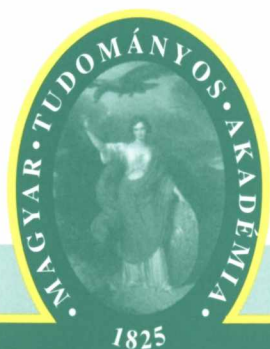


TUDOMÁNYPOLITIKA MAGYARORSZÁGON
II. A DISZCIPLÍNÁK MŰVELÉSE

PANTÓ GYÖRGY
–ÁDÁM JÓZSEF
–MÉSZÁROS ERNŐ

FÖLDTUDOMÁNY



MAGYARORSZÁG AZ EZREDFORDULÓN



TUDOMÁNYPOLITIKA MAGYARORSZÁGON I-II-III.

- I. Tudománypolitika válaszüton
- II. A diszciplínák művelése
- III. Magyarországi kutatóhelyek

Programvezető és szerkesztő
Glatz Ferenc

Olvasószerkesztő
Balogh Margit, Póto János

TUDOMÁNYPOLITIKA MAGYARORSZÁGON
II. A diszciplínák művelése

PANTÓ GYÖRGY-ÁDÁM JÓZSEF-MÉSZÁROS ERNŐ

Földtudomány

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
BUDAPEST • 2002

Szerkesztő
GLATZ FERENC

Olvasószerkesztő
Balogh Margit

ISBN 963 508 277 0 Ö

ISBN 963 508 349 1

ISSN 1587-2408

Kiadja
a Magyar Tudományos Akadémia
A kiadásért felel: Glatz Ferenc, az MTA elnöke
Nyomdai előkészítés:
az MTA Történettudományi Intézetének kiadványcsoportja
Vezető: Kovács Éva
Borító: Horváth Imre
Tördelés: Turcsán Anita
Nyomdai munkák: Áldási és Németh Nyomda Bt.
Felelős vezető: Áldási Pálné
Megjelent 2,88 (A/5) ív terjedelemben, 1500 példányban

Bevezetés

A földtudomány a Föld szerkezetének, tulajdonságainak, folyamatainak, történetének és fejlődésének vizsgálatával foglalkozik.* Az itt kialakult élet fenntartásához alapvető fontosságú a különböző földi jelenségek megértése. Így tehát a földtudomány azzal a bolygóval foglalkozik, amelyen élünk, azokkal a kontinensekkel és óceáni medencékkel, amelyekből ásványi nyersanyagainkat és készleteinket nyerjük, a kőzetekkel, amelyekből a talaj képződik, amelyen a terményeinket állítjuk elő, és azokkal a kőzetformációkkal, ahová hulladékainkat helyezzük el. Fontos feladata továbbá a légkör és az óceánok vizsgálata, folyamatainak feltárása és előrejelzése.

A földtudomány tehát követi az élet fejlődését a Földön, értelmezi a változó környezeti körülményeket, amelyek a biológiai evolúció jelenlegi állapotára hatnak. A világ növekvő népesedése több erőforrást igényel, a természeti katasztrófák egyre súlyosabbá válnak, és az ember tevékenysége során egyre több szennyező anyagot juttat a levegőbe, vízbe és a földbe. A geoszféra, a hidroszféra, az atmoszféra és a bioszféra folyamatainak egyre mélyebb tudományos megismerésére van szükség ahhoz, hogy létünket fenntartsuk, a természetben előforduló anyagokat feltárjuk. Ahol ezek a szférák a föld felszínén az emberi tevékenységgel kölcsönhatásba kerülnek, az életkörülmények vagy kedvezően alakulnak, vagy súlyosan megromlanak.

A Föld megfelelő otthon az embernek. Az összes anyag, amelyet használunk napi életünkben, a Földből származik, az energiahordozók, az ásványok, a talajvíz, még a táplálék is. Mindez annak köszönhető, hogy a Föld megfelelő távolságra van a Naptól és felszíni hőmérséklete optimális az élet fennmaradásához.

* A szerzők köszönetüket fejezik ki a MTA X. Földtudományok Osztályának keretén belül működő tudományos bizottságok vezetőinek azokért az értékes beszámolókért, amelyeket e munkában felhasználhattak.

A hatalmas óceánok folyékonyak maradnak és nem forrnak fel, illetve nem fagnak meg már kb. 4,5 milliárd év óta. Ez az egyetlen bolygó a Naprendszerben, amelyen a lemeztektonika jelensége megtalálható, amely tehát újra körforgalomba vezeti az anyagokat. A Föld egyedülálló a légkör fenntartásában. Ennek egyötöd része oxigén, amely hosszú földtani korszakok alatt az egysejtű élőlények révén keletkezett, és ez ösztönözte a többsejtű élőlények kialakulását.

A földi rendszerek azonban nagyon törekenyek. Az emberiség ugyanabba az üledékes medencébe rakja le hulladékait, amelyből az ivóvizet, az energiát és az ásványokat nyeri. A társadalmi, ipari és mezőgazdasági tevékenység megváltoztatja a légkört, s ez potenciálisan veszélyes a klímára és a szárazföldi és tengeri ökoszisztémákra. Ha ez a tendencia tovább folytatódik, a törekenyebb rendszerek integritása nem biztosítható.

A földtudománnyal foglalkozó kutatók által létrehozott tudás és folyamatos tevékenység *segíti a társadalmat* abban a kérdésben, hogy a környezeti problémákkal megbirkózzanak.

Így a földkéreg szerkezetéről és kémiai összetételéről szerzett információk lehetővé teszik, hogy az ember a számára fontos források helyét megtalálja és javítsa az élet minőségét. A földkéregben fellépő erők és a felszínen bekövetkező természeti jelenségek megértése azért nagyon fontos, mert ezáltal a természeti csapások hatásait – amelyeket például a vulkánok vagy a földrengések okoznak – csökkenteni lehet, azaz a civilizációra káros hatásait részben el lehet kerülni. Az emberiség felismerte, hogy a civilizáció negatívan hat a földi környezetre, például azáltal, hogy nem megfelelően bányászódik vagy helytelenül helyezi el hulladékait. A földtudományi információk olyan eszközöket adnak a kezünkbe, amelyekkel korrigálhatjuk a rossz gyakorlatot és tervezést, és jobbá tehetjük az emberiség jövőbeni helyzetét. Végül a bolygók fizikájának átfogó ismerete lehetővé teszi számunkra, hogy megelőzzük a globális környezeti viszonyok okozta nagymértékű változásokat vagy legalábbis alkalmazkodjunk hozzájuk.

A *földtudomány célja* tehát megérteni a teljes földi rendszer múlt-, jelen- és jövőbeli viselkedését. Abban a környezetben, ahol jelenleg az élet folyik és fejlődik, a geoszféra a Föld magjától a külső kéregig állandó kölcsönhatásban vannak. A fő feladat tehát annak a rendszernek a megismerése, amelyben a bioszféra és az emberiség fejlődése folyik, hogy megfelelő állapotban fenntartsuk ezt a környezetet. A későbbiekben vázolandó új koncepciók és módszerek lehetővé teszik, hogy a Földről mind pontosabb szintézist készítsünk. A globális áttekintést a lemeztektonika (a kontinensek vándorlásáról szóló) forradalmi elmélete segítette elő, amely újrendszerezte azt az anyagot, amely a merev külső lemezek felépítését adja. Ez az anyag a Föld belsejéből az óceáni tágulási központoknál kerül a felszínre, majd a szubdukciós zónákban ismét a mélybe jut vagy hozzáferr a kontinensekhez. A jelenlegi kutatások a lemezek

mozgató mechanizmusának felderítését és az ezzel kapcsolatos jelenségek megismerését célozzák.

A földtudomány tehát a társadalom részére nélkülözhetetlen ismereteket szolgáltat, amelyek elsősorban az alábbi területekre vonatkoznak:

- víz, ásványi nyersanyag- és energiahordozó telepek megtalálása;
- természeti csapások, földrengések, vulkánkitörések, talajmozgások, tengerrengések és áradások előrejelzése és hatásuk lehetséges csökkentése;
- talajeróziók, vízszennyeződések, nem megfelelő bányászati gyakorlat és hulladékellhelyezés meghatározása, és ezek földtani környezetre gyakorolt negatív hatásainak kivédése;
- környezeti és globális változások megelőzése és szabályozása.

A földtudomány aldiszciplínái a földkéreg speciális térbeli, időbeli és összetételbeli rendszerein alapulnak. Így a tradicionális részterületek közé tartozik a geológia, geofizika, geokémia, paleontológia, hidrológia stb. A világ vezető államaiban ezeket a területeket olyan speciális képzési irányok egészítik ki, mint az alkalmazott geológia, környezettudomány, szerkezeti geológia, geomorfológia, glaciális geológia, műszaki geofizika, ásványtan, kőzettan és ásványfizika, paleobiológia, rétegtan és szedimentológia.

A földtudomány kifejezés általános értelemben magában foglalja a Föld légkörének (meteorológia, légkörtudomány), a kontinensekben áramló víznek (hidrológia) és a Föld tengereinek és óceánjainak (óceanográfia) tudományait is.

A század első felében e részterületeket csoportokba osztották, a csoportok tagjai közötti kommunikáció azonban nagyon kicsi volt. Az elmúlt évtizedben azonban néhány nagy felfedezés elősegítette a speciális területek közötti kommunikációt, illetve elmosta az azok közötti határokat.

A földtudományok *jelenlegi fejlődésére* három fő kutatási irány volt igen nagy hatással: a *lemeztektonika elmélete*, a *térinformatika* és az ember és környezete kölcsönhatásait elemző *környezettudomány*.

Az 1960-as évektől a tenger alatti területek geológiájában, a szeizmológiában és a kőzetek mágnességének kutatásában olyan felfedezések születtek, amelyek radikálisan új, az eddigiektől eltérő koncepciót hoztak létre a nagyméretű horizontális kéregmozgások fontosságának felismerésében. Ma már a több nagy és kisebb lemez mozgásának elmélete megmagyarázza a Föld legfontosabb földtudományi jellegzetességeit. A földtani szerkezetek hatalmas mérete és változékonysága igen nagy mennyiségű adat értelmezését tette szükségessé. A Föld körül keringő mesterséges holdak, az új technológiák, amelyek révén nagy kéregvastagságok fúrhatók át, az igen kifinomult geofizikai elemzések és a modern földtani kormeghatározási módszerek rendkívül sok adatot szolgáltatottak, ami megváltoztatta a Földről alkotott elképzeléseinket. Jelentős mértékben pontosodtak légköri ismereteink, különösen a komplex dinamikus rendszerek és a levegőkémiai folyamatok

leírását illetően. Olyan jelenségekre derült fény, mint a globális éghajlat és az ózonréteg emberi módosítása, vagy a savas esők kialakulása.

Mindezek a modern, újszerű felismerések a földtudományi kutatási témák terén prioritásokat hoztak létre világszerte, amelyek közül érdemes megemlíteni a következőket:

- Az elmúlt 150 millió évben végbement környezeti és biológiai változások jellemzése.
- A bio-geokémiai ciklusok, a klímacyklusok és a szilárd Föld földtani ciklusai közötti összefüggések kutatása és új modellek felállítása.
- A geokémiai ciklusok működése a modern világban.
- Az üledékes medencék fluidumáramlásának modellezése.
- A mag–köpeny-határ tulajdonságainak meghatározása.
- A víz–kőzet-kölcsönhatás és az ásvány–víz-határfelület geokémiájának termodinamikája és kinetikája.
- Az energia- és ásványianyag-termelés fejlesztése és előrejelzése.
- A talajcsúszásra veszélyes helyek jellemzése és definíciója.
- A vulkáni veszélyeknek potenciálisan kitétt területek jellemzése és definiálása.
- A hulladékelhelyezés biztonsága.
- A geokémia és az emberi egészség kapcsolatának vizsgálata.
- Az időjárás és az éghajlat numerikus előrejelzési módszereinek kidolgozása.

A *jövő feladatait* illetően nagy prioritású földtudományi kutatási témáknak az alábbiakat jelölhetjük meg.

1. Elegendő mennyiségű természeti erőforrás biztosítása környezetbarát módon.
2. A geológiai veszélyek pontosabb megismerése és a kockázat csökkentési módjainak kidolgozása.
3. A negatív globális változások emberi tényezőinek feltárása, előrejelzése, illetve minimumon tartása.
4. A természetes globális változásokhoz való alkalmazkodás fejlesztése.

Ezeknek a jövőbeni céloknak az eléréséhez nagymértékben hozzájárul a Föld üledékeinek részletes elemzése, amiből több millió éves klímátörténet építhető fel, s ez hozzásegítheti a meteorológusokat a jövő klímájának meghatározásához. Ezeknek az üledékeknek a kémiai elemzése adatokat szolgáltat a régmúlt levegője és vize minőségének meghatározásához, és hozzásegíthet a jelenlegi környezeti problémák megértéséhez. Ezen túlmenően a földkéreg különböző erőinek mérése és folyamatos megfigyelése lehetőséget nyújt arra, hogy kidolgozzuk a földrengések vagy vulkáni kitérések idejének és helyé-

nek előrejelzését, ami lehetővé teszi a lakosság kellő időben történő kitelepítését a veszélyes helyekről.

A földtudománynak igen sokrétű kapcsolata van más diszciplínákkal, mert önmagában a földtudomány sok különböző terület ismereteinek összességéből áll. A földtudománnyal foglalkozó szakember a fizika, kémia, biológia és matematika módszereit, elméleteit és eredményeit használja. Érdeemes ezt néhány példával megvilágítani. Az alkalmazott fizika, az elektronika és a műszaki tudományok nagy fontosságú megfigyeléseket és elemzéseket tesznek lehetővé az ásványok finomszerkezetének kutatása terén a tömegspektrometria, a spektrofotometria, a röntgendiffrakció, az elektron- és ionspektroszkópia, a nagy- és kisnyomású kísérletek segítségével. A geofizika a kéreg nagy mélységű szerkezeti tulajdonságainak vizsgálata során a felszíni mérésekre alapozva igen nagy mértékben támaszkodik a matematikai számításokra. A kémia fontos alapokat nyújt az ásványtannak a nyersanyagok tulajdonságainak meghatározásához, a fosszilis energiahordozók, a fémek, az ipari nyersanyagok és építőanyagok, valamint a levegőkémiai folyamatok vizsgálatához. A biológiai folyamatok erősen hatnak a földtani szerkezetek eróziójára és az üledékek képződésére is. Mindezen vizsgálatok során a földtudományok területén felismert természeti jelenségek, törvények olyan analógiákat adhatnak más tudományoknak, amelyek hozzásegíthetnek a modern anyagok előállításához, például az üvegek, a kristályok, a szupervezetők, a katalizátorok, az ioncserélő gyanták kifejlesztéséhez.

A földtudományokra nagyon jellemző a *nemzetközi együttműködés*, mert a földtudomány globális tudomány. Ahhoz, hogy a globális jelenségeket érdemben vizsgálhassuk és megérthessük, a Föld minden pontján méréseket kell végeznünk, adatokat kell gyűjtenünk, ami nemzetközi kooperáció és tervezés nélkül elképzelhetetlen. Ez azért is fontos, mert az egyes országokban megfigyelt jelenségek sokszor a világ más pontján elért tudományos eredmények alapján érthetőek meg. A Föld tanulmányozásában továbbra is a terepi munka marad a megfigyelések fő forrása, amit természetesen a laboratóriumi munka követ. Ezekből az adatokból általános következtetéseket lehet levonni, és ezeknek az extrapolálhatósága nagy fontosságú lehet a fel nem derített régiók kutatásában.

Ezen általános bevezető gondolatok után tekintsük át a földtudomány hazai rendszeréből fakadó főbb területeket (névsorba rendszerezve), azok fejlődési irányait, a hazai és nemzetközi tudományos életben elfoglalt helyüket, az oktatási és kutatási intézményrendszer állapotát és a tudományterülettől elvárható, a nemzetközi tendenciákkal összhangban lévő feladatait és célkitűzéseit.

A földtudományhoz mint tudományághoz a következő tudománysszakok (diszciplínák) tartoznak: *bányászat, földrajz és térképészet, geodézia és geoinformatika,*

geofizika, geokémia (ásványtan és kőzettan), geológia (földtan), hidrológia, meteorológia, oceanológia, paleontológia és talajtan. Megjegyezzük, hogy Magyarországon az oceanológiát nem művelik.

Bányászat

A bányászat a földtörténeti korokban a felszín közelében, illetve nagyobb mélységekben felhalmozódott energiahordozók és ásványi nyersanyagok lelőhelyeinek kutatásával és feltárásával, valamint a készletnagyság meghatározásával és bányászati módszerekkel történő kitermelésével, majd azt követően az energiahordozók és ipari nyersanyagok feldolgozásával, szállításával és gazdasági értékelésével foglalkozó tudománysszak. Hazai és nemzetközi helyzete mindig magával a bányászati tevékenységgel kölcsönhatásban alakult és alakul ma is.

A bányászat a földtudományon belül a legnagyobb múltra visszatekintő műszaki tevékenység, amelynek jellegét alapvetően az határozza meg, hogy szilárd vagy cseppfolyós, illetve gáznemű anyagok kitermelésére irányul. A külszíni vagy mélyművelésű bányákban az ember a bányatértségben végzi tevékenységét, miközben különböző természeti veszélyforrások (kőzetomlás, gázbetörés, vízbetörés stb.) fenyegetik. A cseppfolyós és gáznemű nyersanyagok kitermelését speciális módon, fúrólukakon keresztül végzik. Az ember feladata a nagy nyomású technológiai rendszer kialakítása és az anyagáramok szabályozása. Az emberekre, a természeti környezetre és a különböző létesítményekre a meghibásodások során kiáramló és esetenként meggyulladó energiahordozó okozhat veszélyt.

A világ bányászatát századunkban a termelés mennyiségének folyamatos növekedése jellemzi, miközben ennek gazdasági feltételrendszere hosszú távon és globálisan tendenciaszerűen szigorodik. A folyamatot jelentősen felgyorsította a világgazdasági korszakváltás és a globalizáció. Mindezek a bányászatot világméretben a természeti adottságaik folytán viszonylag olcsón kitermelhető lelőhelyekre koncentrálták. A kedvezőtlen adottságú lelőhelyeket (főleg a mélyművelésű bányászatot) mindenütt felhagyják. Ennek megfelelően az elmúlt évtizedekben egyrészt megerősödtek a különféle fluidum- (kőolaj-, gáz- és víz-) bányászati termelési eljárásokat megalapozó kutatások, másrészt a szilárd ásványok bányászatára irányuló műszaki tudományos kutatás egyre inkább a külféjtések világméretű reneszánszát, illetve a nagy termelésű (több millió tonna éves kapacitású) föld alatti bányüzemek biztonságos működtetését szolgálja. A csökkenő részarányú föld alatti bányászat pedig világszerte keresi tudásanyaga alkalmazási területének kiszélesítési lehetőségét a legkülönfélébb geotechnikai,

anyagkezelési, környezetvédelmi, veszélyeshulladék-elhelyezési stb. feladatok megoldására.

Az 1990-es évek elején a hazai bányászat területén is lényeges változások történtek (a világtendenciával nagyjából összhangban).

A szerkezetátalakítás során a szénbányászatban a foglalkoztatottak száma 67 ezerről 17 ezerre csökkent. Ezzel szemben a termelés nem esett vissza ilyen arányban, mert elsősorban a drágábban termelő mélyművelésű bányákat zárták be (ezek akkor a bányák felét tették ki). A fennmaradt szénbányák többsége az erőművek igényét elégíti ki. Az ily módon integrált nyolc mélyművelésű és öt külszíni bányüzem adja a hazai széntermelés 90%-át. Szénbányászatunk össztermelése az 1960-as évek közepének csúcsmennyiségéhez képest kevesebb mint a felére csökkent (mintegy 15 millió tonna/év). A hazai kőolaj- és földgáztermelés az 1970-es években érte el a tetőfokát, azóta csökkenő tendenciát mutat. Jelenleg több mint 10 olajmezőn folyik a kitermelés. Ismereteink szerint a hazai szénhidrogén-készletek mennyisége meglehetősen korlátozott, ezért a MOL Rt. a hazai termelés csökkenésének ellensúlyozására sokat áldoz külföldi kutatásokra és kitermelésre. A gazdasági feltételrendszer szigorodása következtében uránércbányászatunkat meg kellett szüntetni, a bakonyi bauxittermelés gazdaságos mennyisége pedig napjainkra az egy évtized előttiének a harmadára csökkent. Ezenkívül ércbányászatunkat még az úrkúti mangánkitermelés képviseli, mert a recski rézkitermelés szünetel. Egyre erősödik azonban az építőanyagok és az építőanyag-ipari nyersanyagok kitermelése. A homok-, kavics- és kőbányászat, a durvakerámia és a különféle nemes nyersanyagok (üveghomok, betonit) termelése a hazai bányászat szerkezetének látványos átalakulását jelzi. Összesítve valószínűsíthető, hogy egy évtizeden belül a föld alatti bányászat hazánkban gyakorlatilag megszűnik. Az energiahordozók bányászata a szénhidrogén-termelésre és a lignit külfejtésére fog szűkülni, lényegében külfejtéses lesz az ércbányászat is. Minden kétséget kizáróan biztos jövője van ugyanakkor az építőipari alapanyagok bányászatának.

A hazai bányászati kutatás napjainkban csak a Miskolci Egyetemen (ME) teljes körű. Jelentős a MOL Rt. fluidumbányászati kutatótevékenysége is. Mindkét intézmény nemzetközileg elismert. Speciális tématerületeken (hidrogeológia, kőzetmechanika, telepítés, felhagyás, környezetvédelem stb.) kisebb-nagyobb létszámú, többnyire a megszűnt kutató-, illetve tervezőintézetek szakemberei által létrehozott magánvállalkozások működnek, és néhány bányavállalat is rendelkezik kutatócsoporttal.

Az elmúlt évtizedben lecsökkent kutatási kapacitás összességében jól szolgálja a fluidumbányászat és a külfejtségi kitermelésre leszűkülő bányászat tudományos alapjainak megeremtését. A diszciplína tudásanyaga a bányászaton kívül is hasznosul: így például az ásványelőkészítés-tanból kisarjadó eljárás technika a hulladékgazdálkodást segíti, a geotechnika pedig a különféle (köztük a nukleáris) hulladékok végleges elhelyezésében alkalmazható. Az eljárás technikán kívül jelentős interdiszciplinaritást mutat a bányászati kémia a fluidumbányászat szolgálatában, a bányagazdaságtani kutatás eredményei pedig az ásványvagyon- és az energiagazdálkodásban hasznosíthatóak. Egyes bányászati múze-

umokban is van tudományos kutatás. A bányászat leépülésével kölcsönhatásban megélnékült és jelentős eredményeket hozott az újkori és a legújabb kori bányászat történeti kutatás és a bányászati muzeológia.

A felsőoktatásban bővült a bányamérnökképzés profilja: az ötéves egyetemi képzés mellett elindult a hároméves, főiskolai oklevelet adó képzés is, ennek ellenére jelentősen csökkent a ME Bányamérnöki Kar hallgatóinak létszáma, a PhD-fokozat megszerzésére alig van jelentkező, a hagyományos bányászati témakörök tudományos utánpótlása akadozik. Várható, hogy az országsszerte egyre sűrűbb hálózatot alkotó külszíni fejtőhelyek a főiskolai szintű bányamérnök-képzés egyik legfontosabb felvevőpiacát fogják jelenteni.

Földrajz

A földrajz az a tudományág, amely a szilárd kéreg, a víz, a levegő és a bioszféra érintkezési terében a természeti és társadalmi folyamatok kölcsönhatásának fejlődésével, változásaival és az eredményükként kialakult formák és jelenségek térbeli elhelyezkedésének törvényszerűségeivel foglalkozik. Hagyományosan természetföldrajzra és társadalomföldrajzra osztják fel.

A *természetföldrajz* fontos területe a felszíni formációk vizsgálata, illetve ezek kialakulását szabályozó jelenségek törvényszerűségeinek megállapítása. A természeti törvények mélyebb megismerésén túlmenően a vizsgálatok alapvető célja az ember és földrajzi környezete közti kölcsönhatás feltárása, a természetben élő ember életminőségének javítása. Ezen a területen az utóbbi években látványos fejlődés ment végbe. A geomorfológia nemzetközi szinten jelentősen fejlődött. A fejlődés egyik jellegzetessége, hogy a geomorfológián belül több részterület alakult ki, így megerősödött a genetikus, funkcionális, bio- és antropogén geomorfológia, valamint megjelent a matematikai alapokon nyugvó morfometria. A fraktálok elméletének felhasználása számos szempontból jelentős eredményeket hozott. Így egyebek mellett lehetővé vált a folyók és hegységek formájának matematikai kezelése, pontosabb leírása. Végül erősödött a földtani kutatási eredményekre támaszkodó geomorfológia kapcsolata a műszaki tudományokkal is: egyre nagyobb teret hódít a mérnök-geomorfológia, terjed a geoinformatikai és kísérletes módszerek alkalmazása. A kísérletes vizsgálatok közül különösen a talajerózió-kutatások hoztak értékes eredményeket.

A természetföldrajz egyre jobban bekapcsolódik az ember és környezete viszonyát kutató környezettudományi vizsgálatokba. Ezt jelzi a már említett bio- és antropogén geomorfológia témaköre. Ezek a vizsgálatok az élővilág, ezen be-

lül az ember felszínfejlődésben betöltött szerepének megismerését célozzák, szoros kapcsolatban a tájföldrajzi és a tájökölógiai – szintén egyre erősödő – kutatásokkal. Röviden szólva a környezeti és konzervációs (természetvédelmi) földrajz a korszerű természetföldrajz fontos területévé vált.

Sajátos irányt képvisel a történeti földrajz, amely szoros kapcsolatban van a társadalomföldrajz problémakörével. Ebbe a kategóriába tartozik a katonaföldrajz is, amely a földrajz és a hadtudományok érdekes kapcsolódása.

A távérzékelés fejlődése a földrajzban is fontos változásokat hozott. A földrajzi kutatásokban egyre nagyobb szerephez jut a geoinformatika, a digitális kartográfiaival korszerűsödik a térképészet, s ez nagyban megkönnyíti a térbeli folyamatok ábrázolását.

A nagy felbontású erőforrás-kutatási digitális űrfelvételek megjelenése az 1970–1980-as évek fordulóján egy évtized alatt gyökeresen átalakította a természeti környezet értékelését. A környezetünk jobb megismeréséhez szükséges adatok mennyiségi növekedése a minőség javulásával járt együtt, megjelent az automatizálás, a kiértékelési eljárásokban egyre nagyobb szerepet kapott az informatika.

A hazai természetföldrajz alapvető célja a nemzetközi fejlődés nyomán követése, aminek természetesen határt szabnak a kutatói létszám korlátai. Ennek ellenére a fent felsorolt kutatási területek a hazai geográfiában csaknem teljes mértékben megjelentek. A kutatások fontos része hazánkban is a bio- és antropogén geomorfológia, egyre nagyobb szerephez jut a környezetföldrajz. Ezt jelzi az a tény is, hogy a tájföldrajz és a tájökológia három kutatóhelyen is meghatározó szerepet tölt be. A nemzetközi sikereket is magáénak mondható környezetvédelmi természetföldrajz hazai megalapozásában nagy szerepe volt a rendszerelméletű tájkutatás fejlődésének. A kutatás eszközeit tekintve a geoinformatika és távérzékelés itthon is fontos szerephez jutott, ami elősegítette a földrajz csaknem valamennyi területének hazai fejlődését.

A magyar természetföldrajz speciális feladata egyrészt a hazai tájak adta lehetőségek feltárása, másrészt a tájak terhelésének és terhelhetőségének modern kutatási eszközökkel történő feltárása. A történeti földrajz fontos vonása, hogy vizsgálati területe kiterjed az egész Kárpát-medencére. A természetföldrajz és a térképészet közös feladata a magyar földrajzi környezet sokoldalú, színvonalas bemutatása. E feladat megoldására jó példa *Magyarország nemzeti atlasza*, amely a hazai és részben országhatáron túli természeti és társadalmi kapcsolatrendszer térképes megjelenítése.

A hazai kutatások évtizedek óta meghatározó kutatóhelye az MTA Földrajztudományi Kutatóintézete, amely újabban a Földtudományi Kutatóközpont kere-

tében működik. Az intézet jelentős szellemi potenciállal rendelkezik, korszerű kutatások végzésére alkalmas. Az akadémiai intézeti kutatásokat jól kiegészítik az egyetemeken és más kutatóhelyeken folyó vizsgálatok.

A természetföldrajz fontos helyet foglal el a felsőoktatásban. Az egyetemek és főiskolák természetföldrajzi tanszékeinek alapvető feladata az általános és középiskolák földrajztanárainak képzése, a hazai földrajzoktatás színvonalának biztosítása. Egyre nagyobb teret hódít azonban az elsősorban kutatások végzésére alkalmas szakemberek képzése. Ennek jelentőségét jelzi az 1994-ben három egyetemen (ELTE, JATE, KLTE) indított geográfusképzés, amelyre általában jelentős túljelentkezés van. Az oktatás fontos feladata a más diplomát szerző szakemberek (pl. biológus, meteorológus) földrajzoktatásának biztosítása is. Ebből a szempontból külön kiemelhető, hogy az új, korszerű környezet-tudományi oktatásban a természetföldrajz fontos szerepet játszik.

A természetföldrajz a posztgraduális oktatásnak is lényeges területe. Ebben a tudományágban négy egyetemen folyik PhD-képzés. Itt is jelentkezik azonban a más tudományágakra jellemző, általános hazai problémák. Ennek ellenére egyre többen szereznek természetföldrajzból doktori fokozatot, így a hazai kutatói utánpótlás biztosítottnak látszik.

A hazai tudományos kutatás alapvetően teljesíti a tőle elvárható feladatokat. A természetföldrajzi kutatások eredményei elsősorban a következő témakörökben adnak választ a társadalom kérdéseire:

- a természeti veszélyek és kockázatok elemzése,
- a környezeti rendszerek antropogén veszélyeztettségének feltárása; a védekezés, illetve megelőzés módszereinek kidolgozása;
- a természeti adottságok vizsgálata a mérnöki tervezés és területfejlesztés számára;
- a geoinformatika és a távérzékelés felhasználása a fenti kérdések megválaszolásában, az információszolgáltatás gyorsaságának és pontosságának javítása.

Mindez azt jelenti, hogy a természetföldrajzi kutatások fontos szerepet játszanak számos hazai társadalmi-gazdasági kérdés megválaszolásának tudományos megalapozásában.

A kutatások végzésén túlmenően a területen dolgozó szakemberek részt vesznek a természetföldrajz különböző ágainak oktatásában, a tudományos utánpótlás képzésében, a PhD-programok lebonyolításában.

A természetföldrajz kapcsolata értelemszerűen elsősorban társtudományával, a társadalomföldrajzzal és a többi földtudománnyal a legszorosabb, erősödik azonban kapcsolata az erősödő környezettudományi kutatásokkal.

A természet–gazdaság–társadalom viszonyrendszerének elemzésével, a folyamatok térbeli eloszlásával foglalkozó *társadalomföldrajz* alapvetően a földtudomá-

nyokhoz tartozó természetföldrajzhoz kapcsolódik. Ennek ellenére a nemzetközi gyakorlatban, kutatásban és oktatásban az utóbbi években a társadalomtudományokhoz is közelít, amit tárgyköre alapvetően megmagyaráz. A közelmúltra jellemző, hogy a társadalomföldrajznak önálló tanszékei, kutatóintézetei alakultak ki, amelyek a legtöbb esetben interdiszciplináris, nemzetközi együttműködésben folyó témákat művelnek. Európában ezek a témák sok esetben a politikai-gazdasági integrációhoz kapcsolódnak. Különösen a volt szocialista államokban nőtt meg a társadalmi átalakulással kapcsolatos kutatások jelentősége. Látványosan megerősödtek vagy újra fejlődésnek indultak a társadalmi konfliktusokat elemző vizsgálatok, így a politikai, etnikai, vallási, esetleg katonai kérdésekkel foglalkozó kutatások. A korszerű társadalomföldrajzi kutatások, elsősorban a nyugati államokban, egyre inkább kiterjednek városszerkezeti és regionális kérdések taglalására is.

A hazai társadalomföldrajzi kutatások a nemzetközi tendenciákat követik: növekszik a nemzetközi együttműködésben végzett témák, a nemzetközi területi elemzések, valamint a problémaorientált kutatások száma. Egyre több külföldi társszerzővel készített tudományos közlemény jelenik meg. Az egyik legfontosabb hazai kutatási terület a gazdaságföldrajz. Ennek keretében agrár- és iparföldrajzi vizsgálatok folynak, de számos téma kidolgozása a kereskedelem, a turizmus, az oktatás vagy az egészségügy által felvetett problémák megoldására irányul.

A demográfiával, szociológiával, néprajzzal és történettudománnyal hagyományosan szoros kapcsolatokat ápoló népszéktudományon belül különösen megerősödött az ún. etnikai és vallásföldrajz, valamint a politikai témákat feldolgozó földrajz. Magyarország földrajzi elhelyezkedéséből és történelmi múltjából fakadóan a hazai társadalomföldrajzi kutatások alapvető sajátossága, hogy vizsgálódási területe az országhatárokon kívülre, így a Kárpát-medencére, sőt esetenként egész Délkelet-Európára is kiterjed. Specifikus kutatási területei közé tartoznak bizonyos etnikai, vallási, politikai és népszéktudományi témák.

Az egyes társadalmi csoportok magatartását kutató, a szociológiához erősen kapcsolódó szociálgeográfia jelentősége szintén növekedett. A gazdag hagyományokkal rendelkező településföldrajz az urbanizációs folyamatok, a városszerkezet, valamint a település- és területfejlesztés területén jutott fontos eredményekre.

Társadalomföldrajzzal elsősorban az MTA két kutatóintézetében, a Földrajztudományi Kutatóintézetben és a Regionális Kutatások Központjában foglalkoznak. Ezt egészítik ki az egyetemeken és főiskolákon végzett kutatások. Ilyen kutatásokkal a legerősebb oktatási központokban, így Budapesten, Pécsen, Szegeden és Debrecenben foglalkoznak. A felsőoktatási intézményekben különösen az általános és középiskolai tanárképzés jelentős.

Az egyetemeken folyó kutatások egyre jelentősebbé és színvonalasabbá válnak, az MTA intézetei és az egyetemek között bizonyos kiegyenlítődés figyelhető meg. Ez részben az akadémiai kutatások intenzitásának a létszámcsökkenés miatti visszaesésével is magyarázható. Az elmúlt évek kutatói utánpótlásgondjait, a kutatói gárda bizonyos mérvű előregedését újabban enyhíti a 3 éves szerződésre felvehető fiatal kutatók, valamint a PhD-hallgatók bekapcsolódása a kutatásokba.

A társadalomföldrajzzal foglalkozó magyar kutatók, a nemzetközi trendeket követve, összességében sikeresen teljesítették a rájuk háruló feladatokat. Az egyetemeken növekszik a földrajz tekintélye és vonzereje. Több földrajz szakos tanár/kutató van az egyetemeken vezető beosztásban, illetve egyre több hallgató szerez földrajz szakos diplomát. Ezek az új szakemberek korszerű szemlélettel rendelkeznek, beleértve a térbeli folyamatok megismerésének igényét is. Örövendetes, hogy az állami szervek és önkormányzatok is felhasználják a társadalomföldrajz kutatási eredményeit, különös tekintettel a népszerűségi-, etnikai, politikai és gazdaságföldrajzi kutatásokra.

A társadalomföldrajz a természetföldrajzzal együtt a földrajztudomány része, amely szorosan kapcsolódik a földtudományokhoz. Ezenkívül a társadalomföldrajz más, elsősorban társadalomtudományi diszciplínákkal is szoros kapcsolatban van. Ez utóbbiak közül kiemelhető a közgazdaság-, a történet- és a néprajztudomány, valamint a demográfia, a szociológia és a politológia.

Geodézia

A geodézia (a legrégebb tudományok egyike) széles körű matematikai, fizikai alapokon nyugvó, részben alap-, részben alkalmazott tudomány, amely sajátos helyet foglal el a műszaki és a természettudományok között. A geodézia a Föld felületének meghatározásával és ábrázolásával foglalkozó tudományág. Feladata egyrészt a Föld (és más égitestek) alakjának, méreteinek és nehézségi erőterének, valamint ezek időbeli változásának meghatározása, továbbá a Föld felületén található természetes és mesterséges alakzatok térbeli is időbeli helyzetének felderítése és ezek ábrázolása. A földtudomány többi tudományágával együtt az ember, az emberi társadalom és a természet kapcsolatát kutatja. Ezen belül a geodézia (vagy magyar szóhasználat szerint a földmérés és térképészet) ennek a kapcsolatnak a térbeli és időbeli viszonyait, összefüggéseit vizsgálja, s elsősorban a társadalom helymeghatározási igényeit elégíti ki.

A geodézia alkalmazása az ókortól kezdve napjainkig rendkívül sokrétű és széles körű. Az alkalmazási területek közül igen fontos a térképek előállításáa. A

mérnöki tervezés, a honvédelmi tevékenység, a környezetvédelem, a városigazgatás és az önkormányzati munka, a tulajdonviszonyok nyilvántartása elképzelhetetlen megfelelő térképek nélkül. A geodézia fontos alkalmazási területe az irodákban tervezett mérnöki létesítmények pontos helyzetének és a megváltozott birtokhatároknak a szabatos kitűzése a terepen. Jelentős alkalmazási területek közé sorolható napjainkban a járművek (szárazföldi, légi, űreszközök stb.) navigálása is.

A vázlatosan felsorolt feladatok megoldásához különböző mérési és számítási módszereket használnak fel. A hagyományos (a Föld felszínéhez kötődő) mérési eljárások mellett századunk elején kialakult a repülőgépekről készített fényképeket használó légi fotogrammetria. A mesterséges holdak megjelenésével létrejött az űrtechnika, amely alapvetően befolyásolta a mérési eljárásokat. Az űrtechnika alkalmazásának két legfontosabb területe az űrfelvételek feldolgozását szolgáló távérzékelés és a mesterséges holdakon alapuló helymeghatározó rendszerek (Global Positioning System, GPS) elterjedése.

A geodézia tudományszak részterületei közül megemlíjtjük az *elméleti geodéziát*, amely elsősorban a Föld (és más égitestek) egészének vagy kiterjedt részeinek (kontinensek, országok) alakjával és méretével, valamint nehézségi erőterével, ezek időbeli változásával kapcsolatos feladatok megoldásának elméleti megalapozásával foglalkozik geometriai és fizikai módszerekkel. A *kozmoszus geodézia*, a természetes és mesterséges égitestekre végzett mérések révén, az égitestekre rendelkezésre álló koordináták felhasználásával biztosítja egyes pontok térbeli helyzetének meghatározását. Ugyanakkor a globális helymeghatározási rendszerek (GPS, GLONASS, GNSS) alkalmazásával egyre hatékonyabban lehet ellátni a földmérés előtt álló feladatokat. A *geodéziai alaphálózatok* feladata a részletek meghatározására irányuló geodéziai munkálatok összhangját biztosító és annak „merek vázát” képező, néhányszor 10–100–1000 km sűrűségben kiválasztott, maradandóan megjelölt pontokból álló országos, kontinentális vagy planetáris méretű geometriai és gravimetriai alapponthálózatok létrehozása. (A felsorolt három részterületben foglaltakat gyakran felsőgeodézia megnevezéssel foglaljuk össze.)

A *fotogrammetria* és a *távérzékelés* részben az alappontok sűrítésére, részben a közöttük lévő részletek meghatározására földi, légi és űrfelvételek révén nyújt kedvező lehetőséget és nagy tömegű információt. A geodézia matematikai modelleket alkalmaz a mérési adatok feldolgozására és a mérési eredmények között jelentkező ellentmondások megszüntetésére, valamint meghatározza a mért, illetve számított adatok megbízhatósági mérőszámait (geomatematika). Az alkalmazott vagy mérnökgeodézia a földmérés eszközeivel és módszereivel biztosítja a geometriai alapokat a mérnöki létesítmények tervezéséhez, építéséhez és

üzemeltetéséhez. A számítástechnika, az informatika és a már említett mérési módszerek fejlődése vezetett a *térinformatika* (geoinformatika vagy újabb nevén geomatika) kialakulásához. A térinformatika a Föld felszínéhez kapcsolódó információk gyűjtésével, feldolgozásával, elemzésével és képi megjelenítésével foglalkozik. A térinformatika (mint az informatika minden egyéb területe) a különböző számítógépi hardverek és szoftverek alkalmazásán alapszik, amely korunk egyik leggyorsabban fejlődő technológiája. A térinformatikai rendszerek legfontosabb fajtái az üzem- és városirányítási, a közüzemi, a környezetvizsgálati, a topográfiai és az ingatlan-nyilvántartási rendszerek.

A geodézia a maga társadalmi feladatának, a geometriai rend biztosításának a következők révén tesz eleget. Kielégíti a felmérésekhez, kivitelezésekhez, a tudományos és egyéb feladatokhoz szükséges helyi, országos, kontinentális vagy globális alappont-hálózati igényeket (a vízszintes, a magassági, a gravimetriai és a háromdimenziójú (GPS) alapponthálózat segítségével). Ellátja a teljes nemzetgazdaság (oktatás, államigazgatás, honvédelem, ipar, mezőgazdaság, építőipar, település- és vidékfejlesztés, bányászat, közlekedés és hírközlés, vízgazdálkodás, környezetvédelem, természeti erőforráskutatás stb.) minden területét a szükséges grafikus és numerikus adatokkal (térképek, térinformatikai adatbázisok, geoinformációs rendszerek stb.). A korábbi, térkép formájában szolgáltatott információk mellett a digitális technikák felhasználásával kielégíti a társadalom, illetve a gazdasági és politikai vezetés részéről megfogalmazott sürgős és rendszerint nagy területekre (akár az egész országra) kiterjedő igényeket (korszerű föld- és ingatlan-nyilvántartás, tematikus térképek és térbeli adatok stb.). Távérzékelési technológiák révén hozzájárul a hatékony mezőgazdasági termésbecsléshez és információkat szolgáltat a korszerű növényvédelemhez, továbbá közreműködik a környezetvédelemben is. A földi, tengeri és légi járművek, valamint az űreszközök irányításához, védelmi feladatok megoldásához, továbbá a tudományos megismeréshez és az ilyen vizsgálatokhoz technológiát dolgoz ki, geodéziai alapokat nyújt és szolgáltatja a Föld alakját, méretét és nehézségi erőterét, valamint az ezek időbeli változását leíró adatokat. A kozmikus geodézia révén kezdettől fogva részt vesz az űrkutatási feladatokban és szolgáltatja az űrtechnika helymeghatározási alapjait. A Naprendszer többi égitestjén létrehozott geodéziai alapponthálózatok révén hozzájárul a későbbi űrprogramok sikeres megvalósításához.

A felsorolt társadalmi, gazdasági igények magas színvonalú kielégítése csak a műszaki és a természettudományok széles körű ismeretével, tudományosan megalapozott, egyedi módszerek segítségével lehetséges. Ezért a geodézia a tudományok rendszerében jól körülhatárolható önálló tudományszak, a gazdasági termelés területén önálló ágazat, a mérnöki alkotótevékenység keretében pedig önálló mérnöki szaktevékenység.

A geodézia a Föld természettudományos megismerésében elsősorban a földtudomány többi tudományszakával áll szoros kapcsolatban. Ezek közül is elsősorban a geofizikával, amelynek gravitációs ága a geodéziával igen szoros interdiszciplináris területet képez.

Nem kevésbé szoros a kapcsolat és a kölcsönhatás a geofizika többi ága, továbbá a geokémia, a földtan, a geotechnika, a geomorfológia, a földrajz, a bányászat, a hidrológia, a meteorológia, az óceánográfia stb. és a geodézia között. A Föld alakjának és méreteinek meghatározása elképzelhetetlen a Föld fizikai, kémiai és egyéb tulajdonságainak és folyamatainak ismerete nélkül, ugyanakkor fordítva, a fizikai tulajdonságok megismerése szoros kapcsolatban van a geometriai jellemzőkkel. A geodézia kapcsolata a csillagászzal és a matematikával (ezen belül a geometriával) az ősidőkre nyúlik vissza. A kozmikus térség kutatásában a kozmikus geodézia részét képezi az űrkutatásnak. A földrajz nem nélkülözheti a különböző méretarányú és tartalmú térképeket. A Föld fizikai folyamatainak megismerésében a geodézia döntő szerepet játszik azzal, hogy a geodinamikai kutatásokhoz szélső pontosságú ismételt méréseket végez, amelyek révén a folyamatok tanulmányozása már viszonylag rövid idő alatt is lehetséges.

A geodézia tudomány szak nemzetközi fejlődésének főbb irányai (a nemzetközi tudományos szervezetek ajánlásainak figyelembevételével) a következőkben foglalhatók össze:

- A Föld geometriai és egyes fizikai jellemzőinek egyre növekvő megbízhatóságú meghatározása.
- Dinamikai geodéziai vizsgálatok (a jelenkori felszín- és lemezmozgások irányának és mértékének meghatározása, árapályvizsgálatok, a pólusmozgás megfigyelése stb.).
- A Föld nehézségi erőterének kutatása (az abszolút nehézségi gyorsulásmérések világhálózatának kifejlesztése, az erőter időbeli változásának kutatása stb.).
- Az országos földmérési alapponthálózatok továbbfejlesztése, kontinentális és világhálózatok kialakítása, újabban a Holdra és a bolygókra vonatkozóan is.
- A Föld elméleti alakjának (a geoidnak) egyre részletesebb meghatározása helyi és globális viszonylatban, különböző módszerekkel.
- A mesterséges holdak és általában a kozmikus geodéziai, valamint csillagászati módszerek további geodéziai hasznosítása.
- A mérés technika fejlesztése az automatizált eljárások terén. A fotogrammetriai és távérzékelési módszerek továbbfejlesztése és elterjesztése.
- A számítástechnika, valamint az adattárolás és a szolgáltatás, az információs rendszerek gyors fejlesztése.
- Az egyes nemzetgazdasági ágazatok igényeit kielégítő mérnökgeodéziai tevékenységet megalapozó kutatások fejlesztése.

A geodézia tudomány szak területén a hazai felsőoktatás a hároméves főiskolai képzés (a Soproni Egyetem Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar) és az ötéves egyetemi képzés (a BME Építőmérnöki Kar földmérő- és térinformatikai mérnöki szak) keretében megoldott. Ezen kívül biztosított a mérnökök további kétéves szakmérnöki, illetve szaküzemmelmérnöki képzése, továbbá hároméves képzése a BME vonatkozó doktori programja (geodézia és geoinformatika) keretében. Említésre méltó, hogy földmérő szakközépiskolai képzés (150 fő/év) az ország öt szakközépiskolájában folyik.

Magyarországon az MTA keretein belül három kutatóhelyen (MTA GGKI Sopron, a BME-n belül két akadémiai kutatócsoport), a BME Általános- és Felsőgeodézia, valamint a Fotogrammetria és Térinformatika Tanszékén, a Soproni Egyetem Földmérési és Földrendezői Főiskolai Karán és a Földművelési és Vidékfejlesztési Minisztérium (FVM) Földmérési és Távérzékelési Intézetében (FÖMI) is folynak szervezett geodéziai kutatások, illetve biztosítják a megfelelő szakemberképzést. A kutatói utánpótlás biztosítására több lehetőség adott. Az egyetemeken szerezhető tudományos fokozatok mellett ezt a célt is szolgálják a különböző pályázatok és ösztöndíjak. A fő gondot az jelenti, hogy a hazai kutatói pálya jövedelmi és megélhetési problémák miatt nem vonzó a fiatal, tehetséges munkatársak számára.

A geodéziai kutatásokkal foglalkozó szakemberek nemzetközi kapcsolatrendszere igen sokoldalú. Az MTA révén tagjai vagyunk a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Uniónak (IUGG) és ezen belül a Nemzetközi Geodéziai Szövetségnek (IAG), valamint a hazai szakmai-társadalmi szervezetnek köszönhetően a Földmérők Nemzetközi Szövetségének (FIG), a Nemzetközi Fotogrammetriai és Távérzékelési Társaságnak (ISPRS) és a Nemzetközi Bányamérési Társaságnak (ISM) is. Kutatóink aktívan részt vesznek a felsorolt nemzetközi szervezetek munkájában, szerepelnek a nemzetközi rendezvényeken, és Magyarország is több ilyen rendezvénynek volt házigazdája. A magyar kutatók lépést tartanak a nemzetközi fejlődéssel, két- és többoldalú együttműködések útján nemzetközi programok aktív résztvevői. A kutatásokhoz szükséges műszer- és eszközellátottság közelít a nemzetközi elvárásokhoz.

Geofizika

A geofizika tudomány szak a Föld és környezetének anyagi összetételét, szerkezetét, az azokat befolyásoló anyag- és energiaáramlásokat, a fizikai erőtereket és jelenségeket, a Föld dinamikáját, valamint a Föld és más égitestek kölcsönhatását a fizika módszereivel, fizikai mennyiségek mérésével, az értelmezésben a fizika és a földtan eredményeinek, valamint a korszerű számítástechnika módszereinek felhasználásával kutatja.

A geofizikai mérések általában közvetlen mintavétel nélkül az – anyagi összetétellel és fizikai állapottal összefüggő, eltérő fizikai tulajdonságuk alapján –

szolgáltatnak földtudományi ismereteket a Föld belsejéről (akár a teljes földbelsőről, vagy a földköpenyre, a kéregre, az üledékes összletre, vagy esetleg csak a legkülső, néhány méteres rétegsorra vonatkozóan) és a Föld körüli térségről. A geofizika a földtudomány valamennyi területén alkalmazható, és nem nélkülözhető többek között az ásványi nyersanyagok és az energiahordozók kutatásában sem. A kőzetek fizikai tulajdonságait használja fel arra, hogy mélybeli földtani szerkezetekre vagy nyersanyagok telepeinek helyére következtessen felszínen (esetleg mélyfúrásokban) végzett fizikai mérésekből, de foglalkozik a transzportfolyamatok általános leírásával is, legyenek azok akár a magnetoszféra igen gyors, akár a földköpeny rendkívül lassú anyagáramlásai. A geofizikának alapvető szerepe van a környezeti hatásvizsgálatban is, aminek minden nagyobb létesítmény tervezését meg kellene előznie. Nagyon is időszerű példa erre a veszélyes hulladékok tárolásának megnyugtató rendezése vagy a létesítmények földrengés-veszélyeztetettségének felmérése (pl. törökországi földrengések).

A geofizika tudományszakot hagyományosan az általános geofizika és az alkalmazott vagy gyakorlati geofizika részterületekre szokták felosztani. Az *általános geofizika* a Földnek mint égitestnek és környezetének fizikájával foglalkozik. Így többek között idetartozik a Föld fizikai erőterei (elektromágneses és mágneses, nehézségi), hőháztartása és ezek változásai, a Föld anyagi összetétele és belső szerkezete, dinamikája, különösen a földrengések. Vizsgálati körébe tartoznak a Föld körüli térség (így a felső légkör, az ionoszféra és magnetoszféra) jelenségei, valamint az ezeket alapvetően befolyásoló Nap–Föld fizikai kapcsolatok. A társadalom szempontjából kiemelt területekké váltak a veszélyt jelentő földtani-természeti jelenségek előrejelzésével, mechanizmusuk pontosabb megismerésével kapcsolatos kutatások, amelyeket széles interdiszciplinaritás és nemzetközi együttműködés jellemez. Mivel a szilárd Föld és a Föld körüli térség fizikai jelenségeit folyamatosan regisztrálni kell az időbeli változások kimutatása céljából, ezért globális és lokális érzékelő obszervatóriumi hálózatokat működtetnek és folyamatos műholdas megfigyelést alkalmaznak. Ezek által egyre jobban megismerjük a Föld felépítését, szerkezetét, a mért fizikai folyamatokat, ezáltal egyre világosabbá válik e folyamatok kapcsolata életterünk minőségével és kölcsönhatásuk az emberi tevékenységgel.

Az *alkalmazott vagy gyakorlati geofizika* azon kutatási módszerek összessége, amelyeket a földtani térképezésben, az ásványi nyersanyagok és energiahordozók kutatásában, a bányászati tevékenység kutatási, tervezési, termelési és rekultivációs fázisaiban, a környezetvédelemben és más kutatásokban (pl. régészet, felszín alatti objektumok kutatása, agrogeofizika) hasznosítanak. Az alkalmazott geofizikát a mérések helye szerint különböző módszerekre osztják (felszíni, mélyfúrási, föld alatti, légi és távérzékelési, valamint tengeri geofizikai). Ezek

mindegyikén belül a fizika egyes fejezeteinek megfelelően gravitációs, mágneses, elektromos és elektromágneses, szeizmikus és akusztikus, termikus, valamint radiológiai és nukleáris mérési módszerek sokféle változatát alkalmazzák az eredmények szerint egymásra épülően.

Az alkalmazott geofizika helyzete általában az ásványi nyersanyagok és energiahordozók bányászata konjunktúrájának a függvénye. Ebben pedig az elmúlt évtizedben komoly visszaesés volt világszerte. A szilárd nyersanyagok bányászata Európában sok helyen megszűnt vagy minimálisra csökkent. Az olajvállalatok költségeik csökkentésére visszafogták a kutatást, illetve a kutatás költségeinek csökkentése céljából korszerű, nagyfelbontású geofizikai módszereket és műszereket (3D-szeizmika, potenciáterek gradienseinek mérése, mélyfúrási technika új lehetőségei) alkalmaznak. Az alkalmazott geofizika másik perspektivikus része a kis kutatási mélységű (főként geoelektromos, szeizmikus és radar-) módszerek fejlesztése és alkalmazása a mérnök- és környezet-geofizika szerteágazó feladataiban.

A nemzetközi geofizikai kutatás várható egyes főbb irányjai a következők: a tomográfiai és más leképezési eljárások elterjedése; a megbízható és jól karbantartott, széles felhasználói lehetőséget biztosító adatbázisok jelentőségének növekedése; a mérési adatok területi sűrűségének, minőségének növelése, valamint a fizikai erőterek sajátosságait egyre teljesebben megadó újabb mennyiségek mérése; az inverziós eljárások, a numerikus modellezés és szimuláció fejlesztése; kis kutatási mélységű, olcsó, gyors geofizikai módszerek fejlesztése környezet-geofizikai, mérnöki, hidrogeológiai, régészeti stb. céllal; az időben ismételt (monitoring jellegű) mérési feladatok bővülése; a geofizikai jellemzők és a kőzetfizikai paraméterek kapcsolatának egyre teljesebbé váló tisztázása; a katasztrófák (földrengések, geomágneses viharok stb.) előrejelzése; a nemzetközi, interdiszciplináris projektek a Föld mélyszerkezetének kutatására és a Föld körüli térség jelenségeinek vizsgálatára; a Nap földi életre gyakorolt hatásának vizsgálata; űrgeofizikai módszerek fejlesztése; a földtudomány kérdéseinek komplex vizsgálata valamennyi területének együttműködésével; a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos környezeti feladatok és az alternatív energiaforrások kutatása.

A hazai geofizika speciális területei és eredményei nagymértékben összefüggnek a Pannon-medence sok szempontból különleges földtani felépítését vizsgáló geofizikai feladatokkal. Ezek közül a következő témák emelhetők ki:

- A mély litoszféra geofizikai (mélyreflexiók, magnetotellurikus, gravitációs és geotermikus) módszerekkel történő kutatása, szerkezetének, tektonikai kialakulása modelljének megalkotása.
- Az üledékképződés és -felhalmozódás törvényszerűségeinek vizsgálata, modellalkotás (szeizmika, mélyfúrási geofizika).

- Tektonikai orientációjú paleomágneses kutatások.
- A szilárd Föld jelenlegi és múltbeli geodinamikai folyamataival kapcsolatos elméleti, műszerfejlesztési kutatások, obszervatórium működtetése.
- Elektromágneses indukciós kutatások a Föld természetes tere sajátosságainak vizsgálatára, módszer- és műszerfejlesztés földtani szerkezetkutatásra, hazai és külföldi regionális és részletező mérések.
- Az ionoszféra és magnetoszféra jelenségeinek kutatása, obszervatóriumok működtetése (geomágneses pulzációk, zavarok, Schuman-rezonancia, SAS-kísérlet, whistler-analízis, a napszél paraméterei, biológiai hatások).
- A műholdas távérzékelés metodikájának fejlesztése.
- A Pannon-medence geotermikus viszonyainak kutatása.
- A köpenybeli, valamint a porózus rétegekben kialakuló áramlások numerikus modellezése.
- Az alkalmazott geofizika módszereinek, a feldolgozás és értelmezés eljárásainak fejlesztése (mérnök- és környezet-geofizikai módszerfejlesztések, inverziós és leképezési eljárások, szelvény- és térképtranszformációk a közetfizikai sajátságok kiemelésére, geostatisztika geofizikai alkalmazása).
- Geofizikai adatbázisok, alaptérképek létrehozása.

A hazai geofizika kutatási intézményrendszere (a magyarországi társadalmi-gazdasági változásokkal összefüggésben) lényegesen módosult az elmúlt évtizedekben. A Magyar Geológiai Szolgálat (MGSZ) megalakulásával töredékére csökkent az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) 1990 előtti létszáma és költségvetési támogatása. Leálltak az állami finanszírozású országos területi felmérő, térképező kutatások, a műszer- és módszerfejlesztések, és főként csak a korábbi adatok feldolgozása, újraértelmezése, az adatbázisok kiépítése folytatódott. A kutatók többsége elhagyta a szakterületet, mások geofizikai vállalkozásokat alapítottak.

Az MTA intézményrendszerének konszolidációs folyamatában 1998. január 1-jétől létrejött a Földtudományi Kutatóközpont, aminek önálló jogi személyiségű része lett az MTA Geodéziai és Geofizikai Intézete (GGKI). A MOL Rt. átalakulásával csökkent a hazai szénhidrogén-kutatás, viszont felértékelődött a cég külföldön végzett tevékenysége. A feladatok szűkülését jelentette a szén-, bauxit- és uránkutatások megszűnése. Az évtizedes múltú általános geofizikai (földfizikai) témákban lényegesebb törés nélkül folytatódtak a kutatások az ELGI-ben, a GGKI-ben és az egyetemi tanszékeken is, mivel egyrészt elismert eredményeink voltak, másrészt már jól kiépült a nemzetközi kapcsolatrendszer és együttműködés, továbbá hosszabb ideje működő obszervatóriumi-laboratóriumi hálózattal rendelkezünk. Az erősebben piacorientált alkalmazott geofizikában történt a legjelentősebb feladatváltás, ami elsősorban az ELGI-t érintette. Az átmeneti évek után (amikor szinte a működőképesség határán állt az intézet) az ELGI is túljutott a holtponton. Az állami és közszolgálati feladatok kifogástalan ellátása mellett nagyrészt külső

megbízásokkal és támogatásokkal már módszer- és műszerfejlesztéssel, alapkutatással is foglalkoznak, aminek eredményeit az állami feladatokban is hasznosítják. A magyar alkalmazott geofizika tekintélyét bizonyítja, hogy az általános geofizikához hasonlóan a kutatók tevékeny részesei a nemzetközi szakmai-tudományos életnek.

A geofizika kutatóhelyei az MGSZ-en belül az ELGI, az MTA Földtudományi Kutatóközponton belül a GGKI, az ELTE és ME geofizikai tanszékei, valamint az MTA–ELTE Geofizikai és Környezetfizikai Kutatócsoport. Valamennyi küszködik a létszámkorlátozás, a költségvetési támogatás stagnálása, a műszer- és szakirodalom-beszerzés gondjával. Működésükben, eredményeik elérésében fontos szerepet játszanak a hazai és külföldi pályázatokkal elnyert kutatási támogatási formák. Jelentős probléma a terepi adatgyűjtés igen korlátozott lehetősége és a műszerpark elavulása.

Kedvező helyzetben van a geofizika oktatása a hazai felsőoktatásban. Geofizikai képezést nyújtanak az ELTE és a ME geofizikai tanszékein, valamint kiegészítő területként a Soproni Egyetem Földtudományi Intézetében (a GGKI-n belül).

A tanszékek tananyagukban, képzési profiljukban rövid idő alatt alkalmazkodtak az új társadalmi elvárásokhoz (környezet-geofizika, geoinformatika). A szakmai utánpótlás biztosított. A hallgatók egy része ugyan nem a képzettségének teljesen megfelelő helyen kap állást, de másutt is megállják a helyüket. Ismeretanyaguk konvertibilis. Jól működnek a doktori iskolák. Jelentősen növekszik a külföldön doktorálók száma. A tanszékek egyes speciális témakörökben a hazai kutatási hálózat szerves részei.

Geokémia, ásvány- és kőzettan

A geokémia, az ásványtan és a kőzettan az ásványok és a kőzetek tulajdonságival, kialakulásával foglalkozó tudományok vizsgálja a kémiai elemeknek a Föld egészében és egyes szféráiban a földtörténet során kialakult, a jelenben – emberi hatásra is – egyre fokozódó mértékben változó eloszlását, mozgását és ezek törvényszerűségeit.

A geokémia, az ásványtan és a kőzettan mint tudományok, a természet-tudomány tudományterületén belül elsősorban a földtudomány tudományágához tartoznak. Úgy gondoljuk, hogy a jelen fejlődési szakaszban a szakágak bonyolult kölcsönhatásos kapcsolatrendszere nem sematizálható egyszerű hierarchikus rendszerrel, sőt magának a hierarchikus rendszernek a létjogosultsága is megkérdőjelezhető. Az adott szakágak természetesen a földtudomány részei, de – elsősorban módszereiket tekintve – szorosan kapcsolódnak a fizika, a kémia, a biológia és a matematika egyes ágaihoz is, alkalmazási területüket tekintve

pedig újabban jelentősen hozzájárulnak a régészet és a történettudomány eredményeihez is, nem is említve általános tudatformáló hatásait.

A földtudományon belül – tradicionálisan – ezeket a szakágakat a földtan „segédtudományainak” tartották, mint ahogyan korábban maga a földtan is a bányászat segédtudománya volt. Ez a statikus, hierarchikus szemlélet jelenleg inkább visszahúzó hatását. Jóllehet az adott szakágak hozzájárulnak a földtani következtetések levonásához, többek, mint egyszerű segédtudományok: önálló tárgyaik, kutatási módszereik vannak. Mindezen túlmenően módszereiket nemcsak a földtan tárgykörében, hanem a természetes és mesterséges környezet kutatásának más szféráiban is alkalmazzák. Összefoglalóan tehát megállapíthatjuk, hogy a diszciplínák határai elmosódnak, és bonyolult kölcsönhatási rendszerek működnek. Következésképpen a geokémiai, az ásványtani és kőzettani kutatások finanszírozásának helyzete mind külföldön, mind Magyarországon nagyon hasonló ahhoz, amit e munka geológiáról írt részében tárgyalunk, de más jellegű kapcsolatrendszerei miatt annál lényegesen árnyaltabb.

A geokémia, az ásványtan és a kőzetan klasszikus gyakorlati feladatai – a hasznosítható ásványi nyersanyaglelőhelyek megismerését és feltárását elősegítő kutatások mellett – az utóbbi években kibővültek a földi litoszféra egészének megismerését, a litoszféra és a litoszférával érintkező egyéb szférák határain lejátszódó folyamatok megértését, valamint a földtani környezet és az emberi tevékenység kölcsönhatásainak tisztázását célzó kutatási irányokkal. E kihívásokra a tudományszak eddig soha nem tapasztalt léptékű és gyorsaságú módszer- és műszerfejlesztésekkel, a geológiai objektumokat alkotó fázisok (ásványok) atomi szintű vizsgálatával, a vizsgálatok nagyobb mélységek felé történő kiterjesztésével válaszolt (a litoszféra alsó része, asztenoszféra). A geokémiában egyrészt korábban elképzelhetetlen specializáció, másrészt az interdiszciplináris kutatások erősödése jellemző, így a globális problémákra a legmodernebb módszereket alkalmazó interdiszciplináris megoldások születnek.

Hasonlóan a világ fejlettebb részén észlelhető helyzethez, Magyarországon is jelentősen lecsökkent a geokémiai, ásvány- és kőzettani kutatások intézményi és személyi bázisa. A gazdaságtalan bányák felszámolásával, a központi és ágazati földtani kutatóbázisok redukciójával, megszüntetésével, profiltisztításával, az egyetemi és akadémiai szférák szinte állandósult restriktív költségvetési kényszerpályáival jelentős potenciálvesztés következett be, amit a kutatói létszám drasztikus csökkenése, a műszerpark elöregedése, az új, korszerű műszerek hiánya, a könyv- és folyóirat-beszerzések radikális csökkenése is mutat.

E kedvezőtlen – szakmán kívüli hatásokra bekövetkezett – változásokra a hazai geokémia, ásványtan és kőzetan szakmai közössége időben, megfelelő felkészültséggel, gyorsan és hatékonyan reagált. Érzékelhető ez a kutatási irányok változásaiban, az ember és a földtani környezet, valamint a különböző geoszférák kölcsönhatásait kutató irányok erősödésében.

A szakágban folyó tudományos kutatások – jóllehet többségükben a magyar földhöz kapcsolódnak – nemzetközivé váltak. A nemzetközi élvonalba tartozó, nívós kutatás csak a nemzetközi tudományos élet új módszereinek, eredményeinek gyors megismerésével és alkalmazásával, interaktív módon érhető el. Korábban soha nem tapasztalt létszámban tanulnak és dolgoznak kutatóink a világ vezető laboratóriumában. Megnőtt a nemzetközi kooperációk és az e kooperációkban született – és a világ vezető nemzetközi tudományos folyóirataiban közölt – munkák száma. Ezeket a munkákat idézik, felhasználják a világ szinte minden részén, a magyar szakemberek vezető tisztségeket töltenek be a nemzetközi szervezetekben.

Magyarország és szűkebb környezete, a Pannon- vagy Kárpát-medence a fiatal mediterrán hegységképződési övezet sajátos része. A medencefejlődés, a mészkálai és kontinentális bazaltos magmatizmus, a kis hőmérsékletű metamorfózis tanulmányozásának egyik nemzetközileg is számontartott modellterülete. E klasszikusnak nevezhető kutatásokban a speciális magyar helyzettől adódó eredmények a nemzetközi élvonalba tartoznak. Magyarországnak a medencén belüli központi helyzete miatt különösen kiemelt szerepet kapnak a felszíni és föld alatti vízkészletek mennyiségi és minőségi viszonyaival kapcsolatos hidro-geokémiai, környezet-geokémiai, talaj-geokémiai kutatások. Hazánk villamosenergia-ellátásának jelentős részét a Paksi Atomerőmű biztosítja. A radioaktív hulladékok hazai környezetben való biztonságos elhelyezésének számos geokémiai, ásványtani-kőzettani aspektusa van. Új, igen fontos irány az épített környezet természetes és antropogén hatásokra bekövetkezett változások (legtöbbször pusztulási) folyamatainak és legmegfelelőbb konzerválási technikájának tudományos tanulmányozása. Mivel Magyarországon jelentős szerepe van a mezőgazdaságnak, ezért fontos annak kutatása, hogy miként van ellátva környezetünk különböző elemekkel, elsősorban bioesszenciális nyomelemekkel, és miként befolyásolja táplálkozásunk során egészségügyi helyzetünket.

Kutatóhálózatunk helyzetének mérlegelésekor fontos tény, hogy az ipari kutatóintézetek megszűntek, a Magyar Állami Földtani Intézetben az alapkutatói tevékenység gyakorlatilag abbamaradt, viszont az alkalmazott hidro- és környezetföldtani, valamint geokémiai kutatások területén – egyes körzetek aktuális problémáinak megoldása, illetve regionális és országos méretű felmérések, helyzetképek, térképek készítése érdekében – eredményes munka folyik.

Geokémiát, ásványtant és kőzettant művelő tanszékek több egyetemen működnek (ELTE, JATE, KLTE, VE, ME). A tanszékek nagy része hagyományos irányzatokat művel, sokszor igen eredményesen. Sajnos a kis szakokat sújtó normatív finanszírozási rendszer e szakágban is érezteti negatív hatását mind az oktatásban, mind a kutatásban. A Földtudományi Kutatóközponton belül működő Geokémiai

Kutatólaboratóriumnak, amely a szakág egyetlen főhivatású, alapkutatással foglalkozó intézménye, kiemelt szerepe van az alapkutatási irányok meghatározásában, a nemzetközi és a hazai trendek összekapcsolásában.

A PhD-képzés – több esetben külső, például akadémiai intézmények szakembereinek bevonásával – több egyetemen is folyik. Nagymértékben anyagvizsgálatra támaszkodó munkáról lévén szó, itt is rövidnek tűnik a 3 éves képzési időtartam, és általában megoldatlan a posztdoktori szintű fiatal kutatók további alkalmazása. Nem szakágspecifikus, de tény, hogy a tehetséges fiatalok a tartós külföldi munkavállalással, illetve a szakma elhagyásával, amire az alacsony fizetések miatt kerül sor, negatívan befolyásolják az utánpótlás helyzetét.

Az ember természeti környezetének jövőbeni várható alakulása a szakág művelőire egyre nagyobb feladatokat fog róni, amelyek eredményes megoldása csak alapos tudományos felkészültséggel, széles körű nemzetközi tapasztalatok birtokában lehetséges.

Geológia

A geológia a Föld felépítését, folyamatait, történetét, ásványi nyersanyagait és a kőzetöv környezeti állapotát vizsgáló tudományág. Számos más természettudománytól alapvetően megkülönbözteti az, hogy egyszerre regionális és globális tudomány. Regionális tudomány, mert alapvető feladata a hazai földkéreg tanulmányozása, az arról rendelkezésre álló ismeretek bővítése. Ugyanakkor globális tudomány is, mert az egész föld fejlődéstörténetét, jelenlegi állapotát csak a világ minden pontján folyó integrált kutatással lehet megismerni. Másutt vagy akár nálunk felismert globális érvényű törvényszerűségek jól alkalmazhatók a hazai vagy külföldi földtani kutatásokban. Ezen kutatási eredmények természetesen térképek, monográfiák és tudományos publikációk stb. formájában az egész emberiség kincsévé válnak.

Világméretben az egyes országokban folyó geológiai kutatások igen különbözőek nemcsak azért, mert a földön való elhelyezkedés különböző specialitások kialakulásához vezet (pl. medenceanalízis, metamorf egységek vizsgálata, merev, konszolidált vagy igen mozgékony földkéregbeli helyzet), hanem azért is, mert a tudományág fejlettsége különböző az egyes országokban és a finanszírozási viszonyai is mások. Ezen szempontok jelentősen eltérnek például a fizika vagy a kémia problémaköreinek aktualitásaitól.

A fejlett gazdasággal rendelkező országokban a multinacionális – elsősorban szénhidrogén-kutató és -termelő – vállalatok nagy volumenű kutatásokat végeznek, olyan geológiai

alapkérdések tisztázására, amelyek távol állnak a gazdasági vonatkozású kutatásoktól, de valójában befolyásolják, illetve meghatározzák nyersanyag-kutatási stratégiájukat. A hatalmas erőkoncentrációnak köszönhetően elsősorban ezekhez a kutatásokhoz kötődnek a legjelentősebb tudományos eredmények is. Erre jó példa a szeizmosztratigráfia vagy az abból kinőtt szekvenciasztratigráfia, amely napjainkban jelentősen átalakította a rétegtani, de főként a szedimentológiai szemléletet. A geológia legtöbb szakágában az alkalmazott módszereket világviszonylatban integrált formában, illetve globális szemlélettel (lemeztektonika), dinamikus megközelítéssel használják. Így a földtan munkáját segíti a kőzetképződési folyamatokat modellező kísérleti kőzettan, a geokémia és a geofizika is. Az egyes szakágak adathalmazai lehetőséget teremtettek a földtörténeti múlt fontosabb lépcsőfokainak paleogeográfiai, paleoklimatológiai és paleoceanográfiai rekonstrukciójához. Nem szükséges külön hangsúlyozni, hogy milyen nagy jelentőségű a földtörténeti múlt kutatása a jelen megértéséhez és a jövő várható fejlődési irányainak előrejelzéséhez. Külön kiemelendő a modern irányzatok közül a geoinformatika és geomatematika. Az alkalmazott földtudomány (hidrológia, mérnökgeológia, szénhidrogén-földtan, egyéb ásványi nyersanyagok földtana, agrogeológia stb.) sajátos módszertanuk fejlesztése mellett eredményesen hasznosítják a geológia ismeretanyagát a Föld állapotának jellemzésére és az ásványi nyersanyag növekvő mértékű hasznosítása és kitermelése következtében várható veszélyek előrejelzésére.

A magyar helyzetre ugyanúgy a közvetlen költségvetési ráfordítások csökkenése jellemző, mint a világhelyzetre. Azonban mind a relatív, mind az abszolút számok tekintetében lényeges különbség van a fejlett és viszonylag elmaradott országok helyzetében.

Az előbbieken a nagy cégek tudományfinanszírozási tevékenysége igen jelentős, míg az utóbbiakban ez elhanyagolható. A hazai helyzetben mind meghatározóbbá válik az a körülmény, hogy a tudományos kutatásban foglalkoztatottak jövedelme jelentősen elmarad a más, például a gazdasági szférában alkalmazottakétól. Ez negatívan befolyásolja a fiatalság tudományos pálya iránti érdeklődését.

A geológia területén tudományos kutatással hazánkban egyre kevesebb kutató foglalkozik. Mára a tudományos kutatás egyre inkább csak az egyetemi tanterületeken és a támogatott akadémiai kutatócsoportokban folyik.

Az igen nagy létszámleépítésen átesett Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) közvetlen tudományos kutatással foglalkozó témáit szinte kizárólag csak OTKA-támogatással tudja folytatni. Egyes szakemberek véleménye szerint OTKA-támogatás nélkül a földtan területén a tudományos kutatás egyik napról a másikra megszűnne. Természetesen nyilvánvaló, hogy az állami vagy egyéb külső megrendelésekre készített kutatásoknak is vannak tudományos eredményei, de ezeket egyrészt az abban foglalkoztatott szakemberek leterheltsége, másrészt a közvetlen gyakorlati megvalósulás miatt kevésbé publikálják.

A sok negatív tényező ellenére Magyarországon nemzetközi mércével is kiemelkedő eredmények főleg a rétegtan, a szedimentológia, a tektonika, a paleogeográfia és a hidrológia területén születtek és születnek.

A geológiai kutatások magyarországi helyzetét elsősorban az a körülmény határozza meg, hogy hazánk az Alp-Kárpát-Dinári hegységrendszer által közrefogott Kárpát- (vagy Pannon-) medencében helyezkedik el. Ennek a medencének mezozoós és annál idősebb aljzatát származásukat tekintve egymástól idegen kéregdarabok, terrénumok alkotják. A fiatal, nagy vastagságú medencekitöltés következménye, hogy a felszíni és a felszínközeli helyzetben lévő képződmények döntő többsége törmelékes eredetű. Ebből az üledékgyűjtő medencebeli helyzetből fakadóan felszíni és felszínközeli vizeink szennyeződés szempontjából nagyon veszélyeztetettek. A hazai geológiai kutatás jelentős része ezekre a medenceterületekre terjed ki, ezért a törmelékes anyagok vizsgálatában a szedimentológia és a rétegtan igen nagy súllyal jelentkezik a tudományszakon belül. A medencealjzat vizsgálatában a két eltérő származású terrénum paleogeográfiai kapcsolatrendszerre fontos kutatási terület nemzetközi viszonylatban is. A Pelso-egységben meghatározó jelentőségű a Déli- és Északi-Alpokban jól feltárt képződmények megismerése és a hazaiakkal való korrelálása. Ebben a kérdésben alapvető felismerések születtek az elmúlt években, de hasonlóan nagy jelentőségűek azok az eredmények is, amelyek a Tisza-egység kutatásában születtek és az északi paleogeográfiai kapcsolatok nyomozásában fontosak.

Főfoglalkozású geológiai kutatóintézeti munkával az MTA-ELTE Geológiai Tanszéki Kutatócsoportja és a MÁFI foglalkozik. Az előbbiben főleg a mezozoós karbonát szedimentológia, a mezozoós és paleozozoós rétegtan és a paleográfiai rekonstrukció munkái emelhetők ki. A MÁFI-ban az alapkutatási tevékenység jelentősen sérült a leépítés során, de a medenceanalízis, őslénytan, biosztratigráfia, paleoökológia, karbonátszedimentológia és paleomágneses kutatás terén említésre méltó eredmények születtek.

Hat egyetemen folyik geológiai oktatás, de főleg nem geológus végzettségű oktatókkal, ami a szakmai színvonalnak nem feltétlenül kedvez. Geológusképzés csak az ELTE-n, geológusmérnök-képzés pedig csak a Miskolci Egyetemen van. Szerény szakosodási lehetőséget kínál a JATE és a KLTE is. A szakterületen a továbbképzés megoldatlan. Talán a doktori iskola jelent ebben némi segítséget, ez azonban csak igen szűk kör továbbképzésére szolgál.

Összefoglalva megállapítható, hogy a geológia inter- és multidiszciplináris kapcsolataival a hazai tudományterület specifikumait tekintve a tőle elvárható feladatokat megoldotta, és jelenleg is képes még megoldani. Ez a képessége azonban fokozatosan romlik, nemcsak a hazai bányászat nagymérvű visszafejlesztése, a személyi feltételek romlása, de az elégtelen műszerezettség és egyéb infrastrukturális feltételek miatt is. Némi reményt nyújt, hogy társadalmi szinten egyre inkább megértésre talál az a tény, hogy környezetünk megismerése és megóvása földtörténeti ismere-

tek nélkül nem lehetséges, és hogy ez a tudományszak a természettudományos világgép kialakításában alapvető fontosságú.

Meteorológia

A meteorológia a légkör tudománya. Vizsgálja a Föld (újabban a Naprendszer más bolygói és holdjai) légkörének összetételét, felépítését, valamint a légkörben lezajló dinamikus, fizikai és kémiai folyamatokat. A jelenségek megismerésén túlmenően alapvető célja a vizsgált folyamatok matematikai leírása, illetve előrejelzése. Három nagy területe van: a dinamikus meteorológia, a fizikai meteorológia és a levegőkémia. Hosszú időszakaszokra vonatkozó vizsgálatok esetén éghajlattani kutatásokról beszélünk.

A *dinamikus meteorológia* értelemszerűen a légköri mozgásokkal foglalkozik. Ezen a területen az ismeretek szaporodása és az informatika kialakulása lehetővé tette a mozgásokat szimuláló számítógépes modellek fejlődését. Egyre nagyobb tért hódít az időjárás numerikus előrejelzése, ami az időjárás előrejelzésével foglalkozó szinoptikus meteorológia (a dinamikus meteorológia alkalmazása) fejlődését eredményezte. Ezt a fejlődést tovább erősítette az időjárás radarok és műholdak alkalmazása, a megfigyelések pontosabbá tétele, illetve automatizálása. A szinoptikus meteorológiával párhuzamosan a repülések biztonságáért felelős repülésmeteorológia is nagyot fejlődött.

A *fizikai meteorológia* területén egyik legnagyobb eredmény a felhő- és csapadék- képződés mélyebb megismerése, ami lehetővé teszi a felhőkben lejátszódó folyamatok leírását, beleértve az elektromos jelenségeket, illetve ezek rendszeres megfigyelését (villámdetektáló hálózat). A levegőkémia kialakulását jelentősen elősegítette a környezetvédelmi problémák megoldására és megelőzésére irányuló igény. Ma már egyértelmű, hogy a levegő kémiai összetétele az éghajlat alakításának egyik fontos tényezője. Ebből a szempontból főleg a globális felmelegedéssel és a légköri ózonnal kapcsolatos kutatások jelentősek.

Az éghajlat globális megváltozásának kockázata teljesen átalakította a korábban leíró jellegű *éghajlattant*. A változások előrejelzése bonyolult klímamodellekkel folyik. A kutatók rájöttek, hogy a légkör, és különösen az éghajlatot befolyásoló légkör–óceán–szárazföld–krioszféra–bioszféra komplex rendszerében az összefüggések nem lineárisak, és számos visszacsatolási folyamat figyelhető meg. Az éghajlati kutatások alkalmazása alapvetően fontos a mezőgazdaság (agrometeorológia) és a vízgazdálkodás (hidrometeorológia) szempontjából.

A magyar szakemberek alapvető célja egyrészt a nemzetközi eredmények alkalmazása, másrészt korszerű kutatások végzése bizonyos területeken. A hazai mete-

orológia fontos eredménye a néhány napos előrejelzések látványos fejlődése, így ma már a gyakorlati igényeket kielégítő pontosságú előrejelzések készülnek. Egyúttal megtörtént a hazai megfigyelési rendszer automatizálása, ami továbbra is biztosítja részvételünket a nemzetközi hálózatokban. Az utóbbi években lényeges előrelépés történt a légszennyeződésmérések korszerűsítésében is.

A magyar kutatási helyzet meglehetősen egyedi. Magyarországon nincs légkörrel foglalkozó kutatóintézet. Ugyanakkor az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) alapvető feladata a megfigyelések végzése és a szolgáltatások ellátása. Ennek ellenére az OMSZ keretében fontos kutatások folynak a globális klímaváltozások hazai sajátosságairól, különös tekintettel a magyar mezőgazdaság és vízgazdálkodás várható alakulására. Fontos terület továbbá a műhold-meteorológia, amely a műholdas információk felhasználását elősegítő kutatásokkal foglalkozik. Kiemelhető még a különböző léptékű légszennyeződési folyamatok vizsgálata, amelyek megalapozzák a levegőtisztaság védelmét és segítenek az Európai Unióhoz való csatlakozás előkészítésében. Az OMSZ-ban folyó munkához kapcsolódóan eredményes kutatások folynak a magyar felsőoktatási intézményekben, például az agrometeorológia területén.

A hazai légkörkutatás fontos részét képezik a *levegőkémiai kutatások*, amelyek részben az OMSZ-ban, részben az MTA–Veszprémi Egyetem (VE) Levegőkémiai Kutatócsoportjában folynak. (Ez az országban az egyetlen főfoglalkozású akadémiai kutatócsoport.) Nemzetközileg elismert eredmények születtek a savas esők, a nyomanyag-körforgalom, az üveghatású gázok és nem utolsósorban a légköri aeroszol kutatásában.

Meteorológus diploma Magyarországon csupán az ELTE-n szerezhető. Az oktatás alapvető célja az OMSZ szakember-utánpótlásának biztosítása. Meteorológiát (légkörtant), éghajlattant, agrometeorológiát és levegőkémiát azonban számos egyetemen és főiskolán oktatnak, például leendő földrajztanároknak, agrármérnököknek és környezeti szakembereknek. Az oktatás több egyetemen doktori programokkal egészül ki. Nem kielégítő azonban a meteorológia – és általában a földtudományok – középiskolai oktatása. Célszerű lenne a műszaki egyetemeken is kiszélesíteni a légkörrel kapcsolatos oktatást.

A napos, illetve néhány napos előrejelzések iránti, különböző területeken felmerülő igényeket a magyar meteorológusok világszínvonalon kielégítik. További kutatásokat, illetve fejlesztéseket igényel a nagyon rövid távú, kisméretű (pl. instabilitási vonalak, zivatarok), a hagyományos eszközökkel gyakran meg sem figyelhető veszélyes időjárási képződmények felderítése és megbízható előrejelzése („now-casting”). A másik nagy kihívás az előrejelzések időtávjának meghosszabbítása néhány hétre vagy hónapra. Ezen a téren még az is nagy kérdés, hogy a légkör komplex voltából következően az időjárás ilyen léptékben egyáltalán jelezhető-e előre? Módszereket kell arra is kidolgozni, hogy minden előrejelzés teljességének valószínűsége megbízhatóan megadható legyen.

A hazai légkörkutatás fontos szerepet játszik a környezeti intézkedések tudományos megalapozásában is. Vonatkozik ez a hazai feladatok, de a globális problémák megoldására is. A magyar eredmények hozzájárulnak a nemzetközi egyezmények megítéléséhez szükséges hazai álláspont kialakításához, az egyezményekből fakadó feladatok megoldásához. A hazai megfigyelések (pl. a talajközeli és magaslévköri ózon, az ózon mennyiségéből következő veszélyes ultraibolya-sugárzás rendszeres mérése) eredményei fontos szerepet játszanak a lakosság tájékoztatásában is. A savas ülepedés, a mérgező fémek koncentrációjának nyomon követése hozzájárulhat a hazai kibocsátások környezeti hatásainak megítéléséhez.

A hagyományos agrometeorológiai kutatások számos szempontból segítették a hazai mezőgazdasági termelést. Így a növény–víz kapcsolatrendszer időjárási és éghajlati függőségének kimunkálása fontos gyakorlati eredményekre vezetett. Külön kiemelhető az őszi búza, burgonya, cukorrépa növekedése és az időjárás kapcsolatának feltárása.

Örvendetes, hogy a hazai közvélemény és ifjúság körében egyre növekszik az érdeklődés a meteorológia tudománya, eredményei iránt. Ez utóbbit jelzi a meteorológus-képzés, illetve a különböző egyetemeken folyó meteorológiai oktatás iránti fokozódó érdeklődés.

A meteorológia a fizika és kémia módszereit alkalmazza a légkör megismerésére. Az utóbbi időben egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a bioszféra és a légkör kölcsönhatásai milyen fontos szerepet játszanak a környezet alakításában. Ily módon a légkörtudomány a biológiához, ökológiához is egyre jobban közeledik. Az is kézenfekvő, hogy az óceánok mozgásai (gondoljunk pl. az El Niño jelenségre) milyen meghatározóak lehetnek az időjárás, az éghajlat alakításában. Ezen kívül a meteorológia hagyományosan kapcsolódik a földrajzhoz, hidrológiához, geokémiához, és fontos alkalmazási területe a mezőgazdasági termelés és az időjárás (éghajlat) kapcsolatának feltárása.

A tudományok klasszikus felosztását tekintve a meteorológia a földtudományokon belül hagyományosan interdiszciplináris tudományág. Ugyanakkor része az ember és környezete kapcsolatát kutató, egyre jobban elfogadott új kutatási ágnak, a környezettudománynak.

Paleontológia

A paleontológia a bioszféra múltjának tudománya. Multidiszciplináris tudomány, mert a földtörténeti múlt ökoszisztémáinak, így környezeti tényezőinek rekonstrukciójával és fejlődéstörténetével foglalkozik, amit az ősmarad-

ványok vizsgálatával és a mai élővilág ismeretének segítségével old meg. Szoros kapcsolatban áll az eredményeit leginkább felhasználó geológiával, elméleti szempontból pedig szoros kapcsolat fűzi a biológiához. A nagy hazai hagyományokkal és nemzetközi elismertséggel rendelkező magyar őslénytannal egyszerre szolgáltat nélkülözhetetlen adatokat az élet globális történetének megértéséhez és a magyar föld múltbeli élővilágának megismeréséhez, ami csak Magyarországon folytatható kutatásokkal valósítható meg.

Világviszonylatban is fontos kutatási téma a földtörténeti múltban végbement változások elemzése, ami alapot ad a mai élővilág és környezet céltudatos védelméhez. A földtörténeti múltban végbement krízisek tanulmányozásának eredményei jelentősek lehetnek a jelenlegi környezeti problémák megoldásában. Az emberiséget régóta foglalkoztatja a földön kívüli élőlények léte. Az erre vonatkozó első adatokat a meteoritok szerves anyagának tanulmányozása szolgáltatta. Az extraterresztrikus palinológia-biokémia az űrkutatások előrehaladásával világszerte az érdeklődés előterébe került. Modern, újszerű kutatási irány a kihalt állati maradványok genetikai információs rendszereinek tanulmányozása (pl. klónozási kísérlet fagyott mamut sejtjével).

A Kárpát-medence élővilága a földtörténeti múltban is igen különleges sajátosságokkal rendelkezett, így igen jelentős hazai kutatási terület az észak-afrikai és kelet-ázsiai élővilág összehasonlító tanulmányozása. Az élővilág fejlődéstörténetének ismeretéhez jelentősen hozzájárultak a hazai mezozoikum és harmadidőszaki növény- és állatvilág tanulmányozásának eredményei. A modern szemlélettel és új módszerekkel, gerinctelen és gerinces állati és növényi maradványokon végzett vizsgálatok nemzetközi szintűek. Ezt igazolják a rudabányai majomleletek és a szerves növényi maradványokon végzett infrastruktúra-kutatások is. Ennek ellenére a hazai paleontológiában nagy probléma a műszerezettség hiánya, illetve korszerűtlen volta.

A tudományozás egyik fő feladata azon paleontológiai leletek védelme, gyűjtése, konzerválása, tudományos feldolgozása és múzeumi kiállítása, amelyek nemzeti természeti kincsünk részei. Fontos, hogy megfelelő bemutatással széles körű ismeretbővítést végezzen és megpróbálja megakadályozni a leletek illetéktelenül külföldre juttatását.

A tudományos és felsőoktatási utánpótlás helyzete, a kontraszelekciós jelenségek, a hazai tudományos kutatást ért megszorítások a paleontológiát ugyanúgy érintik, mint a földtudomány más szakágait.

Összefoglalás

A földtudomány napjainkban nemcsak jelentős átalakuláson megy át, de igen dinamikusan fejlődik világszerte. Így szakágai, módszerei és kapcsolatrendszere a leginkább interdiszciplináris tudományág rangjára emelik. A földtudománynak fontos integráló szerepe van nemcsak a társadalomtudományi és az élő és élettelen természettudományi területek között, hanem egyben a fizika, kémia és biológia módszereinek alkalmazása révén az egész Föld és emberiség történetének, jelenének és várható fejlődési irányainak kutatásában is. Más tudományágakkal való kapcsolatai közül példaként még megemlíthjük az agrártudományokat (klimatikus tényezők, talaj mint kőzet kialakulása, ásványtana és geokémiája), az orvosi tudományokat (életminőség, endemikus betegségek, a légkör, víz és talaj szennyezettségének hatásai stb.), a műszaki tudományokat (létesítmények tervezési munkálataiban való részvétel, természeti katasztrófák előfordulási és hatásmechanizmusának becslése, illetve modellezése, gépészet és műszertechnika stb.), a történelemtudományt (népességek mozgásának természeti jelenségekkel való összefüggése, módszertani kérdésekben való együttműködés, népvándorlások nyomon követése az eszközök származási helyének felderítésével, bányászati tevékenység összefüggése a gazdaságok kialakulásával stb.).

A földtudomány feladata a magyar földnek és a hazai környezet állapotának felmérése, értékelése, a tendenciák kimutatása és az eredmények közzététele. A hazai földet mások nem fogják helyettünk vizsgálni. A földtudomány tudományszakai és szakágai, amelyek természetesen elsősorban a hazai viszonyok kutatását végzik, nem művelhetők csak az országhatáron belül, mert azokra nagyobb területek jellemzői is hatással vannak. Ezért a földtani-földrajzi környezet kutatásához, a vízügyi és meteorológiai viszonyok értelmezéséhez és előrejelzéséhez, a környezeti problémák megoldásához, a hasznosítható ásványi nyersanyagok gazdasági értékének elemzéséhez országhatárainkon túli kitekintés szükséges. A földtudomány nélkülözhetetlen a kormányzati döntésekhez szükséges alapinformációk megalkotásához is. Ilyenek például többek között az energiatermeléssel, nyersanyag-ellátottsággal, időjárási hatásokkal, vízügyi döntésekkel, természeti veszélyforrások elleni védelemmel, az életminőség javításával és a környezetvédelmi kérdésekkel kapcsolatos döntések is. Fontos tevékenységet fejtenek ki az egyes tudományszakok a természeti adottságaink védelme, turisztikai célú hasznosítása, műemlékvédelmi, illetve -helyreállítási munkálatok terén is, amelyek jelentős hatással vannak az ország gazdasági teljesítőképességére. A társadalomföldrajzi kutatások jelentősek a települések és a népesség szerkezeti, elhelyezkedési, várható fejlődési irányzatai törvényszerűségeinek kimutatásában is.

A földtudományt számos hazai és külföldi kutatóintézetben, egyetemen egyre jobban összekapcsolják a környezettudománnyal. Terjed a föld- és környezettudomány megnevezés (Earth and Environmental Sciences). Másrészt, mivel a Föld bolygó globális változásai nem vizsgálhatók a Naprendszer kialakulásának és fejlődésének ismerete nélkül, ezért a földtudományt a bolygók kutatásával kötik össze (Earth and Planetary Sciences). Egyes tudományszakait erősen orientálja az ásványi nyersanyagszférában végbemenő globalizáció.

A földtudomány felsőfokú oktatása sok hazai egyetemen és főiskolán, számos szakon és szakhoz kapcsolódóan folyik, oktatási lehetőségei lényegében kielégítőek. A földtudományi közismereti anyagot az általános iskolákban és a középiskolákban általában a földrajz tantárgy keretében oktatják. Célszerű lenne a földtudományi oktatás fejlesztése a középfokú oktatásban vagy önállóan, vagy a földrajzon túlmenően a kémia és biológia tantárgyakon belül. Fontos feladat a földtudományi anyagismeret oktatásának javítása.

STRATÉGIAI KUTATÁSOK A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁN MŰHELYFÜZETEK

II. A DISZCIPLÍNÁK MŰVELÉSE

Matematika (*Császár Ákos*)

Orvostudomány (*Vizi E. Szilveszter*)

Biológia (*Friedrich Péter*)

Fizika (*Horváth Zalán–Nagy Károly–Tompa Kálmán*)

Kémia (*Görög Sándor*)

Gazdaságtudományok (*Szentes Tamás–Zalai Ernő*)

Nyelvtudomány (*Kiefer Ferenc*)

Állam- és jogtudomány, politológia (*Kulcsár Kálmán*)

Művészetek (*Poszler György*)

Történettudomány (*Glatz Ferenc*)

Filozófia (*Vajda Mihály*)

Agrártudomány (*Dohy János–Heszky László–Tomcsányi Pál*)

Szociológia és demográfia (*Cseh-Szombathy László*)

Földtudomány (*Pantó György–Ádám József–Mészáros Ernő*)

Műszaki tudományok (*Somlyódy László–Bokor József–*

Finta József–Gyulai József–Nyíri András)

Informatika (*Vámos Tibor*)

1996 májusában az MTA javaslatára átfogó tudománypolitikai reform kidolgozása indult meg Magyarországon. A Tudománypolitikai Kollégium május 22-én állást foglalt egy hosszú távú terv és egy cselekvési program kidolgozásáról. A Tudománypolitikai Kollégiumnak az Akadémia elnöke az érintett tárccákkal egyeztetve november 13-án előterjesztette a rövid távú cselekvési programot, amely többek között tartalmazta a magyarországi állami fenntartású kutatóbázis áttekintését és konszolidálását (többek között az akadémiai és a tárccák kezelésében lévő kutatóintézetek áttekintését és későbbi időpontban diszciplínaként, a tanszéki kutatóbázis átvilágítását). Tartalmazta a program a finanszírozási rendszer felülvizsgálatát, s ennek részeként a költségvetési ráfordítás hanyatlásának megállítását. Emellett szólt a program a fiatal kutatók helyzetének megvizsgálásáról, a kutatói és egyetemi bérrendszer reformjáról, tudomány és társadalom viszonyának felülvizsgálatáról és általában a magyar tudomány és kutatásszervezet nemzetközi beágyazottságának elősegítéséről.

1996 decemberében állást foglalt az országgyűlés a tudomány kiemelt költségvetési támogatásáról, és megbízta a Magyar Tudományos Akadémiát azzal, hogy tízéves távlatban, folyamatos munkával vizsgálja felül a magyarországi tudomány helyzetét, és fogalmazzon meg javaslatokat a tennivalókra.

Az MTA közgyűlése 1997 decemberében állást foglalt három tudománypolitikai program megindítása érdekében:

1. Készüljön el egy helyzetértékelés és annak vitája.
2. Kerüljön sor a Magyarországon művelt tudományágak helyzetértékeléseire (diszciplínaviták).
3. Készüljön el a magyarországi kutatóbázis katasztere.

1998 tavaszára elkészült a helyzetértékelés és a piacgazdaság viszonyai között mozgó tudománypolitika alapelveinek tisztázó vitairata. (*Tudománypolitika az ezredforduló Magyarorszáján*. Budapest, 1998.) És megindultak a tudománypolitika kérdéseiről a viták (ezek eredményeiként 2002-ben jelenik meg a *Tudománypolitika és kutatásszervezet Magyarországon* című kötet). 2000-ben pedig elkészült a magyarországi kutatóbázis katasztere (*Magyarországi kutatóhelyek*. Budapest, 2001).

1999-ben és 2000-ben lefolytatták a diszciplínavitákat. E viták eredményeként készültek el az elmúlt esztendőben az egyes diszciplínákat értékelő tanulmányok, amelyeket a jelen füzet sorozatban adunk közre.

Glatz Ferenc