

## Műanyagok az útéépítésben

A műanyagok különleges és sokrétű alkalmazási területének számít az útéépítés. Elválasztás, szűrés, vízmentesítés, erősítés, vízszigetelés – ezek a geoműanyagok fő funkciói, amelyeket eltérő szerkezetű termékekkel lehet teljesíteni. A geoműanyagok alkalmazásának úttörői a német mérnökök és építéstechnikai intézmények.

*Tárgyszavak: építőipar; geotextilek, geopaplanok; georácsok; földmunka; útéépítés; funkciók; alkalmazási példák; gyártók; árokmentes csőfektetés.*

## Geoműanyagok

A földmunkáknál és az útéépítésben – a geotechnikában – az 1970-es években kezdtek alkalmazni a műanyagokat. Az erre a célra kifejlesztett termékeket *geoműanyagoknak* nevezték el. *Kezdetben olyan textiliákat és szálpaplanokat (nem szőtt textileket) használtak, amelyeket eredetileg más célra szántak, de a tapasztalatok bővülése és az elvárható tulajdonságok felismerése nyomán fokozatosan kifejlesztettek számos, speciálisan erre a területre alkalmas gyártmányt.* Először a víztározók és vízművek létesítésénél, majd az útéépítésnél váltak ezek nélkülözhetetlenné, de ma már a vasúti pályák, a hulladéklerakók és más földmozgatással járó létesítmények kialakítása sem képzelhető el geoműanyagok nélkül. Az alkalmazást segítő szabványok, irányelvek, műszaki útmutatók kidolgozásában úttörő munkát végzett néhány németországi intézmény, pl. az út- és közlekedésügyi kutatási társaság (**Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV**), a víz-, szennyvíz- és hulladékgazdálkodási egyesület (**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, DVWK**), a geotechnikai társaság (**Deutsche Gesellschaft für Geotechnik eV, DGGT**), az építéstechnikai intézet (**Deutsches Institut für Bautechnik, DIBt**). Az általuk kidolgozott szabályrendszer és a vizsgálati/minősítési eljárások képezik az alapját a kialakuló európai és a nemzetközi szabályrendszernek.

*Az útéépítésben a geoműanyagokat az előkészítő földmunkáknál elválasztó réteggként, szűrőként, vízmentesítő elemként, megerősítésként, erózióvédelemként, vízszigetelésként; a járófelületen betonburkolatban betétként, elválasztásként, vízelvezetőként, pufferként; aszfaltrétegben szigetelésként, repedésáthidalóként, feszültségelnyelőként alkalmazzák. A geoműanyagok formájuk szerint lehetnek geotextiliák, georácsok és egészen vagy részlegesen vízzáró szigetelőanyagok.*

## Geotextilek

A geotextilek műanyag szálból vagy fonalból textilipari technikával előállított termékek. A szálakat és fonalakat hőre lágyuló műanyagból extrudálják, majd nyújtják. A nyújtás kiegyenesíti az egymás melletti, egymással összegabalyodott molekulákat (rendezett szerkezetet hoz létre), ezáltal csökkenti a húzás hatására fellépő nyúlást, ami növeli a húzómerevséget.

A geoműanyagok gyakori formája a *nem szőtt textil (fátyol, paplan, vatta, nemez, filc; a következőkben paplan)*, amelyben a rövid vagy végtelen szálak összekuszálódva, statisztikusan rendezetlenül helyezkednek el. Rögzítésüket végezhetik *tűzéssel* (hurkolással) vagy egyes csomópontokon hő és nyomás hatására bekövetkező *összeolvasztással*. Mivel húzáskor először az összegabalyodott molekulák egyenesednek ki, a paplanoknak nagy a nyúlása. Levegőn mérve a paplanok síkban mért erőfelvétele csekély és iránytól független, azaz ezek közelítőleg anizotrópok. A talajba beépítve azonban másképpen viselkednek, a talaj gátolja a deformációt, ezért a paplanok erő-nyúlás görbéje hasonlóná válik a rendezett szerkezetekéhez. A szálak közötti pórusok mérete nem egyforma, de összterfogatuk – a szálak vastagságától és a csomópontok sűrűségétől függően – elérheti a paplanok terfogatának 90%-át. Mivel a szálak egymás fölött több rétegben is elhelyezkedhetnek, a pórusszerkezet is háromdimenziós.

A *szövetek* meghatározott rend szerint egymást – leggyakrabban merőlegesen – keresztező szálakból állnak. A szöveteket egyrészt az őket alkotó *szálak jellege*, másrészt *szövés módjuk* szerint különböztetik meg. A szálak lehetnek finom végtelen *elemi szálakból álló szálkötegek (fonalak)*, *fóliából hasított lapos vagy sodrott szálakból álló szálkötegek* és kb. 0,1 mm vastag *huzalok („drótok”)*. Szövés módjuk szerint leggyakoribb szövetek a *lenkötésűek* (egy-egy láncfonal és vetülék derékszögben keresztezi egymást), a *köperkötésűek* (a vetülék két láncfonalat keresztez) és a *panamakötésűek* (egyik vagy mindkét irányban több fonalszál keresztezi egymást).

Sík formában a szövetek hossz- és keresztirányú húzószilárdságát a szálak (fonalak) határozzák meg, és ez a talajban sem változik meg lényegesen. A húzóvizsgálat kezdetén észlelhető nyúlás a szövésből eredő hullámosság kiegyenesedéséből ered. A pórustérfogat egyenletes és háromdimenziós.

A *hurkolt kelméket* kötési vagy horgolási technikával hozzák létre, és nagyon változatos szerkezetük lehet. Ilyen technikával paplanok kötéspontjait könnyen össze lehet építeni szálkötegekből álló fonalakkal vagy szövetekkel, és nagy erőknek ellenálló szerkezeteket lehet létrehozni.

## Georácsok

A *georácsok* nagy nyílású – megállapodás szerint legalább 10 mm-es lyukbőségű – *szövött, hurkolt, nyújtott vagy fektetett szerkezetek*. A szőtt és hurkolt rácsokat hasonlóan készítik, mint az ugyanilyen szöveteket.

A *nyújtott rácsok* előállításakor egy vastagabb fóliát kilyuggatnak, majd egy vagy két irányban megnyújtják. Ilyenkor a lyukak kitágulnak. A nyújtást elvégezhetik a fóliaextrudálást követően azonnal vagy egy későbbi munkaműveletben.

A *fektetett rácsok* gyártásakor szalagokat fektetnek keresztirányban egymásra (amelyek lehetnek szövött szalagok, polimerbevonatú fonalkötegek, extrudált fóliacsíkok vagy huzalok), majd a kereszteződéseknél összekötik őket.

## **Vízszigetelő fóliák**

Ezek egy része tökéletesen vízzáró, más része csekély mértékben vízáteresztő. *Vízzáró szigetelőfóliaként* az útépítésben 2 mm-nél nem vékonyabb *PE-HD fóliát* használnak. Az extrudált fólia felülete lehet sima vagy a nagyobb súrlódás érdekében strukturált. Az utóbbi elsősorban töltések, rézsűk építésekor hasznos.

*A részlegesen vízzáró elemek külső burkolata textil, amelybe por alakú vagy granulált agyagot, duzzadó agyagot (pl. nátrium-, ill. kalcium-bentonitot), esetleg akrilátport töltenek.* Ha a textilburkolat tűzött paplan vagy laza szálszerkezetű anyag, a por behatol a szálak közé, amelyek nem engedik azt elvándorolni. Az ilyen agyaggal töltött textilek hajlékonyak, jól ráfekszenek a tömítendő felületre, és átlapolásukat is könnyen, biztonságosan el lehet végezni.

## **A geoműanyagok funkciói**

### **Elválasztás**

A geotextilek egyik alapfunkciója az elválasztás. Ha egy úton egy durva szemcsés töltőréteget finom szemcsés alaprétegre terítenek, terheléskor a két réteg összekeveredik; a finom szemcsék felúsznak, a durvák lesüllyednek. A finom szemcsék közötti kohézió kicsi, az útfelület elveszíti a durva szemcsék súrlódása által eredetileg meglévő szilárdságát, a járművek besüllyednek a meggyengült rétegbe. *Ha a két réteg közé geotextilt fektetnek, az az úttesttel együtt deformálódik ugyan, de megakadályozza a kétféle szemcseméretű réteg keveredését, és megőrzi a felső töltőréteg súrlódásból eredő ellenállását.*

A finom szemcséjű alsó rétegben a váltakozó nyomás hatására a pórusokban lévő víz időnként túlnyomás alá kerül, és felfelé vándorol. *A köztes geotextil* ilyenkor szűrőként hat, mert *visszatartja a finom szilárd talajrészecskéket, a vizet azonban átereszteti,* amely a felső réteg durva pórusai között elveszti túlnyomását.

A beépített geotextil ezenkívül helyi túlterheléskor megakadályozhatja az úttest beszakadását, azaz erősítő hatása is van.

### **Szűrés, vízmentesítés**

A geotextilek szűrőhatása mindenekelőtt a vízmentesítésben fontos. *Az útépítésben alkalmazott szivárgó- vagy drénezőberendezések mindegyike azon az elven alapszik, hogy a talajrétegben szivárgó vizet egy, a vizet könnyebben áteresztő szerkezet veszi fel.* Az utóbbi lehet egy szivárgóárok durva szemcsés feltöltőanyaga vagy egy nagy nyílásokkal ellátott, nagy pórusú drénpaplannal töltött dréncső. Egy szűrő meg-

akadályozza a finom talajrészecskék bejutását a vizet elvezető rendszerbe. A legegyszerűbb megoldás egy szűrőtextil beépítése a két talajréteg közé, de jó hatásfokú lehet a dréncső mindkét végének védelme szűrővel.

Kis teherhordó képességű altalajra épített töltések megállapodásának gyorsítására jól beváltak a függőleges szivárgócsikkal üzemelő drénrendszerek.

## **Erősítés, védelem**

*A geoműanyagok húzóerőt adhatnak át a talajnak. Ha a talaj egy geoműanyaggal érintkezve csúszni kezdene, a súrlódás a műanyagban nyúlási merevsége révén ellenállást ébresztene, és megfelelő tervezés esetén visszatartaná a talajt.* Sikeresen alkalmaztak geoműanyagokat földomlás vagy talajcsúszás elleni erősítésként kis teherbírású altalajra épített töltéseken, meredek rézsűkön, omlásveszélyes terepen.

A talajok megerősítését geoműanyagokkal szoftverek is segíthetik. Ilyen pl. a **DC Software Doster & Christman GmbH** (München) *DC-Geotex* elnevezésű programmodulja.

*Vízszigetelések mechanikai sérülések elleni védelmére* vastag paplant lehet használni. *Rézsűk erózió elleni védelmére* és egyúttal a ráültetett növényzet megkapaszkodásának megkönnyítésére műanyag és természetes szálakból készített szerkezetek állnak rendelkezésre.

## **Vízszigetelés**

A vízszigetelést a védett vízforrások környezetében, a víztározók építésekor, nyitott és zárt vízmentesítő rendszerekben kell megfelelő módon megoldani.

## **Alkalmazási példák**

A német geoműanyagok gyártóinak ipari szövetségét (**Industrieverband Geokunststoffe e.V., IVG**) 12 cég hozta létre azzal a céllal, hogy geoműanyagokat fejlesszen ki, gyártson és szállítson az építőipar számára. Munkájuk eredményeképpen ma már nagy választékban állnak rendelkezésre ilyen anyagok, amelyek segítségével az útépítésben számos feladatot lehet könnyebben, gyorsabban és olcsóbban megoldani.

Ilyen pl. a **Polyfelt GmbH** új, végtelen szálból különleges fonási eljárással készített *nem szőtt paplana*, amelyben a csomópontokat tűzés helyett nagy nyomású vízsuaggárral hozzák létre. Ez a paplan a hasonló termékeknél jobban tűri a beépítéskor fellépő mechanikai igénybevételt. A paplan tulajdonságai egy adott célra „testre szabhatók”. **Polyfelt TS** paplanokat használtak a Lübeck-Rostock-Berlint összekötő BAB A20 autópálya, a hamburgi Eurogate Terminál és a bajorországi Grabenstätt városát elkerülő út építéséhez.

Egy németországi városban, *Saltgitterben* 1940 körül betonfelülettel burkolták a városi utak legtöbbjét. Az elmúlt évtizedek alatt az úttestek egy részére aszfaltot is

terítettek. Időközben a betonfelületek közepe vagy több része megrepedt, és a repedések az aszfalrétegen is áthatoltak. A repedések szélessége sok esetben elérte a 2 cm-t. A teljes útfelújítás helyett azt a megoldást választották, hogy a betonfelületből 4 cm vastagságú réteget lemunkáltak, a repedéseket és lyukakat kiöntötték. A kijavított felületre 1,5–2,0 kg/m<sup>2</sup> bitumenemulziót szórtak, erre ráfektették a **Tensar International** cég *Glasstex P100* jelű üvegszállal erősített paplanát, majd az egész felületet 4 cm vastag aszfalréteggel fedték le. A bitumennel átítatott paplantól azt várják, hogy a jövőben megakadályozza a repedések terjedését a felületig, egyúttal szigeteli az úttestet. Az alkalmazott eljárással költséget és időt takarítottak meg.

*Braunschweig* mellett található a németországi A2 és A39 jelzésű autópálya, és itt van a B1 autópálya egyik települést elkerülő szakasza is. Az A39-es autópálya folytatásának tervezésekor megállapították, hogy a talaj iszapos és löszös-agyagos összetétele miatt annak teherhordó képességét geoműanyagokkal kell megerősíteni. Az altalaj teherhordó képességét 7,5 MN/m<sup>2</sup>-rel vették figyelembe. Úgy döntöttek, hogy egy georácsból és paplanból álló rétegre 30 cm vastag, nem definiált szemcseméretű feltöltést fognak teríteni. Ennek teherhordó képessége el kellett hogy érje a 45 MN/m<sup>2</sup> értéket, az úttesté pedig a 150 MN/m<sup>2</sup>-t. Az előkísérleteknél kiderült, hogy a megkívánt teherhordó képességet csak akkor lehet elérni, ha a töltőréteg 0–56 mm átmérőjű szemcsékből áll, és vastagsága legalább 50 cm. Végül a töltéskoronaszintre (plánusra) a **Naue Fasertechnik GmbH** *Combigrid 30/30 Q1/151 GRK3* típusú georácsát és geopaplanát (amelyet az úttest két szélén 1 m hosszúságban behajtottak a megerősítendő réteg alá), a 25 cm vastag töltőrétegre *Securid 30/30 Q1* típusú georácsát építették. Ezzel 120 MN/m<sup>2</sup>-re nőtt a teherhordó képesség. További kavicsréteg, majd több bitumenes réteg és az úttest kiépítésével elérték a megkívánt 150 MN/m<sup>2</sup>-es értéket.

A **Huesker Synthetic GmbH** poliészterrácsait már 35 éve alkalmazzák aszfalt erősítésére. Az újabb fejlesztések eredménye a *HaTelit C 40/17* jelzésű erősítőrács, amelyet a jobb beépülés érdekében mindkét oldalán bitumennel átítatott vékony fátyollal fedtek le.

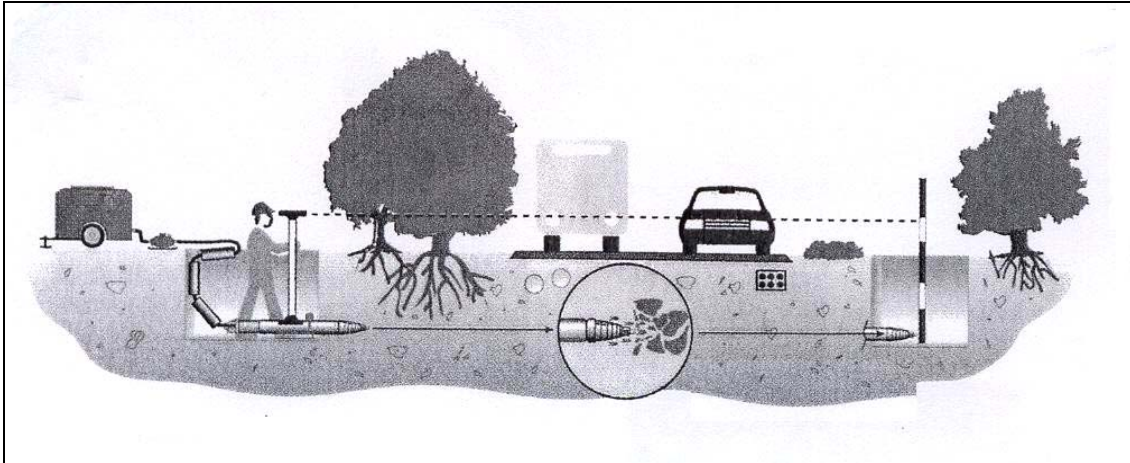
A **Filztuchfabrik Rodewisch GmbH** a franciaországi **Afitex** céggel közösen fejlesztette ki *Rogeo drénpaplanait*, amelyekkel talajrétegek, hulladéklerakók, utak, épületek vízelvezetését lehet megoldani mintegy 50% ásványi építőanyag megtakarításával.

## **Az utak élettartamának meghosszabbítása árokmentes csőfektetéssel**

*Ha elkészül egy új vagy egy felújított útszakasz, és azt rövid időn belül csőfektetés miatt felbontják, az nem csak a közlekedést zavarja és felesleges többletköltséget okoz, hanem megbontja az út gondosan megtervezett eredeti szerkezetét is, amelyet tökéletesen nem lehet helyreállítani, és ezáltal megrövidíti az út élettartamát. Ezért egyre inkább terjed az árokmentes csőfektetés, amelynek háromféle módját alkalmazzák.*

Az ún. *földrakétát* az 1960-as évek vége óta használják új vezetékek földbe húzásához (1. ábra). Különösen bevált ez az eljárás csövek utak, vasúti pályák, kertek alatti átvezetéséhez és házak víz- és csatornarendszerének fővezetékeibe kötéséhez. Árokmen-

tes csőfektetést *kizárólag rugalmas, hajlékony, könnyen összehegeszthető polietilén-csővel* végeznek. 63 mm-es átmérőig alkalmazhatók a vezérelhető földrakéták, amelyek haladását aszimmetrikus fűrófejjel és adóvevő berendezéssel lehet irányítani. A nagyobb, max. 150 mm átmérőjű csöveket behúzó földrakéták egyenes vonalban haladnak, és nem irányíthatók. Földrakétákkal a talaj és a csőátmérő függvényében egy-egy lépésben általában 25 m hosszú csőszakaszt lehet kialakítani, de néha nagyobb távolságot is sikerült ezzel az eljárással legyőzni.



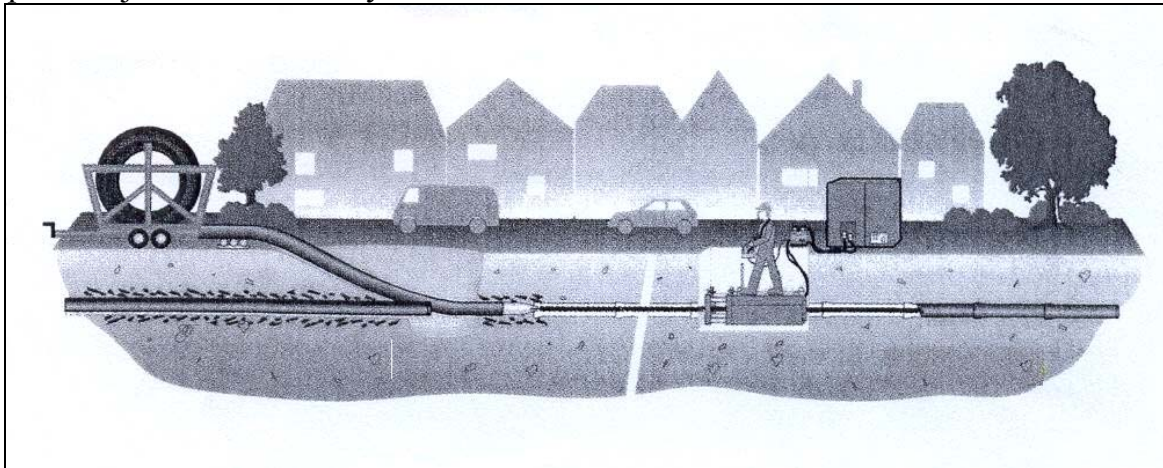
1. ábra. Árokmentes csőfektetés földrakétával

A *vízszintes öblítőfúrás*t akkor alkalmazzák, ha az utak alatt hosszirányban, épületek, folyók, rézsűk, gátak alatt kell vízvezeték, csatornát, kábelt építeni. Talajtól függően ezzel az eljárással egy szakaszban akár 500 m-t is haladhatnak, és 600 mm átmérőjű csöveket is beépíthetnek a talajba. Sziklás talajban ütőszerszám segíti a fűró előrehaladását. A cső behúzásakor arra kell ügyelni, hogy a húzóerő ne haladja meg a megengedett mértéket.

Elöregedett és sérült vezetékek felújítására fejlesztették ki az *újrabélelést*, amikor a régi csővezetéknel *kisebb átmérőjű polietilén-csövet* húznak a hibás csőbe. A műanyag cső sima felületén akadálytalanul áramló közeg sebességének megnövekedése ellensúlyozza az átmérőcsökkenést.

A felsorolt eljárásokból fejlesztették ki az Egyesült Királyságban az 1980-as években az ún. *repsztiéses bélelést*. Ennek az a lényege, hogy a repesztőfej behatol a hibás vagy túlságosan szűk régi vezetékbe, sugárirányú erőhatással széttöri azt és törmelékét besajtolja a környező talajba, helyére pedig behúzza a polietilén-csövet (*2. ábra*). A repesztőfej üzemmódja lehet hidraulikus (sztatikus eljárás) vagy pneumatikus (dinamikus eljárás). A vezetékfelújításnak ez a módja különösen jól bevált rideg, apró darabokra törő öntöttvas vezetékek helyettesítésére. Az eljárást Németországban és az USA-ban is alkalmazzák. Németországban egy-egy lépésben már 160 m-es szakaszokat is építenek. Kezdetben inkább a pneumatikus repesztőfejet, az utóbbi időben in-

kább az üzembiztosabb, csendesebben és kisebb rezgéssel dolgozó hidraulikus repesztőfejet részesítik előnyben.



2. ábra. Árokmentes csőfektetés a régi cső összetörésével

A repesztéses bélelésnél fennáll annak a veszélye, hogy a régi cső törmeléke behúzás közben megsérti az új cső felületét, bár a repesztőfejet úgy alakították ki, hogy a törmelékét távol tartsa attól. Ezért a polietiléncsövet a szakasz teljes hosszában folyamatosan, leállás nélkül kell behúzni, és szigorúan tilos visszafelé húzni. Döntő szerepe van a cső minőségének is. Ehhez a technológiához olyan feszültségrepedezésnek ellenálló, *PE-100-RC* minőségű csövek alkalmazhatók, amelyek külső felületét az **Egeplast** cég mikroméretű ásványi töltőanyaggal erősített *SLM* jelzésű, karcálló *PP védőcsöveivel* köpenyezik. *Az ezekből a csövekből épülő felújított vezetékek élettartama becslések szerint elérheti az újabb 100 évet.*

Összeállította: Pál Károlyné

Wilmers, W.: Geokunststoffe im Straßenbau. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 598–601.

Software zur Berechnung bewehrter Erde mit Geokunststoffen. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 602.

Lobbyarbeit durch Industrieverband. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 604–605.

Endlosfasertechnologie garantiert Top-Qualität. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 605.

Sanierung innerörtlichen Strassen mit Asphalteinlagen. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 603.

Angepasste Geokunststoffsystemlösungen. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 603–604.

Versuchsstrecke mit Geokunststoffen. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 606.

Anforderungen an Asphaltbewehrungen. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 606.

Drainageelemente für den Straßenbau. = Straße + Autobahn, 56. k. 10. sz. 2005. p. 605.

Rameil, M.; Kotzur, R. stb.: Rohre aus Polyethylen für grabenlose Verlegetechniken. Maschinenentwicklung, Verfahrenstechnik, Rohrkonstruktion und Werkstoff-anforderungen. = 3R International, 43. k. 4/5. sz. 2004. p. 226–231.