehermentesítésétől a megerősítéskor.

Felhasznált szakirodalom

- [1] Moga, P.: *Întreținerea și reabilitarea podurilor metalice*. UTCN, 2002.
- [2] Moga, P.: *Considerații privind consolidarea elementelor metalice prin sporirea secțiunilor*. Simpozion "Reabilitarea drumurilor și podurilor", Cluj – Napoca, 1999, Ed. Mediamira, ISBN 973-9358-22-5.
- [3] Moga, P., Guțiu, Șt.: *Strengthening of the steel plate girders by prestressing with rigid tie rods*. Ovidius University Annals of Constructions, Vol. I, Nr. 3, Constanța, may 2002, ISSN-12223-7221.
- [4] Moga, P., Guțiu, Șt.: *Considerații privind sporirea capacității portante a grinzilor metalice cu inimă plină*, Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, Timișoara, sept. 2002, ISBN-973-8572-02-04.
- [5] Moga, P., Köllő, G., Guțiu, Șt.: *Efficient Methods for Bridge Steel Plate Girders Strengthening*, Műszaki Szemle 22/2003, ISSN-1454-0746, pag. 25-34.
- [6] Köllő, G., Moga, P., Guțiu, Șt., Moga, C.: *Road Bridge Superstructures Using Railway Wagon Platforms*, Műszaki Szemle 23/2003, ISSN-1454-0746, pag. 10-20.

A Hesdát-szurdok (a Torda-hasadék és az Aranyos között) földtani felépítésének és morfológiájának összefüggései

Korodi Enikő

Sapientia–E.M.T.E., Kolozsvár

Abstract

The geological conformation of the Hesdát gorge is represented by the Torockó Nappe (ophiolites, Jurassic limestones) and by the Badenian post-tectonic sediments. The Mesozoic ophiolites consists of the island arc volcanic rocks: andesite–latiandesite-complex, rhyolitic agglomerates and tuffs, rhyolites and alkaline rhyolites, alkaline trachytes and dacite dyke. The upper part of the right side slope of the gorge is covered by Mesozoic (Late Oxfordian–Lower Berriasian) carbonate sediments (Szind Formation), while on the left side we can find Middle Badenian (Mészkö Formation) and Late Badenian (Csegezi Formation) deposits above the ophiolites. The various morphology of the area is the mirror of the lithological conformation. We can notice major morphological differences between the right and left side slopes, and between the upper and lower course of the gorge, due to the lithological differences of the ophiolite-complexes and of the covering formations, on the one hand and to the unequal soil-formation and vegetation, on the other hand. On the slopes covered by vigorously altered ophiolites dominate the sheet and periodical linear erosion as well as sloughing, while on the area of the volcanic rocks slightly influenced by chemical weathering prevails the cliffs, the erosional potholings and the cataracts came into being on the escarpment surface.

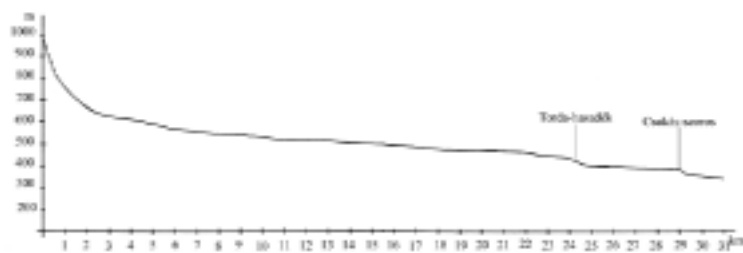
Kivonat

A Hesdát-szurdok földtani felépítésében a Torockói-takaró képződményei (ofiolitok, jurakori mészkövek), valamint badenkori poszttektonikus üledékek vesznek részt. A mezozoikumi ofiolitokat szigetív-típusú vulkáni kőzetek képviselik: andezit–latiandezit-összet, riolitagglomerátumok és tufák, riolitok és alkáliriolitok, alkálitrachitok, dacit-telér. A szurdok jobboldali lejtőjének felső részén az ofiolitokra mezozoikumi (késő-oxfordi–kora-berriasi) karbonátos üledékek (Szindi Formáció) települnek, míg a baloldalon középső-badeni (Mészkö Formáció) és késő-badeni (Csegezi Formáció) képződményeket találunk az ofiolitok fölött. A terület változatos morfológiája a litológiai felépítés tükré. Jelentős morfológiai különbségek figyelhetők meg a jobboldali, illetve baloldali lejtők közt, valamint a szurdok alsó és felső része közt, egyrészt az ofiolit-összletek litológiai differenciáltságából (eredeti szerkezet, valamint hidrotermás és epigén mállás következtében), a fedő képződmények különbözőségéből, másrészt az egyenlőtlen talajképződés és növénytakaróból kifolyólag. Az erőteljesebben mállott ofiolit-képződményekkel borított lejtőkön felületi, időszakos vonalas erózió, valamint talajcsuszamlásos jelenségek (ezeket a tektonika és az antropikus tényezők is befolyásolják), a tömör, kémiai mállásnak alig alávetett vulkanitok területén pedig a meredek sziklafalak, a lépcsős felszíneken keletkezett zuhogók és eróziós üstök dominálnak.

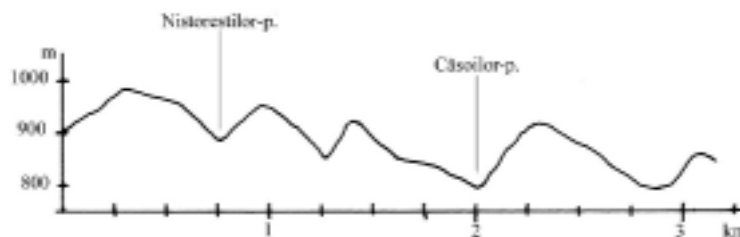
Kulcsszavak: ofiolitok, szelektív erózió, Erdély, Transilvaniák

Bevezetés

A Hesdát vízgyűjtő medencéje (lásd a mellékelt térképet) rendkívül változatos földtani felépítésű, ennek következtében morfológiai jellemzői is sajátosak, sőt a litológiának köszönhetően a völgy szakaszjellegeiben „rendellenességek” is megfigyelhetők (1. ábra). Felső szakaszán (2. ábra) a Hesdát-patak metamorf kőzetekbe vágta völgyét és ott a felső szakaszjelleg jut érvényre. A harmadkori laza üledékek területén (3. ábra) a völgy közép-, illetve alsó szakaszjellegű, míg a tulajdonképpeni alsó szakaszán (4. ábra) újra hegyvidéki, felső szakaszra jellemző sajátosságokat mutat, a terület geológiai felépítéséből adódóan (a tömör jurakori mészkövek és a mezozoikumi ofiolitok jelenléte).



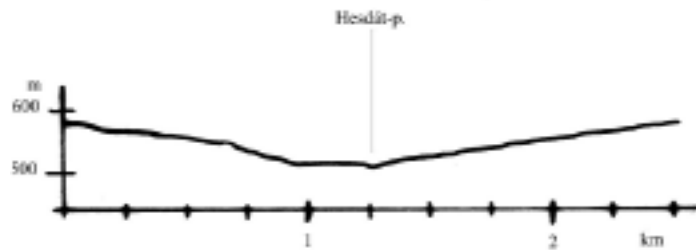
1. ábra
A Hesdát-völgyének hosszanti keresztmetszete



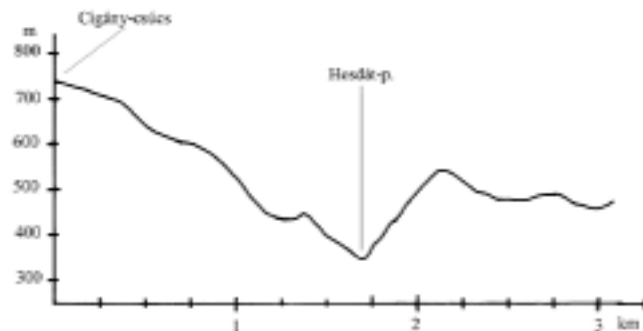
2. ábra
Keresztmetszeti szelvény a Hesdát felső szakaszán

A Hesdát-szurdok a Torockói-hegység északi részén helyezkedik el, azt a völgyszakaszt foglalva magába, amelyet a Hesdát-patak a Torda-hasadékon alól található kis medencétől az Aranyosba való torkollásáig (Sinfalvától északra) egy kb. 6,5 km hosszú távolságon ofiolitokba vágott.

Tanulmányunk a Hesdát-patak alsó szakaszának az általánostól eltérő morfológiáját mutatja be a földtani felépítés beható figyelembevételével.



3. ábra
Keresztmetszeti szelvény a Hesdát középső szakaszán



4. ábra
Keresztmetszeti szelvény a Hesdát alsó szakaszán
(a Hesdát-szurdok területén)

1. Kutatástörténeti áttekintés

A Hesdát-szurdok területén végzett kutatások inkább geológiai jellegűek, a geomorfológiai elemzések csak halványan érintették azt – elsősorban azok a munkák, amelyek a Torockói-hegység tanulmányozásával foglalkoztak, a karsztjelenségeket helyezve előtérbe.

Az első feljegyzések – a terület földtani felépítését illetően – HAUER, Fr. és STACHE, G. [1863], valamint KOCH A. [1888] nevéhez fűződnek. SZENTPÉTERY Zs. 1904–1928 között az Erdélyi-Érc-hegység mezozoikumi magmás kőzeteinek tanulmányozásával foglalkozott, már ő felfigyelt arra, hogy az itteni ofiolitok a várhatónál és a vélnél savanyúbbak [1904; 1916; 1923].

A két világháború között Mircea D. ILIE [1935a; 1935b; 1937] és Octavian NIȚULESCU [1937a; 1937b] foglalkozott a hegység földtanával.

A térség morfológiai kutatását R. FICHEUX [1937] és NYÁRÁDY ERÁSMUS Gyula [1937] (segítőtársa BARTHA Sándor) indította el, majd később TULOGDY János [1943] is foglalkozott a területtel. A 20. század 60'-as éveiben Alexandru SAVU [1967] fejtette ki – ma már csak tudománytörténeti értékű – véleményét az általunk kutatott terület alaktanáról.

A földtani kutatások a Torockói-hegység területén a múlt század 70'-es éveiben élénkültek meg: Dinu GEORGESCU és munkatársai [1970] az Aranyos-völgy miocén képződményeit térképezték, A. STILLA [1972] a Torda-hasadék mészköveinek paleontológiáját kezdte tanulmányozni, majd Emanoil GANDRABURA [1973] a mezozoikumi ofiolitok petrokémiai értékelését készítette el, Marcel LUPU [1975; 1976a] pedig a hegység földszerkezetét elemezte, majd a Torockói-hegység mezozoikumi üledékeinek párhuzamosítását végezte el [1976b].

Ezek az adatok mind belekerültek Virgil IANOVICI és munkatársai [1976] összegző monográfiájába, mely a közelmúltig referenciaként szolgált.

A következő két évtizedben a Torockói-hegységre vonatkozó ismeretek gazdagítását a már korábban elismerést nyerő kutatók nevéhez köthetjük: Emanoil GANDRABURA [1981] kőzettani–geokémiai adatokat közölt, akárcsak Ionel NICOLAE [NICOLAE, I., BRATOSIN, Irina, 1980]. Ez utóbbi szerző azonban szerkezetföldtani adatokat is publikált [1983], akárcsak Marcel LUPU [1983]. Lucreția GHERGARI és társai [1983] az általunk tanulmányozott terület szomszédságában található ofiolitok hidrotermás mállását vizsgálta.

A térség morfológiai értelmezése nem tartott lépést a földtani kutatások eredményeivel (Maxim POP, BARTHA Sándor [1973], Ion POPESCU-ARGEŞEL [1977]).

A 20. század utolsó évtizede nemcsak politikai változást jelentett, de a tudományos megközelítésben is szemléletváltást hozott. Ez a mi vonatkozásunkban a legjobban Haralambie SAVU és munkatársainak petrológiai–petrokémiai eredményei révén érzékelhető [SAVU, H., 1990; 1996; SAVU, H., STOIAN, Maria, 1991; 1992; SAVU, H., UDRESCU, Constanța, NEACȘU, Vasilica, 1992]. De forradalmi változást hoztak az üledékes kőzetek litosztratigráfiai értelmezései is: Ovidiu DRAGASTAN [1997] és Emil SĂSĂRAN és munkatársai [2000] – a mezozoikumi, illetve Sorin FILIPESCU [1996] – a neogén üledékekre vonatkozólag. A hegység szerkezeti értelmezésében jelentősek Ioan BALINTONI [1997a; 1997b], valamint Hans Georg KRÄUTNER [1997] munkái.

Az időszak területünket érintő geomorfológiai kutatása továbbra is mostoha gyermek maradt. Egyetlen idevágó tanulmány Pompei COCEAN [1998] regionális kitekintésű munkája.

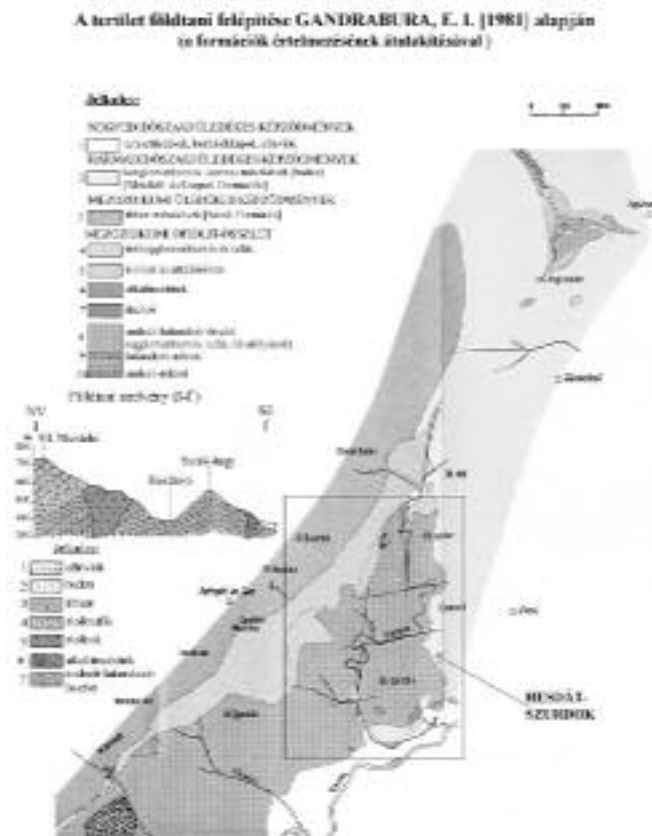
2. A Hesdát-szurdok földtani felépítése

A Hesdát-szurdok a Transilvanidák [BALINTONI, I., 1997a; 1997b] (KRÄUTNER, H. G. [1997] szerint Vardar-Transilvan) összetett térrén, pontosabban az Austrotransilvanidáknak [BALINTONI, I., 1997] nevezett nagytettktonikai egységéhez tartozó Torockói-takaró [SĂNDULESCU, M., 1984] (BALINTONI, I. [1997a; 1997b] szerint Bedellő-takaró), valamint a posztkollíziós badenkori transzgresszió képződményeit harántolja.

A Transilvanidákat négy különböző litosztratigráfiai és litogenetikai egységre osztották fel: 1) óceán-típusú ofiolitok, 2) szigetív-típusú vulkáni formációk, 3) mezozoikumi üledékes képződmények és 4) flis-, valamint vadflis-üledékek [KRÄUTNER, H. G., 1997] – azzal a megjegyzéssel, hogy az általunk kutatott területen az utóbbi hiányzik.

A Torockói-takaró felépítésében mészkálai keratofirek és ofiolitok (időben: callovi–kora-tithon), valamint Stramberg-mészkövek (időben: tithon–neocom) masszív rétegei vesznek részt [SĂNDULESCU, M., 1984, BALINTONI, I., 1997a] (SAVU, H. et al. [1992] szerint a Torockói-takaróban megjelennek az óceán-típusú bazaltok (liász kori ofiolitok) is, nemcsak a savanyúbb, szigetív-típusú képződmények). A Torockói-takaró két, egymással párhuzamos öv mentén követhető a felszínen: a Torockói-hegység fő gerince mentén, illetve az Enyed-völgyétől ÉK-re, az Aranyos-völgyén túl, a Torda-hasadékig [SĂNDULESCU, M., 1984].

A Hesdát-szurdok területének kőzeteit tehát mezozoikumi ofiolit-összlet, mezozoikumi-, illetve harmadidőszaki üledékes képződmények alkotják, amelyeket a következőkben részletesebben is ismertetni fogunk (lásd: a mellékelt geológiai térképet).



2.1. A mezozoikumi ofiolit-összlet

A Transilvanidák vulkáni kőzeteit (felszínen a Maros-árok óceáni képződményei) tágabb értelemben ofiolitokként említik, bár ezek összetétele nem teljesen azonos a tholeites bazaltokéval [SĂNDULESCU, M., 1984]. A Maros-árok ofiolit-magmatizmusa során három szakasz különíthető el, melyek termékei három sorozatba csoportosíthatók: tholeites, mészkalkáli és szpilites képződmények [SĂNDULESCU, M., 1984].

Azt már SZENTPÉTERY Zsigmond [1916; 1923] is hangsúlyozta, hogy a Maros-árok Torockói egységének mezozoikumi szubvulkáni és vulkáni képződményei – a korábbi véleményekkel ellentétben – csak alárendelten bázikusak, javarészt pedig semleges, sőt savanyú kőzetek képviselik. Ezt a megállapítást később mások is [GANDRABURA, E. I., 1973; 1981; NICOLAE, I., 1972; 1985] alátámasztották és a mészkalkáli jelleg megjelenését az óceáni vulkanitok között azzal magyarázták, hogy az óceánfenék szétterülése folyamán, az óceáni kéreglemezen létrejöhetnek olyan térségek, ahol (SĂNDULESCU, M. [1984] szerint Mariana-típusú) szubdukciós jelenségek játszódhattak le, így az óceáni medence területén konzumációs mészkalkáli szigetív-típusú képződmények keletkeztek, amelyek ráakódtak az óceáni bazaltokra [NICOLAE, I., 1983; SĂNDULESCU, M., 1984; SAVU, H., 1990; KRÄUTNER, H. G., 1997]. A mezozoikumi mészkalkáli-ofiolitok között – sokkal kisebb elterjedésben ugyan – találunk bázikusabb, tholeites kőzeteket is [SAVU, H., 1990; SAVU, H., STOIAN, M., 1991; SAVU, H., UDRESCU, Constanța, NEACȘU, Vasilica, 1992]. A szigetív-vulkanizmus mészkalkáli termékeinek sorozata így jelentős differenciációt mutat a bázikus kőzetektől a savanyúakig: bazaltok, bazalt-andezitek, andezitek, dacitok, riolitok. A szigetív-vulkanitok tehát azt bizonyítják, hogy a Maros-árkot a középső-jurában (SAVU, H., [1990] szerint a kimmeridgei korszak végén) egy intraóceáni szubdukciós zóna választotta ketté. A szubdukció keleti irányban történt és a nyugati óceáni kéreg-rész majdnem teljesen felemésződött [SĂNDULESCU, M., 1984; KRÄUTNER, H. G., 1997].

A Maros-árok mezozoikumi ofiolitos képződményeit leginkább az Erdélyi-Érchegység nyugati és középső részein tanulmányozták, ott ahol ezek a kőzetek maximális elterjedése figyelhető meg. A Maros-árok északkeleti nyúlványának, vagyis a Torockói-hegység, következképpen a Hesdát-szurdok területén is, az ofiolit-magmatizmust kevésbé érintették a kutatások. Az első feljegyzések közül megemlíthetjük KOCH A. (1888) munkáját, aki a Tordától nyugatra eső térséget kutatva az itt található vulkáni kőzeteket „augitporphyrit és melafir, ezeknek, valamint a quarcz és felsitporphyroknak tufái és brecciai” néven jelölte meg [fide: SZENTPÉTERY Zs., 1904].

SZENTPÉTERY Zs. doktori értekezésében [1904], melyben a „Túr – Torockói eruptívus vonulat kőzet-tani viszonyai”-t ismertette (tehát kutatásai érintették a Hesdát-szurdok területét is), a következő kőzettípusokat írta le: „kvarcporfirok, porfiritek, valamint porfirtufák és porfirittufák”. Az erupciók idejére vonatkozóan azt állította – KOCH A. (1888) munkáját is figyelembe véve – hogy azok jura előttiék – a hibás állítást csak NICOLAE, I. [1973] igazította ki: az egész Vardar-Transilvan óceáni öv csak a középső-jura idején kezdett kialakulni.

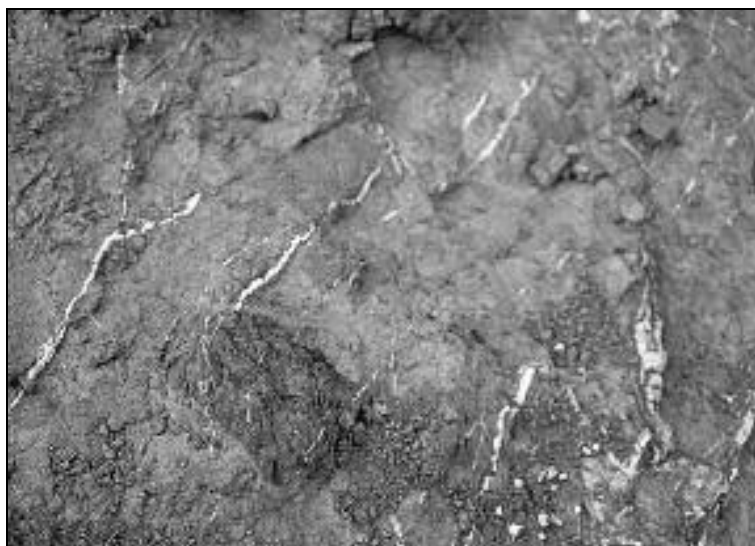
NICOLAE, I. [1973] szerint a Torda-hasadék környékének mezozoikumi vulkáni képződményeit szpilitizált andezitek, piroxénandezitek, andezit-piroklasztitok, vitrofirek és tufabreccsák alkotják, majd egy későbbi munkájában [1985] úgy fogalmazott, hogy a Torockói-takaró ofiolitjait keratofir-folyások és vulkanoklasztitok alkotják, melyeket szpilitizált bázikus kőzettestek harántolnak.

GANDRABURA, E. I. [1973; 1981] a Szind–Nyirmező közötti térség mezozoikumi ofiolitjainak ásvány-tani, kőzettani és geokémiai vizsgálatát végezte és megállapította, hogy itt kizárólag vulkanitok jelennek meg, amelyeket agglomerátumok, tufák és lávafolyások képviselnek.

A Hesdát-szurdokban az ofiolitok elterjedése sokkal jelentősebb, mint a mezozoikumi, vagy a harmad-időszaki üledékes képződményeké. A vulkáni kőzetek a jura mészkővonulattól keletre találhatóak, csapásirányuk DNy–ÉK-i és ÉNy felé dől. A Hesdát-szurdokban GANDRABURA, E. I. [1973; 1981] szerint a következő kőzetfélések különíthetők el:

Az andezit–latiandezit-összlet:

Az ofiolitok között az andezit–latiandezit-összlet a legkiterjedtebb a Hesdát-szurdok területén és olyan képződményeket foglal magába, amelyek egy vegyes vulkanizmus (robbanásos és kiömléses fázisok váltakozása) során keletkeztek, innen a piroklasztitok és a lávafolyások váltakozása. Az andezit–latiandezit-összlet területén a magmás folyamatokat utólag hidrotermás metasomatózis is kísérte [Gandrabura, E. I., 1981], ami a kőzetek autometamorf átalakulásával és a repedések mentén keletkezett hidrotermás telérek jelenlétével bizonyított. A Hesdát-szurdokban kalcedon-erek (*I. kép*) láthatók, amelyek iránya megegyezik a fő- és segéd törésvonalak és diaklázisok irányával. A kalcedon-teléreket mi leginkább a Hesdát egy jobboldali időszakos mellékága, a Farkas-patak völgyében figyeltük meg.



1. kép

Kalcedon-erek mállott ofiolitban a Hesdát-szurdok felső szakaszán

Dacit csak egyetlen telér formájában jelenik meg, és pedig a Cigány-csúcs (Vf. Țiganului) DK-i lejtőjének aljában, ahol átmettszi az andezit–latiandezit-összlet kőzeteit.

Az *alkálitrahitok* ugyancsak korlátozott elterjedésben figyelhetők meg a Sardó-hegy (Dealul Sardău) térségében, ahol az andezit–latiandezit-összlet és a badenkori képződmények határán helyezkednek el.

A *riolitok és alkáliriolitok* dyke-ok formájában jelennek meg egyrészt a Hesdát-patak Torda-hasadékból való kijövetelénél, a Fehér-dombtól D-re, másrészt a Kolostor-tető (Dealul Bisericii) és a Vf. Muntelui K-i lejtőin.

A *riolitagglomerátumok és tufák* a jurakori mészkövek keleti szomszédságában jelennek meg. A Vf. Muntelui délkeleti oldalán található riolitagglomerátumok legérdekesebb jellemzője, hogy a bennük található tömbök dacitos anyaga elüt a fennebb említett dacitétól. A riolittufákat magasabb fekvésük és jellegzetes zöldes színük különbözteti meg az andezittufáktól. A cineritek nagy része – mivel tengeri környezetben rakódott le – üveges szövetű, ugyanakkor lényeges sajátossága a rétegzettség.

2.2. Mezozoikumi karbonátos üledékes képződmények

A Hesdát-szurdok jobboldali lejtőjének felső részén található, az ofiolitokra települő mezozoikumi karbonátos képződmények. A Peterd–Szind mészkővonulathoz tartoznak, amely ÉK-i irányban a Torockói-egység felszíni záródását képezik. A vonulat karbonátos üledékei, amelyek helyenként elérik a 600 m vastagságot is, két formációba tagolódnak: a Szindi Formáció (DRAGASTAN, O., CIUBOTARU, T., BRUSTUR, T., 1987) (késő-oxfordi–kora-berriasi) és a Magyarpeterdi Formáció (DRAGASTAN, O., CIUBOTARU, T., BRUSTUR, T., 1987) (késő-berriasi–valangini) [DRAGASTAN, O., 1997; SĂSĂRAN, E. et al., 2000]. A Hesdát-szurdok területén csak a Szindi Formáció mészkövei vannak jelen, a Magyarpeterdi Formáció csak a Torda-hasadéktól É-ra azonosítható.

A Peterd–Szind-vonulat egy tipikus karbonátplatform, mely a Tethys-óceán Erdélyi elágazásának területén működő vulkáni-szigetív talapzatára telepedett. A mészkövekben fellelhető üledékes struktúrák fejlődését jelentősen befolyásolták ennek az akkomodációs térnek a változásai [SĂSĂRAN, E. et al., 2000]. Így a Szindi Formáció átmenetet képez a lejtőtől, a selfperemen át, a lagúnáris környezetig [DRAGASTAN, O., 1997]. A mészkövek felépítésében korallak, szivacsok, mohaállatok, tüskésbőrűek, foraminiferák, soksertéjű férgek, puhatestűek, de mindenek előtt vörösalgák és kékbaktériumok játszottak meghatározó szerepet [SĂSĂRAN, E. et al., 2000]. Érdekes megemlíteni a *Teleosaurus suprajurensis* SCHLOSSER maradványainak jelenlétét, mivel az jól jellemzi az egykori zátony-sziget környezetet [DRAGASTAN, O., 1997].

2.3. Harmadidőszaki üledékes képződmények

A Hesdát-szurdok baloldali lejtőinek felső részeit a posztkollíziós badeni transzgresszió képződményei fedik. Területünkön nem találjuk meg a baden teljes üledésorát, itt csupán a középső-badeni Mészkői Formáció (FILIPESCU, S., 1996), valamint a késő-badeni Csegezi Formáció (FILIPESCU, S., 1996) van jelen [FILIPESCU, S., 1996].

A Mészki Formáció

A kora-baden tektonikai mozgások (a Kárpát-térség végleges bezáródása) az egész Középső-Paratethysben látványos tengeri transzgressziót indítottak el. A transzgresszió bazális képződményeit gyakorta diakrón alapkonglomerátumok képviselik, akár csak az általunk tanulmányozott területen. Az Erdélyi-medence egyes területeinek fejlődése differenciált volt, a peremek helyenként árapálysíksággként működtek, ez a környezet pedig kedvezett egy szulfátos evaporit-képződésnek [GHERGARI, Lucreția et al., 1991]. Az Erdélyi-medence nyugati szegélyén képződött gipszek Koppánd–Szind–Mészki térségében őrződtek meg. A gipsz-képződmény legjellemzőbb feltárása a mészki kőfejtőnél található, így lett ennek a lagúnás fáciesnek a típus-szelvénye [FILIPESCU, S., 1996].

A Mészki Formáció időben a Désaknai Formációnak (MÉSZÁROS, N., 1991) megfelelő heteropikus litosztratigráfiai egység. Ez utóbbi az Erdélyi-medence nyugati szegélyétől keletre jelenik meg, a sódiapir övvel kezdődően [FILIPESCU, S., 1996].

Mészki környékén a gipszek a baden alapkonglomerátumok és mészkövek fölött helyezkednek el, kb. 15–25 m-es vastagságban és három szintre tagolhatók, amelyeket márga, valamint gipszes márga beékelődések választanak el egymástól. Ásványtani szempontból ezeket a vegyi üledékes képződményeket gipsz, anhidrit, cölesztin, stroncianit, aragonit, kalcit és glauberit alkotja [FILIPESCU, S., 1996].

A Csegezi Formáció az Oláhnyíresi Formáció (POPESCU, Gh., 1972) „radiolariás paláinak” és „pteropodás márgáinak” megfelelő szinkron, de heteropikus üledéksor. Itt a Mészki Formáció fölött helyezkedik el és zöldes márgák, kőzetlisztes agyagok, mészkövek, alárendelten tufitok alkotják [GHERGARI, Lucreția et al., 1991; FILIPESCU, S., 1996].

A késő-badenben a medence egyre süllyedt [GHERGARI, Lucreția et al., 1991], vize mélyült, ezt a süllyedést tükrözik a Csegezi Formáció képződményei is.

A „radiolariás pala” szintnek megfelelő finom lemezes üledékek radiolariákban, foraminiferákban és nannoplanktonban gazdagok és a mészki bányánál eléri a 6,5 m vastagságot. A fölöttük található „pteropodás márga” rétegek megfelelői 5–7 m vastagok és felépítésükben agyagok, lemezes márgák és két vulkáni tufa-szint vesz részt. A bennük lévő ősmaradvány-társulások (foraminiférák, nannoplankton és kagylók) endémikus, a Paratethys késő-badeni tengeri környezetére jellemzőek [FILIPESCU, S., 1996].

2.4. Negyedkori üledékek

A negyedkor képződményeit lejtőtörmelékek és folyami üledékek: teraszok, hordalékkúpok és allúviók képviselik.

3. A Hesdát-szurdok morfológiája

A Hesdát-szurdok morfológiája (lásd a mellékelt geomorfológiai térképet és a Hesdát-szurdok domborzatmodelljét) sajátos jellemzőkkel rendelkezik, attól függően, hogy a területén megjelenő különböző kőzetek (mezozoikumi ofiolitok, mészkövek, valamint harmadidőszaki üledékes képződmények) hogyan viselkednek a felszínformáló tényezőkkel szemben.

Az ofiolitok és a jurakori mészkövek közötti határt a morfológia megváltozása és a két kőzettípus színének különbsége is jelzi. Azok a vízfolyások, amelyek a mészkőt, majd az ofiolitokat metszik (mint a Hesdát-pataka), az utóbbi kőzettípusban is megtartják völgyük keskeny, szurdokszerű jellemzőjét és völgytalpak erőteljes esését. A völgyoldalak morfológiája azonban gyökeresen elüt a két kőzettípus mállással szembeni különböző viselkedésének köszönhetően. Az ofiolitokat és mészköveket kevésbé ellenálló, puhább, harmadkori üledékek borították – foltokban még ma is fedik –, ami a Torda-hasadékkal egyetemben a Hesdát-szurdok epigenetikus jellegére vall. Ugyanakkor az ofiolitok lokális erózióbázis szerepét játszották, ami befolyásolta a felsőbb szakaszok eróziós folyamatait is [ARGEŞEL, I. P., 1977].

Meggondolkoztató, hogy a Hesdát vize a Torda-hasadékot elhagyva egy sokkal rövidebb, könnyebb és „csendesebb” útvonalat is választhatott volna magának az Aranyos felé, ha Mészki irányába folyt volna. Ennek ellenére megváltoztatta addigi ÉNy–DK-i irányát és egy sokkal „bonyolultabb” völgy-pályát hozott létre az ofiolitokban, kb. 4 km-rel fennebb, Sinfalvától É-ra torkolódva az Aranyosba [ARGEŞEL, I. P., 1977]. Ez az útvonal az ofiolitokban létező vetőrendszer eredménye, amely megkönnyítette a víz behatolását a kőzetrepedésekbe és ezáltal a völgybevégyődést is.

A HESDÁT-SZURDOK geomorfológiai térképe

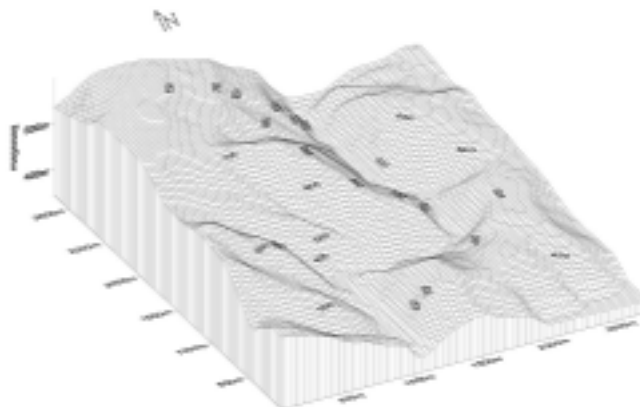
0 1 km



Jelmagyarázat:

ofiolit szállásközet	morfológiai rétegpad	eróziós árék (2-10 m)
jurai mészkő	talajcsatorna	eróziós árék (>10 m)
badenoni mezoes konglomerátum	garat	felületi erózió
délvid. kőbölcsék (jurai mészkő)	gravitációs áramláskép	állatiptéri lépcsők
korallföldék (savics)	árok	külszíni fejés
posztglaciális lejtő	kis patak hordalékképpé	ártéri erózió
épülő lejtő	idősebb vízmosás hordalékképpé	ártéri erózió
stabil lejtő	vízfolyás	ártéri erózió
kőfejtés	hajdani meander	ártéri erózió
szelvény aló kőzet (erózió)	eróziós barázdák (kb. 0,5 m)	erózió

A HESDÁT-SZURDOK DOMBORZATMODELLJE



A Hesdátnek, mely egykor a harmadkori üledékekbe vágta völgyét, ahogy fokozatosan mélyült, alkalmazkodnia kellett az ellenállóbb ofiolitokhoz. Azok – fennebb bemutatott – változatos közettani felépítése következtében a kőzet ellenállóbb részeit a víz folyása kikerülte, a puhábbakat pedig elhordta. Ez ARGESSEL, I. P. [1977] szerint a kanyarulatok kialakulásának magyarázata. Szerintünk azt az előbbi feltételeken kívül a tektonika, az itt jellemző törésvonal-rendszer is elősegítette, befolyásolta. Megfigyelhető, hogy a Hesdát általános folyásiránya É–D-i, amely megegyezik a szálban álló kőzetekben jól követhető fő vetők irányával. A nagyobb kanyarulatok (2. kép) pedig nagyjából K–Ny irányba rendeződtek, amely ugyanaz, mint a segéd törés- és diaklázvonalak iránya. Az is megfigyelhető, hogy a jobboldali időszakos mellékpatakok völgyei is a segédvetők és lito- vagy diaklázisok irányát követik (időszakos mellékpatakok csak a jobboldaltól torkollnak a Hesdátba).



2. kép
Segédvető irányába rendeződő kanyarulat

A szurdok morfológiáját változatos mikrorelief jellemzi. A legtipikusabb ofiolit-mikrorelief a Tordahasadék kijáratánál fekvő kis medencében (3. kép) található, ahol a jurakori mészkövek, az ofiolitok és a baden üledékek kontakt zónájában piramisok, oszlopok és tornyok is megfigyelhetők. Mindenütt találunk deluvió-kolluviális és eluviális törmelék-felhalmozódásokat is.



3. kép
Szelektív erózióval keletkezett kis medence a Tordahasadék kijáratánál

A szelektív erózió meghatározó a mikroformák létrejöttében. Ennek alapját a kőzet belső szerkezete (a területen a különböző keménységű lávafolyások és piroklasztitok rétegesen váltakoznak), valamint a lávaárak eltérő morfológiája (pillow-lávák – párnalávák – és lávatarakók) képezi, amit a kőzetek említett autometamorfozálódása kiváltotta keménység-differenciálódás is tetézi.

A felszíni formavilág kevésbé meredek, mint a Torda-hasadékban, mert az ofiolitok kémiai mállása sokkal kifejezettebb, mint a mészkőé. Ennek ellenére a meredek sziklafalak végigkísérik a szurdokot, de igazán lenyűgöző, kimondottan szoros jellege csak egy kis szakaszon van, kb. az Áron-patakának (időszakos) torkolatától kezdődően a „Csukás-tóig” (4. kép). Ezt nevezik Csukás-szorosnak, mivel itt tömör, kémiai mállásnak alig alávetett vulkanitok találhatók (ezen a szakaszon nem látni nyomát hidrotermás autometaszomatózisnak, vagy azt kísérő kalcedon-teléreknak sem). Tulajdonképpen ez az a rész, amit a GANDRABURA, E. I. [1981] által közölt szelvény (lásd a geológiai térképen) szubvulkáni intrúziójával azonosíthatunk, talán épp ez a tömzs okozta a környező ofiolit-összlet hidrotermás metamorfózisát. Ez a Hesdát-szurdok legszűkebb völgyszakasza, itt a legmeredekebbek a sziklafalak. A tektonika befolyása itt is megfigyelhető és lépcsős felszínek jelenlétében jut kifejezésre, ezeken zuhogók, vízesések keletkeztek, a völgyszakasz alsó részén pedig számtalan eróziós üstöt láthatunk (5. kép). Habár a Hesdát itt már nagyon közel van a torkolatához, a völgytalp erőteljes esése, a kisvíz-meder-arculat (durva hordalékok jelenléte) inkább hegyi, felső szakaszjellegre vall.



4. kép

Kevésbé mállott ofiolitok morfológiai megjelenése a „Csukás-tó” fölött



5. kép

Lépcsős felszíneken keletkezett zuhogók és eróziós üstök a Csukás-szorosban

A Torda-hasadék kijáratánál található kis medencétől a Csukás-szorosig tartó szakaszon a lávafolyások és a tufarétegek dőlése, valamint a szelektív erózió hatására létrejött formák, differenciált kőzetösszetétel, illetve a tektonika által meghatározott felületi és lineáris eróziós folyamatok és talajcsuszamlásos jelenségek (6. kép) jellemzik a morfológiát. Különbségeket elsősorban a jobb- és baloldali lejtők morfológiája között figyelhetünk meg, ami abból adódik, hogy a jobb oldalon az ofiolit-összetet piroklasztitokban gazdagabb változatok képviselik, melyeket ellenállóbb jurakori mészkövek, míg a baloldalon a tömörebb vulkanitokat lazább baden üledékek fedik. Mindkét oldalon a domború, tehát pusztuló lejtők a jellemzőek, de a bal oldal kissé meredekebb, mint a jobb oldal, ami annak is köszönhető, hogy az előbbin kizárólag meteorikus vizek fejtik ki hatásukat.



6. kép
*Felületi-, időszakos vonalas erózió
és talajcsuszamlás által formált lejtő a Hesdát-szurdok felső szakaszán*

Az ofiolitok könnyen málló kőzetek, elsősorban a hidrotermás metasomatikus folyamatok által is befolyásolt területeken, így a lejtőket málladéktakaró fedi és a magasabb, kevésbé meredek részeken még egy keskeny talajréteg is kialakulhatott. A Hesdát-szurdok Csukás-szoroson felüli szakaszán tehát ezek a feltételek a tektonikus adottságokkal (vetők, kőzetrepedések) együtt kedveznek a felületi és lineáris erózió, valamint a talajcsuszamlásos jelenségek létrejöttének, amit még az antropikus tényezők is elősegítettek: erdőirtás és túlzott legeltetés.

A *felületi erózió* (lepel- vagy areális erózió) az általunk vizsgált területen leginkább a bal oldali lejtőkre jellemző, ahol a kőzetfelszín sokszor fedetlen, a málladéktakaró vékony és az erdőirtás következtében hiányzik a védelmet nyújtani tudó fás növényzet, a füves területeken pedig a túllegeltetés kiváltotta tiprás jellemző.

A lejtők szöge jelentősen befolyásolja a lepelerozió hatékonyságát: nagyobb lejtőszög esetén a lefolyás gyorsasága, következésképpen energiája is megnő. A bal oldali lejtők szöge általában meghaladja a 30°-ot (legalábbis a lejtők alsó részein, ahol ez a jelenség lejátszódik) és ha figyelembe vesszük a fás növényzet hiányát, az erdőirtás hatására keletkezett talajvesztést, a túllegeltetés okozta tiprást, valamint a málladéktakaró vékonyságát vagy hiányát, akkor megértjük, hogy itt a feltételek kedvezőbbek a felületi erózió kialakulásának és intenzív pusztításának. A jobb oldalon is elég magas lejtőszög értékekkel találkozunk, de mégsem annyira meredek, mint a bal oldal, hisz a jobb oldal (főleg a magasabb részén) földtani alapját nagyobb mértékben képezik lazább, tufás összletek. Ugyanakkor ott kevesebb a csupasz felszín, több területet borít lágyszárú, valamint fás növényzet és ennek következtében a lefolyó esővíz nem képes olyan felületi eróziós tevékenységre, mint a bal oldalon.

Az *időszakos lineáris, vagy vonalas erózió* leginkább a 10°-os vagy ennél nagyobb dőlésszögű lejtőket támadja meg (területünkön a lejtők dőlése a patak mindkét oldalán, meghaladja ezt az értéket). Ez az eróziótípus rendkívül intenzív a puha, laza kőzetek lejtőin, mint a mi esetünkben a tufás aljzatú, málladéktakaróval és deluviummal borított oldalakon.

Általában a vízmosások a néhány cm-es mélységtől több 10 m-ig is terjedhetnek, a terület litológiai sajátosságaitól, valamint a lehulló csapadék erősségétől, intenzitásától függően. Így a vízmosások estében több

típust különböztetünk meg aszerint, hogy az általuk létrehozott mikroforma mennyire fejlett: eróziós barázda, eróziós árok, eróziós vízmosás [BUTZER, K. W., 1976] és torrens.

A Hesdát-völgyének ezen szakaszán az időszakos lineáris erózió által létrehozott mikroformákat az eróziós barázda és eróziós árok típusokba sorolhatjuk, így csak ezeket tárgyaljuk részletesebben.

Az *eróziós barázda* az a vízmosástípus, amely 1–2 m széles és kb. 0,5 m mély. Általában nincsenek határozott oldalfalai, sem fenéklerakódásai és oldalát, valamint fenekét is növényzet borítja [BUTZER, K. W., 1976].

Az *eróziós árok* olyan időszakosan vizet szállító meder, melynek szélessége és mélysége egyaránt 1-15 m között változik [BUTZER, K. W., 1976]. A keresztmetszete legtöbbször U alakú (ritkábban V), ez maga is előrehaladott eróziós folyamatra utal. Oldalfalai meredek, alját jellegzetes, vízben lerakódott üledék fedi és itt néha fás növényzet is megjelenik. Az eróziós árkok képződése már megállíthatatlan folyamat. Az állandó mélyülést az határozza meg, hogy az eróziós és szállító tevékenység meghaladja a partfalak leomlási ütemét.

Területünk köztani adottságai, a lejtőmeredekség, valamint az antropikus tényezők (elsősorban az erdőirtás és annak következményei) mellett a tektonika is elősegítette a lineáris eróziót. Mind a völgy bal, mind a jobb oldalát számtalan, egymással párhuzamos időleges vízmosás szabdalja (*7. kép*), ezek iránya megegyezik a területen kialakult segédvetők irányával. Tehát itt nemcsak a magas lejtőszögértékek, a málladéktakarók és deluviumok laza szerkezete, az erdőirtás és legeltetés következtében keletkezett gyér növényzetű, csupasz felszínnek jelenléte teszi lehetővé a lineáris erózió által létrehozott mikroformák fejlődését, hanem a terület tektonikája is – azok térszerkezetét meghatározva. A tektonika nemcsak a kialakuló barázdák és árkok irányát határozta és határozza meg (amelyek egymással párhuzamos, a segédvetők és kőzetrepedések irányával megegyező lefutásúak), hanem keletkezésükben is szerepet játszott. A fő és segéd törésvonalak irányát a felszínen látható kőzetek diaklázisai tükrözik, a vonalas erózió pedig az ilyen diaklázisok mentén kezdte működését.



7. kép

*Egymással párhuzamos eróziós árkok
a Hesdát-szurdok felső szakaszán*

A Hesdát-szurdok bal oldali- illetve jobb oldali lejtőin kialakult formák fejlettsége is különböző. Ez egyrészt annak köszönhető, hogy a bal oldal valamivel meredekebb és csupaszabb, mint a jobb oldal, másrészt pedig annak, hogy az ofiolitok a bal oldalon tömörebb változatokkal vannak képviselve és lazább badenkori üledékek fedik, míg a jobb oldalon sokkal tömörebb jura mészkövek fedte lazább – főleg a felsőbb részeken – tufás, erős hidrotermás autometaszomatózis által érintett ofiolit-összletek jelen. A bal oldalon látható vízmosások, amelyek mélysége legtöbbször 3–5 m között váltakozik, egyértelműen az eróziós árkok csoportjába sorolhatók. A több 10 m-es mélységet még itt sem érik el, talán egyetlen kivétellel: a Farkas-hegy DNy-i lejtőjén található egy, az eddigieknél hosszabb és a 10 m mélységet is meghaladó eróziós árok (*8. kép*), mely valószínű, hogy azért érhetett el ilyen fejlettségi szintet, mert egy, a fő törésvonal-rendszerrel majdnem párhuzamos diaklázist használt ki (ellentétben a többi vízmosással, amelyek a segédvetők irányában rendeződnek).



8. kép

*Fő vetőrendszerrel közel párhuzamos mély eróziós árok
a Hesdát-szurdok bal oldalán*

A jobb oldalon a 2 m mélységet alig meghaladó árkok – inkább barázda jellegűek – a dominánsak. De ezen az oldalon, ahogy távolodunk a jura mészkővonulattól, a lejtők dőlésszöge növekszik, a deluviális takarót az ofiolitok málladéktakarója váltja fel és az eróziós barázdák helyét fokozatosan átveszi az a fejlettebb típus, amit már eróziós ároknak nevezünk.

Talajcsuszamlásos jelenségek

A Torda-hasadék alsó végétől a Csukás-szorosig tartó völgyszakaszon a már említett eróziós, felszínformáló jelenségek mellett talajcsuszamlás is megfigyelhető. Ez a folyamat területünkön főleg a lejtők felső, kevésbé meredek részein (ahol vékony talajréteg is képződött) jelentkezik. Ebből a szempontból is különbségeket figyelhetünk meg a völgy jobb, illetve bal oldalán. A jobb oldalon a lejtők felső fele, valamint a tetőrészek erdővel borítottak, így itt nem jellemzőek a talajcsuszamlások. A bal oldalon viszont, ahol hiányzik a fás növényzet, ezen tömegmozgásos folyamat hatásai végigkísérik a völgyoldalt a lejtők felső, lankásabb részein, az ofiolitok és a baden képződmények kontakt zónájában (ez utóbbi üledékek természetéből fakadóan is).

A talajcsuszamlás legjellemzőbb megjelenési formái olyan lépcsős felszínek, amelyek egyenes vagy körkörös vonalban helyezkednek el és amelyeket *csúszásos lépcsőcské*k néven említhetünk. Az egyes lépcsőfokok szélessége 30–120 cm, magassága 20–150 cm között változhat [BUTZER, K. W., 1976] – területünkön a kisebb értékek jellemzőek.

A csúszásos lépcsőcske csak egyik változata annak a kisformának, amit angolul *terrace*-nek (mikroterasz), helyi néven pedig *állatcsapás*-nak neveznek. A mikroteraszok nagy részének keletkezését a túllegettetés okozza, illetve az, hogy az állatok bizonyos ösvényeket rendszeresen használnak. A növényzet és a talaj összenyomódik, az állatok letaposják a gyepszőnyeget, a lecsupaszított felszíneket pedig a rajtuk lefolyó víz könnyen megtámadja. Ezek a csapások elősegítik az apró csúszássíkok kialakulását, melyek mentén a gyepszőnyeg megszakad [BUTZER, K. W., 1976]. Ilyen, talajcsuszamlásra utaló lépcsős felszíneket láthatunk a Hesdát-szurdok bal oldali lejtőinek felső részein.

A Hesdát hordalékkúpja (9. kép)

A Hesdát-patak torkolata Tordától nyugatra, Sinfalva közelében található. Hordalékkúpja hosszan elnyúlik K-i irányban az Aranyos árterületén, míg Ny felé kevésbé kifejtett. Ez annak tulajdonítható, hogy a Hesdát-szurdokból való kijövele után irányt változtat, elkanyarodik K felé, követve az Aranyos-völgyének lejtését. Az elkanyarodás utáni több mint 200 m-es távolságot az Aranyos folyásával párhuzamosan teszi meg a torkolatig. Régebben ezt a párhuzamos szakaszt sokkal nagyobb távolságon lehetett megfigyelni, ugyanis az 1960–70-es években írott munkákban és topográfiai térképekről azt olvashatjuk ki, hogy a Hesdát-szurdok kijáratától az Aranyosba ömléséig a Hesdát egy 1,5 km-es távolságot tett meg. Manapság ez a távolság nem haladja meg az 500–600 m-t. Régebben a szurdokból való kijövele után hirtelen elkanyarodott K felé, majd fokozatosan vándorolt saját hordalékkúpján Ny-i irányba, mely ugyanakkor a torkolat ártéri szakaszának lerövidüléséhez vezetett. Valószínű, hogy ez a hordalékkúpon történő elcsúszás annak a következménye, hogy itt

a Hesdát pusztuló partszakasza jobb oldali, így a patak állandóan a két vízfolyás közötti felszínt mossa alá, csökkentve annak területét. Ezt a jelenséget tükrözi a hordalékkúpon megfigyelhető három régi meder, amelyek nyomait, sajnos, az emberi tevékenység részben tönkretette (hidépítés, kavicsszállítás).



9. kép

*A Hesdát hordalékkúpjja az Aranyosba torkollása előtt
(antropogén hatásokkal)*

4. Következtetések

A Hesdát-szurdok (a Hesdát-völgyének alsó szakasza) felső szakaszjellegre utaló morfológiája a földtani felépítés következménye: a területet a Torockói-takaró képződményei (ofiolitok, jurakori mészkövek), valamint badenkori posztektonikus üledékek fedik.

A mezozoikumi ofiolitokat a Maros-árok ÉK-i nyúlványának, vagyis a Torockói-hegységnek szigetív-típusú vulkáni kőzetei képviselik, területünkön az andezit–latiandezit-összlet, riolitagglomerátumok és tufák, riolitok és alkáliriolitok, alkálitrachitok, dacit-telérek.

A Torockói-takaró mezozoikumi karbonátos képződményei közül csak a Szindi Formáció (késő-oxfordi–kora-berriasi) üledékei jelennek meg az ofiolitok fölött a szurdok jobboldali lejtőjének felső részén; a fölé települő Magyarpeterdi Formáció (késő-berriasi–valangini) itt hiányzik, csak a Torda-hasadéktól É-ra azonosítható.

A Hesdát-szurdok bal oldali lejtőinek felső részeit a középső-baden (Mészkői Formáció) és a késő-baden (Csegezi Formáció) üledéksora fedi.

A terület változatos morfológiáját a földtani felépítés határozza meg. Jelentős morfológiai különbségek a szurdok alsó és felső szakasza, valamint a jobb oldali, illetve bal oldali lejtők közt figyelhetők meg, egyrészt az ofiolit-összletek litológiai differenciáltságából, másrészt a fedő kőzetek különbözőségéből adódóan.

A felsőbb szakasz ofiolit-képződményei – a hidrotermás metamorfózisnak köszönhetően – erőteljesen mállottak, a lejtőkön felületi, időszakos vonaleróziós és talajcsuszamlásos jelenségek dominálnak (ezeket a tektonika, valamint az antropikus hatások is befolyásolják). Az alsó szakaszon, a kémiai mállás által alig érintett, tömörebb vulkanitok területén (tulajdonképpen azon a részen, ahol egy szubvulkáni intrúzió azonosítható) meredek sziklafalak, lépcsős felszíneken keletkezett zuhogók és eróziós üstök láthatók.

A jobb és bal oldali lejtők morfológiájának különbségei elsősorban annak köszönhetők, hogy a jobb oldalon az ofiolit-összletet piroklasztitokban gazdagabb változatok képviselik, melyeket ellenálló jurakori mészkövek, míg a bal oldalon a tömörebb vulkanitokat lazább badenkori üledékek fedik; de a lejtők egyenlőtlen talajképződésének és növénytakaróval való borítottságának is.

A mikroformák létrejöttében a szelektív erózió is meghatározó szerepet játszik. Ennek alapját a kőzet belső szerkezete (különböző keménységű lávafolyások és piroklasztitok réteges váltakozása), illetve a láva-árok eltérő morfológiája (párnalávák és lávatakarók) képezi, amit a kőzetek autometamorfózálódása kiváltotta keménység-differenciálódás is tetézi.

Könyvészet

- [7] BALINTONI, I. (1997a): *Transilvanidele vestice, comentarii structurale* – Studia Univ. Babeş-Bolyai, Geol., XLI/1(1996)., p.95–100, Cluj-Napoca.
- [8] BALINTONI, I. (1997b): *Geotectonica terenurilor metamorfice din România* – Ed. Carpatica, 176 p., Cluj-Napoca.
- [9] BUTZER, K. W. (1976): *A földfelszín formakincse* – Gondolat Könyvk., 519 p., Budapest.
- [10] COCEAN, P. (1998): *Chei și defilee în Munții Apuseni* – Ed. Acad. RSR, 190 p., București
- [11] DRAGASTAN, O. (1997): Transylvanides – a Jurassic–Cretaceous paleoenvironmental and depositional model – Acta Paleontol. Rom., p. 37–44, București.
- [12] FICHEUX, R. (1937): *Terrases et niveaux d' érosion dans les vallées des Munții Apuseni* – C. R. Inst. Geol. Roum., XXI (1932–1933)., p. 25–29, București.
- [13] FILIPESCU, S. (1996): *Stratigraphy of the Neogene from the Western border of the Transylvanian Basin* – Studia Univ. Babeş-Bolyai, Geol., XLI/2 (1996)., p. 3–77, Cluj-Napoca.
- [14] GANDRABURA, E. (1973): *Considerații petrochimice asupra unor ofiolite mezozoice din Munții Trascău* – An. Univ. Al. I. Cuza, sect. II. (geol.), XIX., p. 59–66, Iași.
- [15] GANDRABURA, E. (1981): Studiul mineralogic, petrografic și geochimic al eruptivului mezozoic din Munții Trascău – An. Inst. Geol., LVIII., p. 5–121, București.
- [16] GEORGESCU, D., et al. (1970): *Contribuții la stratigrafia miocenului de pe valea Arișului (Transilvania de Vest)* – D. S. Inst. Geol., LIV/4 (1966–1967)., p. 151–159, București.
- [17] GHERGARI, Lucreția, MÂRZA, I., POMÎRJANSCHI, Gabriela, HUDREA, I. (1983): Argilizations hydrothermales associées aux roches volcaniques du complexe ophiolitique de la région Buru–Cheile Turzii, Monts Apuseni (Roumanie) – Studia Univ. Babeş-Bolyai, geol–geogr., XXVIII., p. 2–13, Cluj-Napoca.
- [19] GHERGARI, Lucreția, MÉSZÁROS, N., HOSU, A., FILIPESCU, S., CHIRA, Carmen (1991): *The Gypsiferous Formation at Cheia (Cluj County)* – Studia Univ. Babeş-Bolyai, Geol., XXXVI/1., p. 13–28, Cluj-Napoca.
- [20] HAUER, F., STACHE, G. (1863): *Geologie Siebenbürgens* – 643 p., Wien.
- [21] IANOVICI, V., et al. (1976): *Geologia Munților Apuseni* – Ed. Acad. RSR, 631 p., Bucureșt.
- [22] ILIE, M. (1935a): Observations microscopiques sur le Mésozoïques des Monts Trascău et du bassin de l' Arieș – C. R. Inst. Géol. Roum., XX (1931–1932)., p. 134–136, București.
- [23] ILIE, M. (1935b): Allgemeine Überblick über des Geologie des Siebenbürgischen Erzgebirge und der Berge von Trascău – Bul. Soc. Rom. Geol., II., p. 44–48, București.
- [24] ILIE, M. (1937): *Les calcaires tithoniques et aptiens des Monts Métalifères de Transylvanie* – C. R. Inst. Géol. Roum., XXI (1932–1933)., p. 154–156, București.
- [25] KOCH, A. (1888): Jelentés Torda–Aranyosmegye Tordától ny-ra eső területének 1887 nyarán végzett Földtani részletes fölvételéről – M. K. F. I. 1887. évi jelentéseiből, p. 24–55, Budapest.
- [26] KRÄUTNER, H. G. (1997): *Alpine and prealpine Terranes in the Romanian Carpathians and Apuseni Mts.* – Ann. Géol. Pays. Hellén., XXXVII., p. 331–400, Athènes.
- [27] LUPU, M. (1975): Einige Bemerkungen zur Tektonik des südlichen Apuseni-Gebirge (Siebenbürgishes Erzgebirge) – Rev. Roum. géol., géoph., géogr., Géol., 19., p. 95–104, București.
- [28] LUPU, M. (1976a): *The main Tectonic Features of the Southern Apuseni Mountains* – Rev. Roum. géol., géoph., géogr., Géol., 20/1., p. 21–25, București.
- [29] LUPU, M. (1976b): Stratigraphische Korrelierung der mesozoischen Ablagerungen des südlichen Apuseni-Gebirges (Siebenbürgisches Erzgebirge) – Rev. Roum. géol., géoph., géogr., Géol., 20/1., p. 59–66, București.
- [30] LUPU, M. (1983): *The Mesozoic History of the South Apuseni Mountains* – An. Inst. Geol. Geofiz., LX., p. 115–124, București.
- [31] NICOLAE, I. (1973): *Notă asupra vârstei rocilor eruptive din zona Cheile Turzii* – D. S. Inst. Geol. Geofiz., LIX (1972)., p. 85–88., București.
- [32] NICOLAE, I. (1983): Considerații pe marginea interpretării cadrului tectonic al ofiolitelor din Munții Apuseni de Sud – Stud. Cerc. Geol., 28., p. 33–45, București.
- [33] NICOLAE, I. (1985): *Ophiolites of the Trascău Mountains (South Apuseni Mountains)* – An. Inst. Geol. Geofiz., LXV., p. 143–205, București.
- [34] NICOLAE, I., BRATOSIN, Irina (1980): Petrochemical Investigations of the Mesozoic Spilite and Keratophyre Rocks from the Trascău and Eastern Metaliferi Mountains (Apuseni Mountains) – Rev. Roum. geol., geoph., geogr., Geol., 24., p. 99–114., București.
- [35] NIȚULESCU, O. (1937a): *Contribuții la cunoașterea faunei jurasice a calcarului de la Săndulești (Turda)* – Rev. Muz. geol.–min. al Univ. Cluj, VI/2., p. 63–66, Cluj-Napoca.
- [36] NIȚULESCU, O. (1937b): *Les radiolarites de Cheia Turdes* – Bul. Soc. Rom. Geol., III., București.
- [37] NYÁRÁDY ERÁSMUS, Gy. (1937): *A Torda-hasadék. Monográfikus ismertetés*, 1937, Kolozsvár.
- [38] POP, M., BARTHA, Al. (1973): *Cheile Turzii. Ghid turistic* – Ed. pt. Turism, 67 p., București.

- [39] POPESCU-ARGEȘEL, I. (1977): *Munții Trascăului. Studiu geomorfologic* – Ed. Acad. RSR, 174 p., București.
- [40] SAVU, AL. (1967): *Relieful din regiunea Cheile Turzii și utilitatea sa economică* – Studia Univ. Babeș-Bolyai, geol.–geogr., XII/2., p. 115–119, Cluj-Napoca.
- [41] SAVU, H. (1990): *Remarks on the Mesozoic magmatic activity in the Trascău Mountains (Mureș Zone)* – Rev. Roum. geol., geoph., geogr., Geol., 34., p. 13–24, București.
- [42] SAVU, H. (1996): A comparative study of the ophiolites obducted from two different segments of the Mureș Ocean „normal” median ridge (Romania) – Rom. J. Petrology, 77., p. 49–60, București.
- [43] SAVU, H., STOIAN, M. (1991): REE and Hf contents in the ocean floor rocks (Liassic Ophiolites) from the Trascău Mountains and their petrologic significance – Rev. Roum. Geol., 35., p. 35–43, București.
- [44] SAVU, H., STOIAN, M. (1992): Distribuția pământurilor rare și Hf în vulcanitele de arc insular neokimmerice din Munții Trascău (zona Mureș) – Stud. Cerc. Geol., 37., p. 41–48, București.
- [45] SAVU, H., UDRESCU, Constanța, NEACȘU, Vasilica (1992): On the presence of ocean floor rocks (Liassic ophiolites) in the Trascău Mountains (Mureș zone). Their petrology and geochemistry – Rom. J. Petrology, 75., p. 53–62, București.
- [46] SĂNDULESCU, M. (1984): *Geotectonica României* – Ed. Tehn., 336 p., București.
- [47] SĂSĂRAN, E., HOSU, A., SPĂLNĂCAN, R., BUCUR, I. I. (2000): Microfacies, microfossils and sedimentary evolution of the Săndulești Limestone Formation in Cheile Turzii (Apuseni Mountains, Romania) – Acta Paleontol. Rom., II (1999)., p. 453–462, Cluj-Napoca.
- [48] STILLA, A (1972): *Semnalarea unui nivel cu Charophite în Cheile Turzii* – D. S. Inst Geol., LVIII. (1971)., p. 119–121, București.
- [49] SZENTPÉTERY, Zs. (1904): A Túr–Toroczkói eruptívus vonulat északi felének közettani viszonyai – Doktori értekezés – Ajtai K. Albert Könyvny., 38 p., Kolozsvár.
- [50] SZENTPÉTERY, Zs. (1916): Der Melaphyr und seine Rolle im Siebenbürgischen Erzgebirge (A melafir és szerepe az Erdélyi Szigethegységben) – Földt. közl., XLI/4–6., p. 86–105 [p. 148–169 – német], Budapest.
- [51] SZENTPÉTERY, Zs. (1923): *Erdély eruptív kőzetei* – Földt. Szemle, I/3., p. 125–144, Budapest.
- [52] TULOGDY, J. (1943): *A Tordai-hasadék keletkezése* – Földr. közl., 3 (1943)., p. 193–216, Budapest.

A rozmaringsav kimutatása a jávai tealevélből (*Orthosiphon stamineus* Benth.) az I_p probabilitási faktor segítségével

Oláh Neli – Kinga¹, Hanganu Daniela², Gocan Simion³

¹Plantextrakt Kft., Radaia, Kolozs megye

²Iuliu Hațieganu Orvosi és Gyógyszerészeti Egyetem, Gyógyszerészeti Kar,

³Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kémia kar,
Kolozsvár

Abstract

*Compounds identification from complex mixture by TLC it isn't an easy problem. It was proposed a few methods for identification based on: comparison of the R_f , R_M or hR_f 's value of the separated compound and the standard; comparison of different spectra of the separated compound and the standard and a new method, based on I_p probability parameter. It was identified the rosmarinic acid from *Orthosiphon stamineus* Benth. leaves using the last method.*

1. Bevezetés

A növénykivonatokhoz hasonló komplex keverékek elemzése csak kromatográfias módszerekkel lehetséges. Vékonyréteg kromatográfias módszerrel elválasztott komplex keverék komponenseinek kimutatása nem könnyű feladat.

Kromatográfias módszerrel elválasztott komponensek kimutatása a megfelelő standarddal való összehasonlításon alapszik. Elsősorban az R_f , R_M vagy hR_f retenciók paraméterek értékeit kell összehasonlítani. Ezen retenciók paraméterek értékeit több faktor is befolyásolja és így az eltérések lehetségesek [1,2].

Különböző spektrumok összehasonlítása egy biztonságos kimutatási módszer, de a vékonyréteg kromatográfias elválasztások esetében elég nehéz a spektrumok felállítása [3].

Egy új módszer a következő hipotézisből indult ki: két komponens (a keverékből elválasztott és a standard) azonosnak minősíthető a retenciók paraméterek alapján, ha:

- a retenciók paraméterek értékei azonosak legalább három különböző álló fázison való elválasztás esetében;
- és/vagy
- a retenciók paraméterek értékei azonosak legalább három, az erősség és szelektivitás szempontjából különböző, mozgó fázissal való elválasztás esetében.

A módszert Nyiredy professzor és kutatócsoportja fejlesztette ki. Mivel a második feltétel könnyebb megvalósítani, a szerzők egy I_p probabilitási faktor kiszámítását ajánlják. Az I_p probabilitási faktor a három mozgó fázis közötti különbséget mutatja és ezáltal az elválasztott komponens és a standard azonosságának valószínűségét is. Az I_p probabilitási faktort a mozgó fázisok erősségi és szelektivitási faktorjaiból számítják ki. [4].

Snyder minden oldószert egy S_t erősségi és egy S_f szelektivitási faktoral jellemez. Az erősségi faktor az oldószert polaritását mutatja, míg a szelektivitási faktor az oldószert proton leadó és felvevő képességén alapszik [5]. Oldószertkeverékek esetében kiszámíthatók az S_T globális erősségi faktor és az S_F globális szelektivitási faktor:

$$S_T = \sum \varphi_i S_{ti}$$

$$S_F = \sum \varphi_i S_{fi}$$

ahol φ_i az I oldószert moláris frakciója.

Ha a három különböző mozgó fázis esetében kiszámítjuk a globális erősségi és szelektivitási faktorokat és ezeket grafikusán ábrázoljuk, $S_F = f(S_T)$, akkor egy háromszöget nyerünk. A háromszög területének értéke megegyezik az I_p probabilitási faktor értékével [4].

A kísérletek alapján a szerzők a rutin analízisek esetében 0,1 – 0,5-ös I_p faktort ajánlanak. Egy új komponens kimutatása végett az I_p faktor 0,6-nál nagyobb kell legyen, míg a természetes anyagok esetében 0,5-nél nagyobb értékek az elfogadhatóak [4].

A következőkben a jávai tealevélben levő rozmaringsav kimutatását írjuk le az I_p probabilitási faktoron alapuló módszer segítségével.

2. Kísérleti rész

A minta feldolgozása:

20 g jávai tealevél (*Orthosiphon stamineus* Benth., Caesar & Loretz, Németország) és 100 mL metanol (Euromedica, Románia) felhasználásával kivonatot készítettünk. A kivonást 15 perces kirázással végeztük. Szűrés után a kivonatot 10 mL-re koncentráltuk.

Vékonyréteg kromatográfiás elválasztás leírása:

- Álló fázis: szilikagél réteg 254 nm-es fluoreszcenciás indikátorral (Merck, Németország);
- Mozgó fázisok:
 - I. toluol (Riedel de-Haen, Németország) – metilacetát (Chimopar, Románia) – hangyasav (Roth, Németország) = 50:40:10, v/v;
 - II. kloroform (Merck, Németország) – jégcet (Chimopar, Románia) – metanol – víz = 60:32:12:8, v/v;
 - III. etilacetát (Carlo Erba, Olaszország) – kétszeres felfuttatás;
- felfutási hossz: 7 cm;
- minta: koncentrált metanolos kivonat, melyből 25 μ L-t cseppentünk fel a lapokra;
- standard: rozmaringsav (Roth, Németország) 1,08 mg/mL metanolos oldat, melyből 10 μ L-t cseppentünk fel a lapokra;
- megjelenítés: fluoreszcenciaoltás 254 nm-en.

3. Eredmény elemzés

Az 1-es táblázat a három mozgó fázissal nyert R_f értékeket mutatja be a standard rozmaringsav és a kivonatból elválasztott rozmaringsav esetében. Az R_f értékek különbözőek a különböző mozgó fázisok esetében.

1-es táblázat. Az elválasztott és a standard rozmaringsav R_f értékei a három mozgó fázis esetében

Komponens	R_f
<i>I-es mozgó fázis</i>	
Standard rozmaringsav	0.27
Elválasztott rozmaringsav	0.25
<i>II-es mozgó fázis</i>	
Standard rozmaringsav	0.64
Elválasztott rozmaringsav	0.61
<i>III-as mozgó fázis</i>	
Standard rozmaringsav	0.06
Elválasztott rozmaringsav	0.05

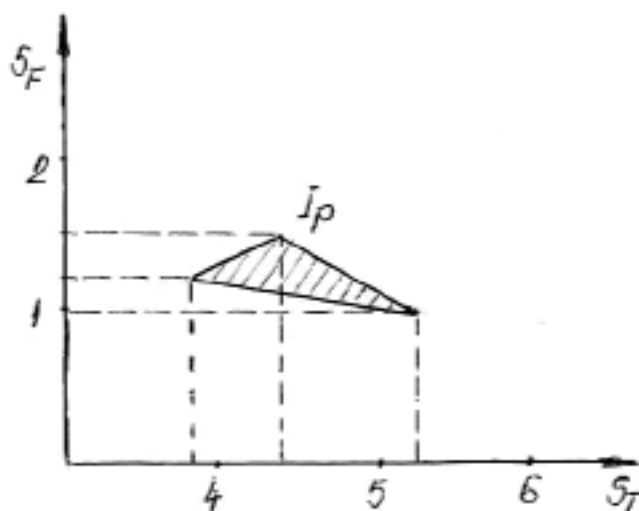
Az I_p faktort az S_T globális erősegi és az S_F globális szelektivitási faktorokból számítottuk ki. A 2-es táblázat az oldószerek és a mozgó fázisok erősegi és szelektivitási faktorjait tartalmazza.

Az 1-es ábra a grafikus ábrázolást mutatja be. A kiszámított I_p faktor értéke 0,515. Mivel az érték 0,5-nél nagyobb és a rozmaringsav természetes anyag, megfelelő biztonsággal kimutattuk, hogy a jávai tealevél rozmaringsavat tartalmaz.

A jávai tealevél rozmaringsav tartalmát az UV-Vis spektrumok is alátámasztják. 2-es táblázat. Erősegi és szelektivitási faktorok

Oldószer	S_T erősegi faktor	S_F szelektivitási faktor
Toluol	2.4	0.89
Metilacetát	5.1	1.50
Hangyasav	6.0	1.25
Kloroform	4.1	0.61
Jégecet	6.0	1.25
Metanol	5.1	2.18
Víz	10.2	1.00
Etilacetát	4.4	1.48

Mozgó fázis	S_T globális erősegi faktor	S_F globális szelektivitási faktor
I	3.48	1.17
II	5.28	0.99
III	4.40	1.48



1. ábra

Az I_p faktor kiszámításához használt háromszög

4. Összefoglaló elemzés

Megfelelő biztonsággal kimutattuk a rozmaringsavat a jávai tealevélből az I_p probabilitási faktoron alapuló módszer segítségével.

Az I_p faktoron alapuló kimutatási módszer könnyű, nem szükséges komplex műszer és megfelelő probabilitást nyújt a kimutatáshoz. A megoldás kulcsa a három egymástól különböző mozgó fázis megtalálása.

Irodalom

- 1] F. Geiss, Fundamental of Thin Layer Chromatography (Planar Chromatography), Hüthig, Heidelberg, 1987.
- 2] D.S. Galanos, V.K. Kapoulos, J. Chromatogr., 13 (1964) 128.
- 3] A.C. Moffat, J. Chromatogr., 110 (1975) 341.
- 4] Sz. Nyiredy, Zs. Fatér, B. Szabady, J. Planar Chromatogr. – Mod. TLC, 7 (1994) 406.
- 5] L.R. Snyder, J. Chromatogr. Sci., 16 (1978) 223.

Búcsú Teller Edétől (1908 – 2003)

Puskás Ferenc

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Fizika Kar, Kolozsvár

Abstract

This paper is on commemorating Teller Ede who died this year. One interview was made with the world famous scholar by Lukács F. Enikő. The article contains Teller Ede life and carrier based on this.

A közölt fénykép Teller professzort ábrázolja Lukácsné Farkas Enikő társaságában a tudós standfordi otthonában. A közölt fénykép történelmi jelentőségű, mivel valószínűleg Lukács F. Enikő volt az a magyar fizikus, aki utolsóként találkozott Teller professzorral és vele egyebek mellett fizikáról is elbeszélgethetett. A beszélgetésről videofelvétel készült, a felvétel anyagának egy részét és a fényképet jelen cikkünkben felhasználhattuk Lukács F. Enikő beleegyezésével, amiért ez úton is hálás köszönetemet fejezem ki egykori kedves tanítványomnak.

Szeptember 10-én röppent világgá a hír, a neves tudós, Teller professzor a hidrogénbomba atyja elhunyt. Budapesten született, január 10-én töltötte volna be kilencvenhatodik életévét.

A XX. század első felében kialakult nagynevű magyar tudósgenerációnak volt utolsó élő tagja. Középiscoláit Budapesten végezte, a Kármán Tódor édesapja, Kármán Mór által alapított Trefort utcai mintagimnáziumban. Szülei már hat éves korában felfigyeltek matematikai tehetségére, kiváló fejszámoló képességére és mint arról a későbbiekben beszámolt, főleg apja tudatosan fejlesztette ilyen irányú képességét. Édesanyja Deutsch Ilona a művészetek nagy kedvelője, korán felfigyelt a fia kiváló zenei képességeire és az irodalom iránti vonzalmára, s a fia ilyen irányú képzéséről messzemenően gondoskodott. Teller erről így nyilatkozott: „Az embernek két pólusa van, a szíve és az agya és mind a kettőt fejleszteni kell”.



Mindig hálásan emlékezett meg arról, hogy szülei milyen nagy gondot fordítottak már kis gyerek korától kezdve tehetsége kibontakoztatására. Kiváló matematikai tehetsége a középiscolában is megmutatkozott, amit ugyan számtantanára nem túlságosan értékelt, zavarta tehetséges tanulója zsenialitása, akinek a leadott anyag többnyire már ismert volt, ezért unta a számtanórákat és a példákra sokszor egyszerűbb megoldásokat is talált, mint amit a tanára javasolt. Teller azon ifjú zsenik közé tartozott, aki autodidakta módon sokkal hamarabb megértette és megtanulta a számára érdekes anyagot mint ahogy az iskola a maga kötött rendszerében az átlagképességűekhez igazodva igyekezett a tanulókkal megértetni. Ezért a mindig előre tekintő és nagyon kíváncsi diák számára, aki az iskolai tananyagot sokszor egy tanévvel előre már ismerte, az iskola unalmas volt és nem kis terhet jelentett számára annak kötött rendjét elviselni.

Mivel édesapja már kisiskolás korában felfigyelt fia rendkívüli matematikai képességeire, figyelemmel kísérte középiskolai matematikai szereplését és rájött, hogy fiát nem elégtik ki az iskola által nyújtott lehetőségek. Ezért megkérte matematikus barátját, a kiváló egyetemi oktatót, Klúgh Lipótot, hogy irányítsa a fia matematikai képzését. Klúgh hamar felismerte a serdülő gyermek rendkívüli matematikai képességét és a 12 éves ifjúnak a kezébe nyomta Euler algebráját tanulmányozás végett, aki a könyv részletes áttanulmányozása után annak minden lényeges részét megértette. A nevelési szempontból is rendkívüli körülmények között apa rájött arra, hogy fia iskolatársai között nem talál matematikából megfelelő szellemi partnert akivel ilyen témájú kérdésekről beszélgethetne, ezért körülnézett a pesti iskolák tájékán, hátha talál még a fiához hasonló érdeklődésű gyereket, akivel megfelelő színvonalon tudna matematikáról is beszélni. Talált is még két olyan csodabogarat akik szintén a matematika szerelmesei voltak. Mindkettőről kiderült, hogy ifjú zsenik, akik már igen magas szinten űzik a matematikát. Az egyiket úgy hívták, hogy Neumann Jancsi, aki később a XX. század egyik legnagyobb matematikusa lett, a másik Wigner Jenő volt, akit ma Nobel-díjas fizikusként tart számon a tudománytörténet. A közös érdeklődési terület hamar összekapcsolta a három ifjút, amiből később egy életre szóló igaz barátság lett.

Bár az iskolai oktatás Teller számára nem tűnt túlságosan vonzóknak, azért már középiskolás korában komoly eredményeket ért el mind matematikából mind fizikából. 1925-ben matematikából az Eötvös Verseny és fizikából ugyanabban az évben a Károly Irén Verseny díjnyertese.

Érdekes, hogy egy másik zseniális fizikus, a Nobel-díjas Wigner Jenő, aki lelki jó barátja volt Tellernek és akivel közel egy fél évszázadon át szoros baráti kapcsolatot tartott fenn, mennyire másképp vélekedett iskolájáról és matematika tanáráról. 1963-ban amikor Wigner Stokholmban átvette a fizikai Nobel-díjat, hálás szavakkal emlékezett meg egykori iskolájáról, a budapesti fasori Evangélikus Gimnáziumról és matematika tanáráról Rácz Lászlóról. A Nobel-díj átvételekor elhangzott beszédében Wigner külön kiemelte, hogy pályaválasztásában lényeges szerepe volt egykori matematika tanárának aki elindította a tudományos kutatás útján. Hosszú életén át Wigner, a hálás tanítvány végig emlékeztében tartotta Rácz tanár urat, hiszen arcképe ott függött dolgozószobája falán.

Számunkra tanulságos lehet e két zseniális fizikus középiskolai pályafutása, amely az elért eredmények alapján rávilágít arra, hogy minden diák sajátos egyéniség és ezt az oktatás folyamatában szem előtt kell tartani.

Édesapja rábeszélésére az érettségi után a budapesti egyetem vegyészmérnöki szakára iratkozik, bár kedvenc tudománya a fizika és a matematika, de a praktikus gondolkozású jogász édesapja úgy látja, hogy fizikából vagy matematikából nem lehet jól megélni, viszont az akkor már gyors fejlődésben levő vegyipar keresi a tehetséges szakembereket, tehát ezt a pályát kell választania. A budapesti Műszaki Egyetem vegyészmérnöki karának mindössze egy évig volt hallgatója, a további tanulmányait Németországban folytatta, ahol előbb Karlsruheban a vegyészmérnöki szakon majd Münchenben és Lipcsében a fizika szakon folytatja tanulmányait. Münchener tartózkodása során villamosbaleset következtében elveszti jobb lábfejét.

Ebben az időszakban a Németországban dolgozó vagy ott tanuló tehetséges magyar fizikusok, kémikusok és matematikusok egyik fontos találkozási pontja volt Pólányi Mihály fizika-kémikus berlini rezidenciája, aki akkor a Wilhelm Kaiser Kutatóintézetben dolgozott és az intézet igazgatójának, a Nobel-díjas Haber professzornak főmunkatársa volt, később Pólányi lett az intézet aligazgatója. Ebben az intézetben és sokszor Pólányi lakásán gyűltek össze ezek a tehetséges fiatalok, hogy megtárgyalják tudományos problémáikat, az akkor rohamosan fejlődő fizika és kémia nagy kérdéseit, felvessék kutatásaik során felmerülő gondolataikat és kölcsönösen segítsék egymást. Egy-egy tudományos témáról gyakran tartottak szemináriumszerű megbeszéléseket, amelyre meghívták a szakma legismertebb képviselőit, így ezek a szakmai disputák gyakran a legmagasabb tudományos színvonalat elérő vitafórummá alakultak. A csoport tagjai gyakran eljártak Einstein előadásaira és szemináriumaira. Az akkor már neves Nobel-díjas tudós hamar felfigyelt ezekre a tehetséges magyarországi fiatalokra, akik szemináriumain rendszeresen vitát provokáltak és roppant érdekes kérdéseket tettek fel. Nem szólva arról, hogy akkor már a Neumann János matematika tudása jóval meghaladta az átlagos egyetemi tanári szintet, hiszen 23 éves korában Fejér Lipótnál megvédte doktori disszertációját és ugyanabban az évben már a berlini egyetem magántanára volt. Ezekben a vitákban a matematika területén Neumann verhetetlen volt, fantasztikusan gyors fejszámoló készsége és számmemóriája mindenkit elbűvölt. Ezen a területen talán csak Teller tudott némileg lépést tartani vele.

Kik voltak ezek a fiatalok és mi tartotta össze őket? A csoport talán legsokoldalúbb és legaktívabb tagja Szilárd Leó volt, aki később Einstein tanársegédje majd munkatársa lett. A következő három szintén világhíresség, a Nobel-díjas Wigner Jenő, a XX. század legnagyobb matematikusa, Neumann János és a modern aerodinamika nagy úttörője Kármán Tódor. Ezt az 5-ös csoportot gyakran felkereste két magyarországi barátjuk, akik Einstein előadásait is hallgatták és később szintén világhírességek lettek, Lánosz Kornél a kiváló elméleti fizikus és a holográfia elméleti kidolgozója, a Nobel-díjas Gábor Dénes. Bár e fiatalok egy része nem Berlinbe dolgozott, de időnként ott találkoztak, hogy megtárgyalják felmerült problémáikat és betekintést

nyerjenek a tudományos élet legújabb eredményeibe. Ezeket a fiatalokat a tudományos érdeklődéseik mellett összekapcsolta a közös szülőföld szeretete, hiszen mindannyian pesti srácok voltak, akik már Pesten is ismerték egymást. Voltak közös ismerőseik, és azonos élményeik a budai hegyekben tett kirándulásokról vagy a Duna-parti sétákról, ezenkívül összekapcsolta őket a közös kultúra élménye, a pesti koncertek, hiszen mindnyájan nagy zenekedvelők és maguk is jól zenélő fiatalok voltak. Közös sors készítette őket arra, hogy hazájukat elhagyják, egyrészt azért, hogy a legjobb egyetemeken világhírű matematikusoktól, Nobel-díjas fizikusoktól sajátíthassák el a legkorszerűbb tudományos ismereteket és maguk is hasonló nagy hírű tudósokká váljanak. Ezek a fiatalok tele voltak önbizalommal, mert tisztában voltak képességeikkel, tudatában voltak annak, hogy szorgalommal és kitartó munkával sokra vihetik. De azt is hamar belátták, hogy nem vár rájuk felhőtlen jövő, mert Európában az első világháború vesztes országaiban, így a 20-as évek Magyarországon is erősen jobboldali, sok vonatkozásában antiszemita jellegű politikai irányzatok kezdtek kialakulni. Ezek a nagyrészt zsidó származású fiatalok nem érezték magukat hazájukban biztonságban, nyilvánvaló volt előttük, hogy szakmai karrierjüket is veszélyeztetheti vallási hovatartozásuk. Ebben az időben Németország volt a tudományos élet egyik európai központja, ezenkívül már a családban is jól beszélték a német nyelvet és Németországban a 20-as években még eléggé liberális volt a politikai irányzat, így hát nyilvánvalóan ezt az országot választották továbbtanulásuk céljaul.

Teller előbb Karlsruheban kezdi a tanulmányait, ahol kémiát tanul, majd egy rövid müncheni kitérő után Lipcsébe kerül, ahol fizikát tanul és 22 éves korában a kvantummechanika egyik megalapozójánál Heisenbergnél doktorál. Ezután Göttingenben Max Born intézetébe kerül. Ez az intézet ugyancsak egy patinás kutatási központja volt Németországnak, ahol olyan neves tudósok dolgoztak mint Pauli és Oppenheimer, de itt tevékenykedett akkoriban Wigner és Neumann is. 1933-ban Hitler uralomra jutása után elveszti állását, kénytelen elhagyni Németországot és Szilárd hívására Angliába megy, aki állást szerez számára a londoni egyetemen.



Közben megpályáz egy Rockefeller ösztöndíjat, amely lehetővé teszi, hogy egy évet Koppenhágában Niels Bohr mellett dolgozhasson. A koppenhágai tanulmányút fontos mérföldkő életében. Ebben az időben kezdenek kialakulni a nagy viták a kvantummechanika alapjainak az értelmezéséről, e kérdésben Bohr felfogása meghatározó volt a mikrofizika további fejlődése szempontjából. Teller szerint ez a tanulmányi év Bohr mellett döntő jelentőségű volt további fejlődése szempontjából. Nagyon jó baráti viszonyba kerül Bohrral, akit úgyszólván mesterének tekint és mindig a legnagyobb tisztelettel emlékezik róla. Szerinte Bohr volt a XX. század legnagyobb fizikusa. Koppenhágai tartózkodása során sok nagynevű fizikussal köt ismeretséget, itt ismerkedik meg az orosz emigráns fizikussal Georg Gamowval, akivel később nagyon szoros baráti kapcsolatot alakít ki, és éveken át munkatársak lesznek a magfizikai kutatásokban. Személyes barátság alakul ki közte és Weizsacker között, de jó baráti viszonyba kerül a szintén Bohr mellett dolgozó, de Tellertől nagyon különböző ideológiai nézeteket való Lew Landauval. Közben 1934-ben még arra is időt szakít, hogy hazautazzon és megnősüljön, egyik osztálytársának a nővérét veszi feleségül, akit gimnazista kora óta ismer. 1935-ben Gamow hívására az Egyesült Államokba megy és a híres washingtoni, G. Washington egyetemnek lesz a fizika professzora. A tanítás mellett intenzív kutató munkát folytat, főleg magfizikai problémákkal foglalkozik. A fizikának ez a területe jelentette a nagy kihívást a fizikusok számára és ennek a korszaknak a nagy fizikusai szinte kivétel nélkül valamilyen formában foglalkoztak ezzel a területtel. Ennek a kutatási területnek az egyik nagy ösztönzője Szilárd Leó volt, aki Rutherforddal ellentétben hitt abban, hogy az atom energiája felszabadítható, tehát gyakorlati célokra felhasználható. Ugyancsak Szilárd volt az, aki elméleti számítások alapján elsőként jött rá az urán láncreakciójának a lehetőségére. Ezt a kutatási eredményét elsőként Tellerrel közölte és nem hozta nyilvánosságra, mert a rendkívül lelkiismeretes és óvatos fizikus azonnal belátta, felfedezésének milyen beláthatatlan következményei lehetnek katonai szempontból. Nyilvánvaló volt előtte, hogy felfedezése egy fantasztikus erejű szuperbomba megépítésének a lehetőségét kínálja. 1938-ban Hahn és Strassmann Németországban kísérletileg kimutatja az urán maghasadását és azt is megállapítja, hogy ennek során tetemes energia szabadul fel. F. Joliot-Curie és munkatársai ugyanakkor megállapítják, hogy az urán maghasadásakor több neutron keletkezik, mint a reakciót kezdeményező neutronok száma. Ez a tény nyilvánvalóvá teszi a láncreakció lehetőségét és az atomenergia gyakorlati felhasználását. Szilárd a kísérleti eredményekről értesül még azok publikációja előtt, és arra kéri F. Joliot-Curiet, hogy ne publikálja azokat. Kérése nem talál meghallgatásra, megjelenik a kísérleti eredményekről a francia csoport közleménye és Szilárdot szinte pánik szerű félelem fogja el. Tisztában van azzal, hogy a németek hozzáfognak az atombomba előállításához és Hitler kezében egy ilyen fegyver a fasiszta diktatúra világhuralmát jelentheti. Szilárd arra az elhatározásra jut, hogy az Egyesült Államok elnökét rá kell bírni, hogy Amerika sürgősen beindítson egy atombomba előállítási programot. Meg is fogalmazott az elnöknek címzett ilyen értelmű levelet. Ezzel a levéllel régi barátaihoz, Wignerhez és Tellerhez fordult, arra kérve őket, hogy közösen menjenek el Einsteinhoz és kérjék meg egy ilyen szerű

levél megírására, amelyet az elnökhöz eljuttatnak. Szükségük volt Einstein tekintélyére, hiszen ő volt világviszonylatban a legismertebb tudós fizikus. 1939. augusztus 2-án a történelmi pillanat, amikor Einstein aláírja a Szilárd által megfogalmazott levelet, amelyet nemsokára eljuttatnak Roosevelt elnökhöz. Elnöki döntés alapján nemsokára beindul az ún. Atomenergia Program, melynek végső célja az atombomba előállítása. 1939 októberében létrejön az Uránium Bizottság, amely az Atomenergia Program megvalósítását irányítja ő. Ennek a bizottságnak tagja lesz Teller mellett Szilárd és Wigner is.

Ez az elnöki döntés méltányos volt, hiszen az ő javaslatukra jött létre az egész program. A munkálatok első fázisában a fenntartható láncreakció vizsgálata céljából egy kis kísérleti atomreaktor (atommáglya) előállítását tervezték. Az atommáglya építése nagy titokban történt a chicagói egyetem egyik melléképületében, teljesítménye mindössze 2 kW volt és 1942 decemberében sikerült működésbe hozni, ami azt jelentette, hogy az urán láncreakciója megvalósítható és fenntartható. A berendezés építését Fermi és Szilárd irányította, de a tervezésben több magyar fizikus is részt vett. Közülük Tellernek és Wignernek a hozzájárulása volt a legjelentősebb, de Neumann matematikai segítsége is jelentős volt ezen a téren. Általában a biztonság szempontjából a fontos problémák tervezésénél a számításokat két külön csoport végezte egymástól függetlenül, a végén összehasonlították a kapott eredményeket és azokat csak akkor fogadták el, ha mindkét csoport eredménye megegyezett. Mivel Teller nagyon aktívan részt vett az atommáglya tervezésében és kivitelezésében, 1941. és 42-ben a chicagói egyetemen vállalt professzori állást. A következő lépés már az atombomba előállítása volt. Ebből a célból hozták létre 1943-ban a Los Alamosi titkos laboratóriumot, amelynek vezetésével Robert Oppenheimert bízták meg, aki a kutató csoportba elsőként Tellert hívta meg, de továbbra is számítottak Wigner, Szilárd és Neumann közreműködésére. A Los Alamosi titkos laboratórium egy zárt katonai bázist jelentett, egyfajta karanténba kerültek, ahol két éven keresztül nagyon kemény, sokszor 12-16 órát is igénylő nagy szellemi megterheléssel járó munka folyt, ami nem kis mértékben vette igénybe idegrendszerüket. A munkálatok előrehaladásával a munkatársak között egyre gyakrabban történtek kisebb nagyobb összezördülések. Így Teller és a csoportokat vezető Oppenheimer között többször keletkeztek keményebb összetűzések. Ezek a problémák menetközben mindig megoldódtak, hiszen a közös cél megvalósítása is ezt követelte. Történeti távlatából nézve a dolgokat úgy tűnik, hogy Tellernél ezek a fájó sebek sohasem gyógyultak be teljesen. 1945 tavaszára elkészült az atombomba és megtörtént a kísérleti robbantás, az eredmény a vártnál is jobb volt. Közben május elején bekövetkezett Németország kapitulációja, így a bomba németek elleni bevetése tárgytalanná vált, de Amerika továbbra is háborúban állt a japánokkal. Nyilvánvaló volt, hogy a hadvezetés az atombombát be akarja vetni a japánok ellen. Szilárdot, aki az Atom Program elindítója volt, ez a lehetőség nagyon megrémítette. Ezért mindent elkövetett, hogy azt megakadályozza. Körlevelet intézett az Atom Programon dolgozó fizikusokhoz, hogy tiltakozzanak a bomba bevetése ellen és tiltakozó gyűjtőíveken ezek aláírását kérte. Tellert is felkérte, hogy Los Alamosban gyűjtsön aláírásokat. Teller Oppenheimer javaslatára ezt megtagadta. Teller később úgy nyilatkozott, hogy egy demonstrációs atomrobbantásra gondolt a tokiói öböl fölött olyan nagy magasságban, amely élőlényekben és a környezetben sem okozott volna kárt, de a háború gyors befejezéséhez vezetett volna és így amerikai és japán katonák ezreinek az életét mentette volna meg a háború gyors befejezése. Tudjuk, hogy nem így történt. A lakott területre ledobott két atombomba két japán várost, Hirosimát és Nagasakit eltörölte a föld színéről.

A második világháború befejezése után a két nagyhatalom közötti ideológiai ellentét a háborúskodásnak egy új formáját, a hidegháborús folyamatot indítja el, melynek lényeges jellemzője az egyre jobban kiéleződő fegyverkezési verseny. 1949-ben a Szovjetunióban felrobbantják az első kísérleti atombombát. Teller úgy ítéli meg, hogy Amerika nem maradhat le a fegyverkezési versenyben, mert a Szovjetunió valószínűleg tovább fog lépni és kifejleszti a nagyobb robbanó erejű fúziós hatáson alapuló hidrogén bombát. Teller javaslatára és közbenjárására az amerikai államvezetés elfogadja a hidrogénbomba előállítási tervét, melynek gyakorlati kivitelezésével Tellert bízzák meg. 1949-ben visszamegy Los Alamosba és a hidrogénbomba előállításán dolgozó csoportok vezetője lesz igazgatóhelyettesi beosztásban. Két év alatt elkészül a hidrogénbomba és 1951-ben a csendes-óceáni Eniwetok szigetén megtörténik az első hidrogénbomba robbantás. Teller nem vesz részt a robbantást a helyszín közelében vizsgáló szakértői csoportban, ezután otthagyja Los Alamost és visszatér a chicagói egyetemre. Továbbra is kitart azon álláspontja mellett, hogy Amerika erős nagyhatalom kell, hogy legyen és ehhez az szükséges, hogy a legkorszerűbb fegyverekkel rendelkezzen. Míg barátja Szilárd Leó óriási erőfeszítéseket tesz az általános leszerelés és a fegyverkezési verseny megállítása érdekében, és ezért nemzetközi békekonferenciákat szervez a tudósok körében (Pugwash konferenciák), addig Teller a további fegyverkezést szorgalmazók csoportjának vezető egyénisége. Az ő javaslatára 1952-ben Livermoreban felépül az amerikai hadsereg legkorszerűbb fegyverzetfejlesztési kutatóintézete, a Lawrence Livermore National Laboratory, melynek ő lesz első igazgatója és élete végéig szakmai tanácsadója maradt. 1963-ban egyike azon kiemelkedő személyiségeknek akik elleneztek a Szovjetunióval megkötendő atomcsend egyezményt. A 70-es években az amerikai kormány tudományos tanácsadója lesz és a 80-as évek elején ő javasolja elsőként Reagen

elnöknek az ún. csillagháborús program beindítását, amely stratégiai védelmi kezdeményezés (SDI) néven vált ismertté. Ez a terv megvalósult, és ma Amerika egy rakétatámadás ellen alkalmazható rakétavédelmi rendszerrel rendelkezik.

Tudományos munkássága elismeréseként számos kitüntetésben részesült, 2003-ban megkapta Bush elnöktől a legmagasabb amerikai polgári kitüntetést a Szabadság Érdemrendet, több Tudományos Akadémia tiszteletbeli tagja, számos egyetem díszdoktora. 1990. után Teller többször hazalátogatott Magyarországra, mint maga mondotta nagyon jól érzi magát szülőföldjén. 1991-ben a Magyar Tudományos Akadémia tiszteletbeli tagjává választotta. Marx György professzortól tudom, hogy tervbe vett egy erdélyi látogatást is, az volt az elképzelése, hogy bejárja mindazokat a helységeket ahol fiatalkorában Magyarországon megfordult. Mivel kisgyerekkorában szüleivel pár évig Lugoson laktak, tervében volt egy lugosi látogatás, de közbejött betegsége miatt ez nem valósult meg. Erdélyhez való kötődésére utal az a tény is, hogy 2002-ben elvállalta a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem nemzetközi tanácsadó testületének tiszteletbeli elnöki tisztségét.

Az elsők között volt, aki 2001-ben megkapta a legmagasabb magyar kulturális és tudományos kitüntetést, a Corvin-láncot.



Teller professzor a XX. század egyik kiemelkedő tudós egyénisége volt, kora majdnem minden nagy fizikusával személyes kapcsolatba került, sokkal nagyon jó baráti viszonyt tartott fenn, bár sok esetben nagyon különböző politikai vagy ideológiai felfogást képviseltek. Vitázó ellenfelei is tisztelték Tellerben a nyílt, őszinte magatartását és igazságszeretetét. Teller tudományos munkásságával és személyes befolyásával történelem-alakító személyiség volt, hiszen lényeges szerepet töltött be az atom- és hidrogénbomba létrehozásában és a hidegháború kiszélesítésének is egyik fő irányítója volt. A nemzetközi közvélemény alakítói között sokan negatívan értékelik Teller ilyen vonatkozású tevékenységeit.

Nézzük, Teller hogyan vélekedett mindezekről. Beszédeiben és életrajzi vonatkozású könyvében világosan kifejti, hogy már fiatal kora óta mindig a szabad mozgás, a szabad gondolkodás és véleménynyilvánítás híve volt. Ezért a 20-as évek végén megjelenő diktatúrák nem kis félelemmel töltötték el. Amikor kirobbant a II. Világháború, nyilvánvaló volt előtte, hogy Hitler katonai fölénye folytán akarja megnyerni a háborút, ez pedig egy német atombomba előállítását jelenthette. Tudott dolog volt, hogy a németek dolgoztak az atombomba előállításán. Ezért minden erejével azon dolgozott, hogy az amerikaiaknak minél hamarabb meglegyen az atombombájuk, nehogy Hitler megelőzze őket. A japán elleni atombomba bevetésnél azt javasolta, hogy ne lakott területre dobják le, de javaslata nem talált meghallgatásra. A II. Világháború befejezése után kialakult nemzetközi helyzetben ismét veszélybe kerültek a nyugati demokráciák, mert nyilvánvalóvá vált a szovjet diktatúra világszerte törekvése. Ezért úgy látta, hogy a béke megőrzése érdekében szükséges Amerika katonai fölényét biztosítani. Ez vezetett a hidegháború kiéleződéséhez, amely a gazdaságilag és erkölcsileg is gyenge talajon álló Szovjetuniót összeroppantotta. Teller úgy látja, hogy az általa is szorgalmazott hidegháborús folyamat vezetett el a Szovjetunió összeomlásához. Ha történelmi távlatából tekintjük a XX. század eseményeit, úgy tűnik, hogy a történelem Teller politikai és erkölcsi magatartását teljes mértékben igazolta.