

Szintézis: gondolatok a környezettudománynak a matematika, a fizika, és az informatika nézőpontjából történő áttekintéséhez

Bérczi Szaniszló

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Fizika Intézet
Budapest, Magyarország
bercziszani@caesar.elte.hu

Kulcsszavak: Szintézis, környezettudomány, matematika, fizika

Kivonat— A természettudományos képzés irányultsága analitikus. Az analitikus tárgyalás egyre mélyebbre és egy-egy tudományterületen a részletek irányába. Ezt a megszokott fejlesztési irányt visszaigazolja az a hatalmas siker, amit az ipari termelés új műszaki alkotásai és rendszerei hoztak létre. Az életben azonban körvonalazódott már egy másik követelmény is. Ez a részismeretek összeépítését helyezi előtérbe. A műszaki alkotások rendszerbe állítása mellett ilyen integráló követelménnyel jelentkezik a környezettudomány is. Ez az új világlátás az egész Földtest működését, az ipari és a természeti rendszerek együttlátását, szintetizálását követeli meg. Egy ilyen irányba építkező szintézistárgyat elemzünk előadásunkban, melyet a szerző a Környezettudományi szakon tart az Eötvös Egyetemen.

Abstract— Education of natural sciences is analytically oriented. Digging deep in the details it forgets to synthesise, however, modern life requests the integration of partial knowledge. Our MSc synthesis course in environmental science is focusing on this modern request. The course begins to study the basic phenomena in nature but on the fundamentals of common principles. One of them is the description of the environmental changes by the stages (by the phases) of the processes. This formulation unifies the methods of various disciplines by its simplicity. Similarly there is a common principle of decomposition and rebuilding. This principle focuses on the analysis of systems. The principle of decomposition and rebuilding applies the counterpart processes of destruction and building up in engineering and natural systems, too. Our new approach produces structural hierarchy, joint description of processes running parallel, woven processes of technologies and environmental streams.

1 BEVEZETÉS

Bevezetésként a tantárgy a természet alapjelenségeit tárgyalja. Ehhez közös szemléletet alakít ki azáltal, hogy új rendező elveket fogalmaz meg. Egyik fontos alapelv a folyamatok leírására: a változást fázisaival leíró elv. Állóképek sorozatával ír le egy folyamatot. Egyszerűségénél fogva összehasonlíthatóvá teszi számos tudományági folyamat leírási módszerét. Hasonlóan általános szerepű a szétszedem-összerakom elv, ami a rendszerek elemzését, rendszervizsgálatát teszi lehetővé. A

szétszedem-összerakom elv a fölépítés és lebontás ellentétes folyamatait alkalmazza műszaki rendszerekre és természeti rendszerekre egyaránt.

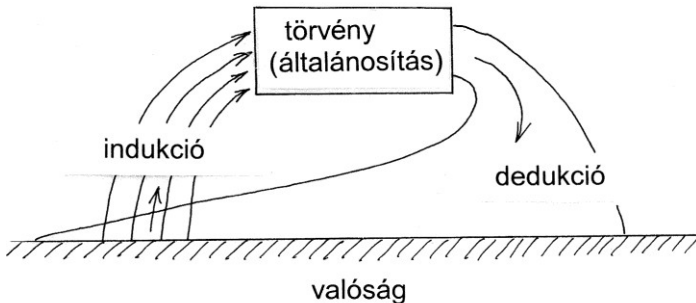
Az új szemléletű tantárgy lényeges kiindulása az, hogy a használt fogalmak fejlődnek. Az oktatásban megtanultak során ez nem kap hangsúlyt a diákoknál (csak a tanároknál). Ezért amíg a fejlődés „meglátszik” a használt tárgyakon, addig láthatatlan marad a használt fogalmakon. Miért? Mert a gondolkodásunk a beszédhez és annak fogalmaihoz kötött. Ismereteink kezdetben már **élettevékenységek** velejárójaként halmozódtak föl. A bennünket körülvevő **jelenségek** egy élményekből és tapasztalatokból huzalozott ismeretháttérrel feszítettek ki bennünk. Gyakori élethelyzetek, jelenségek **gondolattársítási** (asszociációs) **csomópontokat** képeztek, és a kudarcok is mélyen bevésődtek emlékezetünkbe. Az ismereteknek egy kisebb része az, ami a használati tárgyokban is testet öltött (kés, kalapács, fogó, stb).

Ismét egy hasznos segédeszköz annak tudatosítása, hogy ismeretünk rendszert alkotnak. Ez az ismeretrendszer sok szálon egyéni, de vannak közös részei. Az élet legáltalánosabb közös területein az ismeretháttér közös, de minél inkább egy-egy részterület felé haladunk, az ismeretháttér megváltoznak. A közös rész mindig nyelvünk használatából körvonalazódik. A már tudott nyelvi ismeretkészletből (ismeretháttérből) mindig kiemelhetők **fogalmak**. Ezeket módosítva mindig i újra fogalmaztuk a jelenségháttérrel. Ezzel fölfedezhetjük, hogy mindig zajlik bennünk egy lépcsőzetesen fölfelé ívelő absztrakciós folyamat. Az értelmezett **élethelyzetek** segítettek abban, hogy a **jelenségeket egyre gazdagabban szervezetnek** lássuk. Ezzel az összetetté váló látással újabb, most már **magasabban szervezett fogalmakat** vonhattunk ki a jelenségekből.

Ismeretrendszerünk tehát az ilyen **absztrakciós lépcsőkkel**, különféle irányokban, különböző mélységegik szervezett. Számos területen az ismeretek gondolkodási rendszerré álltak össze. Legősibb ilyen rendszerek a napi élet, a táj, a cselekedetek, az élet anyagai és folyamatai, valamint sok más hasonló „testközeli” életdarab területén jött létre.

2 A LEGŐSIBB RENDEZŐ ELVEK A GONDOLKODÁSHOZ, TEHÁT A NYELVHEZ KÖTÖTTEK

A természettudományos módszer – ma úgy tanítják – a görög filozófiai gondolkodás korában alakult ki. Ez az indukciós és a dedukciós módszer. A tapasztalatok összekapcsolása nyomán törvényi szintre emelkedő fölismerésnek egy alapsémáját bemutatjuk Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete c. könyve nyomán (a szerző ott hivatkozik Francis Bacon-re, 1. ábra). Az ábrán látható, hogy „A törvény a jelenségeknek nagyobb körét fogja át, mint az alapul szolgáló egyedi esetek.” (indukció). De a fölismerésben (összehasonlítás, közös rész találása nyomán) „Utunk nem egy szinten vezet: először emelkedik, fölfelé, a törvényekig, majd lefelé tart, a kísérletekhez.” (levezet, dedukció)



1. ábra.

A természettudományos módszer kötődése a valósághoz kettős természetű. A kifejlesztett fogalmak mintegy szűrőt képeznek a jelenségek „látásához”. Az eredményt, amihez logikai lépésekkel jutottunk, a ma már értelmezésnek nevezett művelet viszi vissza a jelenségvilágba. A folyamatban modellek formálódnak, fogalmakkal, folyamatokkal.

3 ISMERETHÁTTÉR A KÖRNYEZETTUDOMÁNYHOZ

- A mai környezettudomány egyik oldala a természet hatalmas rendszere. Ebben az élővilág képe, mint **ökológiai rendszer jelenik meg**. Amikor **szintézis szemléletű** világképünkhöz rendező elveket keresünk, ebben az élővilágnak is helyet kell kapnia. Korunk nagy kihívása a **környezettan**, amely a **szintézislátás** segítségével hozza létre a tájékozottságot a környezet és a társadalom megóvásának érdekében. Ez egyrészt természetes, mert **összetett rendszerekben** élünk, (ilyeneket kezelünk, mozgatunk, tervezünk, ilyenek részesei vagyunk). Másrészt világosan kettéválik a környezettani **szintézisnek** a két oldala: a **természeti** áramlások és **ipari** technológiák oldala. Ennek a két oldalnak az összhangja kiemelkedő szerepű. Ezért lényegbevágó **az összehangoltság ismerete**. *Ennek megalapozásához gazdag ismeretháttérre van szükségünk.*

Cél: gazdagon szervezett **ismeretháttér**. **Megfigyeléseinket** ismeretháttérre vetítjük.

Ehhez szükséges:

A **folyamatok fölismerése**, leírása

A folyamatok **szétszedése**, majd **összeillesztése**

A folyamatok **nagyítása** és **kicsinyítése**

A folyamatok összekapcsolása és egybelátása (például „megszövése”)

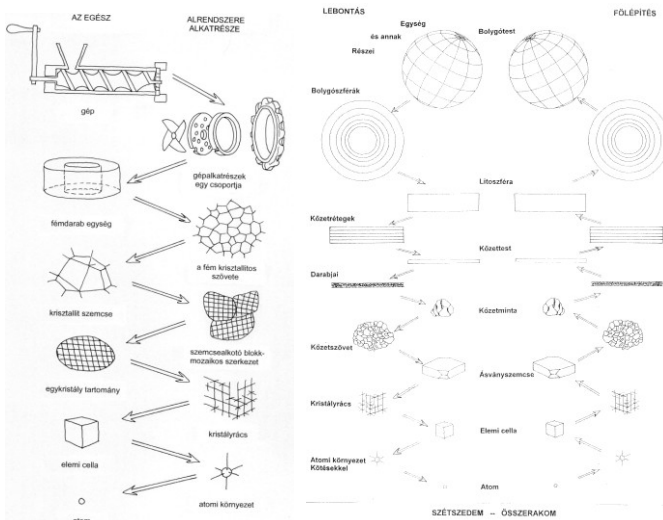
A körülöttünk zajló összetett folyamatok fentiekben bemutatott tagolt kezelése

Gazdagon szervezett ismeretháttér fontos összetevője a szintézislátásnak.

Ma mindannyian, folyamatosan a szintézislátás tanulási folyamatában veszünk részt.

A már jelzett **folyamatleírás**, a szerkezeti (működési) **hierarchia** és a **fejlődési-fejlesztési lépések** ismerete: mindhárom rendező elv nélkülözhetetlen a szintézislátáshoz. A **folyamatleírásoknak** számos formája van (gyűjtsön mindenki 25-öt, néhány kezdő lépés: menetrend, recept, képregény, kotta a zenemű előadásához, stb.), egész életünk ezek között zajlik, érdemes egyszer csoportosítani őket. A **hierarchia** felülről nézve **tartalmazás**, alulról nézve **épülési rétegsor**. Mindkettőben az egymásba-ágyazottság fontos jellemző. Például az anyagokban a szerves építkezés egymásra következő szintjeit jelenti (elem és épülete, **ismétlődő lépcsősor**) (2. ábra). Atomokból kristályrács, kristályrácsból kristály, majd közetstövet s végül a kőzet maga épül föl – **alulról indulva**. A sorozatot felülről kezdve, a szétszedéssel együtt, megismerhető belső szerkezeti sorozat is. Az egymás alatt/fölött látható szerkezetek egy **egymásba-ágyazási sort alkotnak**. Ezt a **szétszedem-összerakom** sort **hierarchia-szintekre** bontásnak is nevezhetjük (első közelítés).

4 A SZÉTSZEDEM-ÖSSZEILLESZTEM ELV



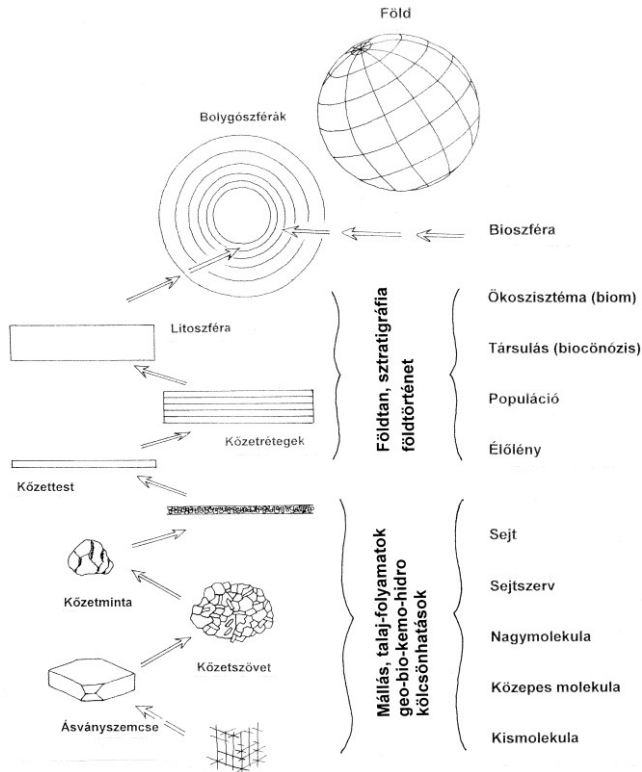
A B

2. ábra.

Bal ábra: A fémek szétszedése a szerkezeti szintek alapján (A). Egy bolygótest szilárd anyagának szétszedése a litoszférán át a mikrovilágig (B, jobb oldali kettős oszlop). A jobb oldali ábra bemutatja a szétszedési és az összeépülési irányt is. Természetesen elágazások, és másféle szempontú (pl. más geoszférákkal induló) szétszedések és szintekre bontások is lehetségesek.

A szétszedési tagolás elvégezhető különféle tudományágakban. Ezek párhuzamos szálakat alkothatnak, például a Föld bolygó esetén a biológiai és a geológiai-fizikai szál együttese egyenesen szükségzerű a talajok, a föld felszíni folyamatok összetett értelmezésénél. A szintézislátáshoz tehát az egyik első lépés a szerkezeti hierarchiával szétszedett alrendszerek összekapcsolása.

Ez lehet egy mérettartományi sávban a szálak párhuzamos „egyesítése” egy-egy feladat kapcsán. Például a talajelemzések körére 3. ábránk mutat be egy társított geológiai és biológiai szerkezeti hierarchiát a talajban zajló folyamatok háttér-leírása.



3. ábra.

A geológiai szerkezeti hierarchia szintekre bontási sorozatának és a biológiai hierarchia sor szintekre bontott sorozatának az összekapcsolása a talajban zajló folyamatok áttekintése céljából. Egy harmadik hierarchia sorozatot is érdemes e rendszerhez kapcsolni, ez a kémia szerkezeti hierarchia sorozata.

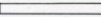
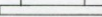
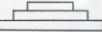
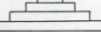
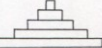


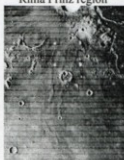




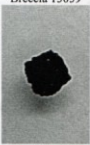
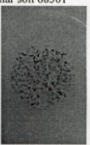
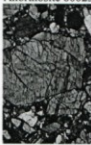




Egy másik alkalmazást mutat be táblázatos 4. ábránk. Itt az időbeli folyamatok (a mátrix sorai) mellé rendel olyan eseményeket, melyek a különböző hierarchiaszinteken zajlottak le, a Holdon. Részletesebben:

Legfőbb szint: rétegtani események, a hold rétegtani emeleteinek egymásra épülése

Következő szint e felszíni rétegek megmutatkozás a Lunar Orbiter felvételeken.

Közetminták szintje lejjebb szint: holdi közetminták a NASA holdközvet oktatási készlethez tartozó korongból (Apolló űrhajósok gyűjtötték)

Alsó szint: közetszövetek vékonycsiszolaton: ásványok szintjéig nyúló szerkezeti elemzés.

PERIOD	Cratered lunar crust	Basin forming impact	Lava fill of the impact basin	Older crater without rays	Younger crater with rays
Stratigraphy	Pre-Nectarian	Nectarian	Imbrian	Eratosthenian	Copernican
Layer code					
Planetary surface, layer morphology on Lunar Orbiter images	 Lunar Orbiter4 180M d	 Telescopic photograph	 Lunar Orbiter4 151 H1	 Lunar Orbiter4 114 H2	 Lunar Orbiter4 121 H2
Hand specimen or NASA SET disc sample	 Disc No. 112		 Disc No. 112	 Disc No. 112	 NASA SET NO. 4, 68501
Example for such type rock texture in thin sections of the NASA SET					

4. ábra.

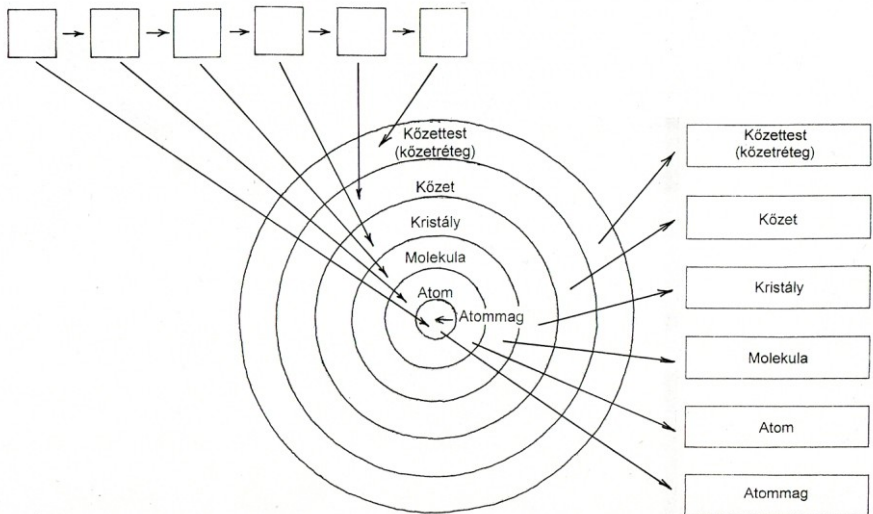
A szerkezeti hierarchia szerkezetnek és az időbeli folyamatoknak az együttes leírása. A diagram sorait események alkotják, oszlopait pedig a szerkezeti hierarchiában egy időponthoz tartozó szerkezeti szintek. A mátrix sorai különböző hierarchiaszinteket képviselnek. Ezeken a szinteken zajlottak le a különféle, már megismert

szerkezetformáló események a Holdon. Például a legfelső sor mellé rendelt események a különböző nagy rétegtani egységeket hozták létre.

Előnye ennek a rendszerbe foglalásnak az, hogy folytatható és mérések, ipari folyamatok, az anyagokról gyűjtött ismeretek is kapcsolhatók az egyes szintekhez. Például a kristályosodási folyamatokat leíró számos anyagterkép: T-c diagram, TTT diagram, ásványkiválási sor diagram, stb.

A SZERKEZETI HIERARCHIA ALKALMAZÁSA

Gyakori lehetőség az is, hogy az eseménysor leírása és a szerkezeti hierarchia valamilyen formában összekapcsolható. Elvileg ezt Steno két földtani axiómájának egyesített ábrázolásával láthatjuk be (5. ábra). Az első axiómának a változás fázisaival elv alapján az egymásra rétegződő rétegsorral adhatjuk meg az eseményleírását. A rétegsorral ábrázolt települési törvényt az 5. ábrán balra fent láthatjuk. Az egymásba-ágyazottságnak réteges formában és héjjas formában történő ábrázolása Steno „zárbányok bezárása” törvényéhez kapcsolódik. Ezt az egymásba ágyazott körökkel szemléltettük. Ugyanezt a sorozatot azonban a rétegesen, létraszerűen egymás alá helyezett hierarchiaszintekkel is ábrázolhatjuk. Láthatjuk az 5. ábra alapján, hogy a szerkezeti hierarchia fölépüléséhez időbeli rendezettség is tartozik.



5. ábra,

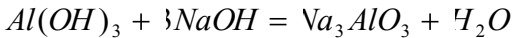
Az eseménysor rétegsorral (balra fent) és egymásba-ágyazottság réteges formában történő ábrázolása. A fölépüléshez időbeli rendezettség is tartozik. Az eseménysorhoz

*tartozó Steno axióma a **Települési törvény**: fluid közegben lerakódó anyagi rendszerben a legfelső réteg mindig a legfiatalabb és alatta rendre idősebb rétegek sorakoznak. A szerkezeti hierarchiához tartozó Steno axióma a **Zárványok bezárási törvénye**. A kőzetbe bezárt zárvány egykorú, vagy idősebb, mint a bezáró kőzet.*

Az eseménysornak és a szerkezeti szinteken történő leírásnak a „párhuzamosítása” fontos szereppel bírhat az ipari folyamatok áttekintésénél is. Tekintsük át nagy lépésekben például a timföldgyártás, majd az alumíniumgyártás folyamatát egészen az alumínium öntéséig. Az alumíniumgyártást most nemcsak műveleti lépésként, a berendezések és az állapotváltozások sorozataként mutatjuk be, hanem mellé írva bemutatjuk a művelethez tartozó kémiai folyamatot is, és kiemeljük az egyik segédanyagkört, a lúgkörzést is. A leírás végén, az ábrán, mint egy térképen összegezzük a folyamatot.

1. Őrlés és oldás. Durva méretre zúzás és aprítás után a bauxit golyósmalomba kerül, ahol a finomszemcsésre őrléssel párhuzamosan a bauxithoz adagolt NaOH lúg segítségével megkezdődik az őrlemény oldása is.

2. Föltárás. Autoklávokban (acélfalú hengeres tartályokban) 220 °C hőmérsékleten és 6 bar nyomáson a nátronlúg hatékonyan oldja ki a bauxit alumíniumoxid tartalmát és nátrium-aluminát oldat keletkezik:



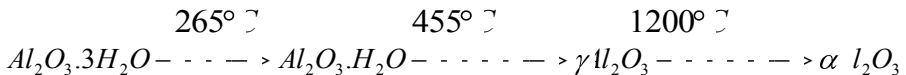
A bauxit Fe₂O₃ és SiO₂ tartalma nem oldódik, hanem csapadékot képez; ennek egy része alumíno-hidroszilikát komplex (Na₂O·Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O), amely a képződése során alumíniumot is elvon az oldatból, ezért fontos követelmény a nyersanyagul fölhasznált bauxitra az, hogy benne az Al₂O₃ : SiO₂ arány (szaknyelven a modulusz) 8-nál nagyobb legyen.

3. Ülepítés. Az autoklávokból kikerülő oldatot hígítják és belőle nagyméretű (6000 m³-es) Dorr-ülepítő-tartályokban választják el a vörösiszapnak nevezett oldhatatlan csapadékot.

4. Kristályosítás. Az aluminátlúg oldatból lassan alumíniumhidroxid válik ki, de ezt a folyamatot beoltással, alumíniumhidroxid kristályok beadagolásával gyorsítják föl.

5. Szűrés. A művelet a dobszűrés elvén alapul. A kivált kristályokat tartalmazó sűrű oldatba merülnek tárcsa- és dobszűrő alakú szűrőfelületek, amelyekre a szűrőfelület egyik oldalán létesített alacsonyabb nyomás szívja föl a kristályokat.

6. Kiegetés (kalcinálás). A nedves alumíniumhidroxidot forgódobos kemencében fokozatosan 1200 °C-ra hevítik. A hevítés során fokozatosan ég ki az alumíniumhidroxid timföldnek nevezett alumíniumoxidá:

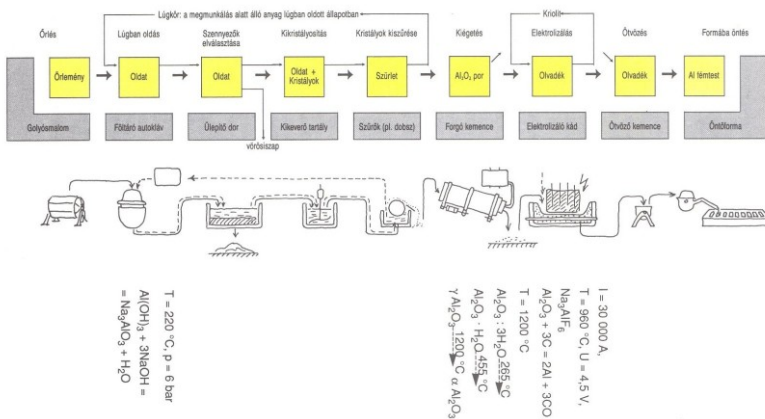


7. Redukció, az alumínium elektrolízise. Az alumínium olvadáspontja 2045°C, a kriolitnak, a Na₃AlF₆ vegyületnek azonban csak 960°C. Ezért az alumíniumoxidot ezen alacsonyabb olvadáspontú kriolitban főloldva elektrolízissel alakítják át fémalumíniummá. Az elektrolízis során az alumínium a katódon válik ki, az anódon pedig oxigén fejlődik. A folyamathoz ezért nem ötvöződő katódra és nem oldódó anódra van szükség. Az alumínium elektrolízisében használt mindkét elektróda szén. Az elektrolízis 4,5 V feszültségen 30 000 A áramerősséggel történik. 1 tonna alumínium elektrolíziséhez mintegy 15 MWóra energia szükséges.

8. Ötvözés. Ötvözőfémek hozzáadásával állítják be a különféle fém-végtermékek összetételét.

9. Öntés. Az olvadt fémot kezelhető egységekben félkész terméké alakítják az öntés során. Az olvadt fémot kismélységű hűtött keretbe vezetik, amelynek alját egy süllyedő tálca képezi. A tálca lassan süllyed, a beömlő új rétegek folyamatosan szilárdulnak rá a süllyedő alpra. Ezzel az öntési technológiával több méter hosszú, hengeres vagy hasáb keresztmetszetű tömbök önthetők. Az alumínium további földolgozása hengerműben, présműben (sajtolóműben), húzóműben vagy formaöntődében történhet. Ezeket Székesfehérváron láthatjuk, az alumínium-hengerműben.

Az összegző ábrázolásban és a hozzá kapcsolódó leírásban a bevitt anyagok egy kényszerpályán, az átalakítására szolgáló gépeken haladnak végig. A gépek a műveletek sorrendjére bontják föl a gyártási folyamatot. Így leírásunk a folyamatot a **műveletek**, az **anyag állapotok** és a **gépek** sorozatával is ábrázolja.



6. ábra.

A technológiai folyamatleírás összetettségének bemutatása egy ipari folyamatnál. Az alumíniumgyártásnak a műveleti lépéseit, a berendezések és az állapotváltozások

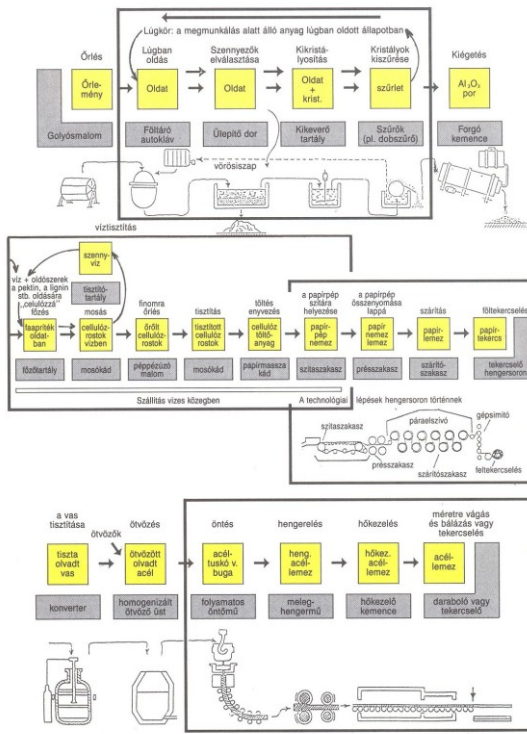
sorozatát, és a műveletekhez tartozó kémiai folyamatot is egyszerre írjuk le. (Kiemeltük a lúgkörzést is.)

A sárga négyzetek sora az anyag átalakulásait, a szürke téglasor alatta a használt gépi rendszereket foglalja össze. Alatta ezek formai ábrázolása is egy ipari gépsort ad. Legalul az egyes műveletekhez tartozó kémiai lépések szerepelnek a táblázaton.

A gépek, szerkezetek közismerten a biztos tudáson alapulnak.

Fejlődésüket itt is az **összeépítés**, az egyre **nagyobb egységekbe szervezés** jellemzi.

Rendszerek épülnek tehát – elemekből, de ezek az „elemek” is már igen összetett rendszerek, (gépek) ha fölbontjuk őket. A 7. ábra egyre összetettebb gépi rendszereket mutat be: gépsorokat összeépítve:



49. ábra. Néhány szállítással egybekapcsolt műveletor.

7. ábra.

A mai üzemegységekben egyre összetettebb gépi rendszereket – gépsorokat - alkalmaznak. Az ipari üzemek fejlődéstörténete egyúttal az összeépítés lépéseit is bemutatja.

A TERMÉSZETI ÁRAMLÁSOK ÉS A TECHNOLÓGIAI „ÁRAMLÁSOK”

Ha megtörtént az ismeretháttér elemeinek fölépítése, keressünk lehetőséget arra, hogy az ipari folyamatokat és a természeti áramlásokat összekapcsoljuk. Ha külön-külön szét tudjuk szedni a folyamatokat lépésekre, majd azokat össze tudjuk kapcsolni ipari rendszerekké, akkor ugyanezt megtehetjük a természet áramlásaival is. Ha ezt megtesszük, akkor eléggé tagoltan tudjuk már kezelni mindkettőt ahhoz, hogy az illesztésüket is elvégezzük. Illesztés után pedig már együtt és egységesen tudjuk kezelni a körülöttünk zajló összetett folyamatokat, sőt, össze is tudjuk hangolni őket. Az ilyen **összehangoltság ismerete csökkenti a természetkárosító tevékenységeket**. Gazdagítja annak lehetőségét, hogy a környezeti folyamatokat és a műszaki környezet technológiáit olyan harmóniába szervezzük, amikor a magas szintű műszaki termelés már nem károsítja a környezetet.

A körülöttünk látható világ folyamatok pillanatnyi állapota. Vizsgáljuk átfogó példaként a körülöttünk található működő várost. Folyamatok százezrei tartják fenn, látszólag egyensúlyban. Vizsgálata során az élő természetnek és a technológiáknak az együttes kezelése, figyelése, kölcsönhatásainak összegzése válik feladattá számunkra. Ehhez két alrendszer együttes leírása kell: környezet áramlásaié is és a technológiáé, közös nyelven, és egyszerű formában. Egy összetett ipari technológiát már bemutattunk.

A technológiákra alkalmazott folyamat-leírási formában mutatunk be egy környezeti áramlást is. A leírás során megkülönböztetjük a természeti áramlás "medrét", amely a technológiákban alkalmazott kényszerpálya megfelelője a természeti áramlás esetében. A gyártási műveletek megfelelői olyan állapotváltozási helyzetek (környezetek) lesznek, melyekben az áramló anyag átalakul. Mindezt legegyszerűbben egy példán mutatjuk be: az esővíz áramlásának egy elképzelt hegyi szakaszán.

A karsztvidékre hulló csapadék dolinákban szivárog a mélybe, s ott a mészkövet kissé oldva, barlangokat kialakítva áramlik tova, lejtőirányban haladva. A mészkőbarlangban tett útját elvben két szakaszra bonthatjuk: a mészkövet oldó szakaszra, és a mészkövet építő szakaszra (cseppkőbarlang). A felszínre kijutva másféle szakaszai is vannak a vízfolyásnak: romboló és építő szakaszai. A gyorsan rohanó patak sziklákat is megmozgat, szállítás közben "örli" a patakba kerülő kőzetdarabokat. A síkságra kiérve meglássúdik, meanderezve épít homokos kanyarulatokat, és így tovább.

Város közelébe érve vízkivételi műbe kerül. Budapestnél a Szentendrei szigetnél található hatalmas kavicságyon átszűrt vizet emelik ki. Máshol az áramló folyóvizet tisztítják. Innentől, látjuk, a technológiák körébe tartozó műveletekre kerül sor a tovahaladó vízárammal. Ha most egy cukorgyárban kerül a víz fölhasználásra, a technológiai műveletekben segédanyagként vesz részt. A technológiai műveletek során anyagokat fogad magába, majd későbbi műveletekben azokat kiszűrjük, de valamilyen

mértékben szennyezett marad e technológiában belekerült anyagokkal, s ezt a szennyezést "magával viszi" további útja során.

KERESZTHATÁSOK: A TECHNOLÓGIÁK ÉS A KÖRNYEZETI ÁRAMOK MÁTRIXA

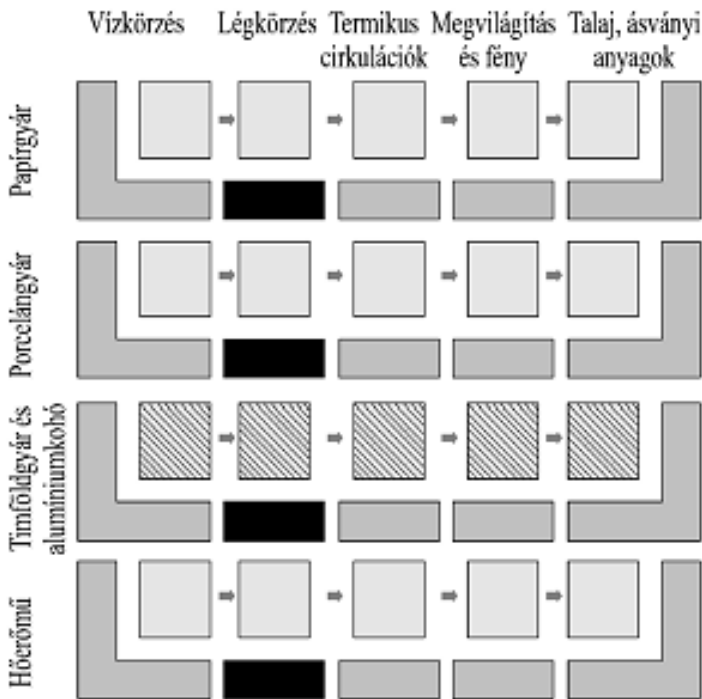
A gyártó technológiai rendszerek mintegy belenyúlnak a természeti áramlásokba, onnan anyagokat vesznek ki, és oda a gyártás melléktermékeit, a gyártás szennyezőit is kibocsátják.

Egy nagyvárosban nem csak egy ipari üzem van, hanem számuk jelentős is lehet. Ezért az a fajta leírás, amiben csak egy üzemet veszünk figyelembe, szegényes. Egy nagyváros üzemeit a következő táblázatos formában lehet, szemléletes módon, egységesen kezelni. Egymás alatti sorokba rendezzük a város technológiáit és úgy rendezzük el leírásukat, hogy egymás alá kerüljenek azok a műveletek, amik ugyanazt az anyagot használják. Például egymás alá kerül a mosás, vízzel szállítás, oldás művelete, mert mindegyik vizet használ. Egymás alá kerülnek, egy másik oszlopban, az égető műveletek (fűtőműben, téglagyárban, stb.), mert ezek mind levegőt használnak föl. Az így létrejött mátrixot nevezzük a Természeti áramlások/-Technológiai működések mátrixának.

A környezeti áramlások leírása ilyen szerkezetben tartalmazza azt, hogy az áramló anyag átalakul ott, ahol részt vesz a technológiai műveletekben, mert anyagokat fogad magába. Például a víz, áramlásának egy elképzelt szakaszán, a technológiai műveletekben fölvevett anyagokat magával viszi. Ha azok egy részét kiszűrjük, akkor tisztul ugyan, de valamilyen mértékben szennyezett marad e technológiában belekerült anyagokkal, s ezt a szennyezést "magával viszi" további útja során.

Bár a folyamatleírás folytonos, szemléletünk most meg kell, hogy különböztesse a **technológiai** és a **természeti** folyamatot. E megkülönböztetés azt sugallja, hogy a **technológiai anyagáramlásait és a természeti környezeti áramlásokat tekintsük egymást keresztező irányú áramlásoknak**. Ebben a formában a vízszintes irányban fölrajzolt technológiai "pályákat" merőlegesen futó környezeti áramok "szelik át". A környezeti áramlásban résztvevő anyagmennyiségeknek csak egy része kerül be - például a város vagy más település - termelő üzemeibe.

Környezeti áramlások



8. ábra.

A városban egymás mellett, egyszerre működő ipari folyamatok mátrixunkban egymás alatt sorakoznak. Elrendezésük olyan, hogy – képletesen - egymás alá kerülnek a természet azonos áramlásait igénybe vevő műveleteik. Az üzemek anyag-átalakító folyamatláncában minden egyes üzem vízkivétele, használása és visszaürítése egy mezőt foglal le a mátrixban. (Természeti-áramok/-technológiák mátrix)

Technológiákat és környezeti áramlásokat egyszerre ábrázoló mátrixunkban négyféle technológiát tüntettünk föl. Ezekben minden környezeti kölcsönhatás összesűrítve szerepel. Minden egyes üzem vízkivétele, használása és visszaürítése egy mezőt foglal le a mátrixban. A városban található különféle üzemek vízkivételei egyetlen oszlopban sorakoznak. Hasonlóan egyetlen oszlop (egy másik oszlop) kockamezőit foglalják el a levegőforgalom adatai is. Minden olyan üzem, amelyben tüzelnek, kiégetnek valamilyen anyagot, levegőt fogyaszt. Ugyanezt a fényre, porra, hőre is alkalmazhatjuk.

A város ipari üzemeit bemutató mátrixnak szintézisépítő szerepe van. A szintézislátás abból adódik, hogy mátrixunk **egyszerre, egyidejűleg, egyetlen térképen** teszi láthatóvá, áttekinthetővé és kezelhetővé az üzemek anyagforgalmát. Ahogyan a sorok egyetlen üzem – tömörített – áttekintését adják, ugyanúgy az oszlopok egyidejűleg teszik láthatóvá a különféle környezeti áramlásokat. Vizsgálatunk szellemében a környezet egyensúlyát, mint a természeti áramlásoknak és a technológiáknak egy megszőtt állapotát (időbeli metszetét) mutatjuk be. A környezet e szereplői összetett kölcsönhatási rendszert alkotnak, melyben, fontos pontokon beleszövődnek a technológiák.

TECHNOLÓGIÁK ÉS KÖRNYEZETI ÁRAMOK MÁTRIX-ÁBRÁZOLÁSÁNAK ÖSSZEGZÉSE

A technológiák/környezeti áramlások mátrix megfogalmazásával olyan ismeret-tömörítést adtunk meg, mely tevékenység-szervező szerepű is lehet. Például az üzemszervezés oldaláról az olyan ábrázolás a hasznos, amelyben a vízszintes anyagáramú technológiáknál egymás alá a hasonló típusú művelési helyek esnek (a mátrix oszlopaiban hasonló jellegű gépekkel). Ugyanezt a technológiák informatikai kísérő rendszerei és a mérési technológiák szempontjából is fölhasználhatjuk. E mátrixba rendezések azért kezelhetők jól, mert technológiai folyamatleírásunk a gyártástechnológiáknak lényegi, invariáns és irreducibilis (tovább már nem egyszerűsíthető) tényezőit ragadta meg. Ezzel nem csak a technológiák közös elveinek megfogalmazásához segített, hanem a kapcsolódó tevékenységek áttekintéséhez is hozzájárult. Példaként adódik ez a mátrix a jövőben esetleg fölmerülő integráló típusú, kutató/menedzser típusú szakemberképzés programjához is.

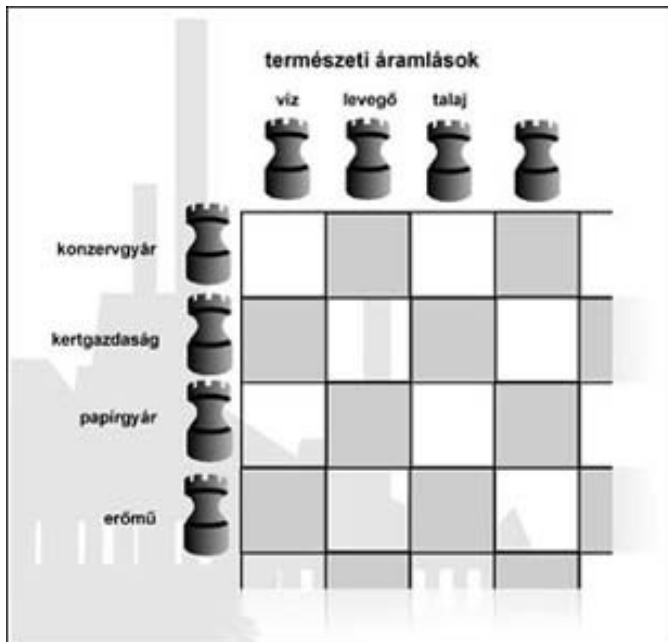
	MATEMATIK A	FIZIKA	KÉMIA	BIOLÓGIA	GEOLÓGIA
INFORMÁCI Óstechnológiá k	informatikus				térinformatikus
MÉRŐ- GYÁRTÓ technológiák		mérnök- fizikus, anyagtudomán y, fizikus	vegyész	biotechnológus	
TERVEZŐ- SZERVEZŐ technológiák	informatikus menedzser	robotika		Környezettudo -mányi előadó a polgármesteri hivatalokban	
ENERGO- ÖKO technológiák				ökológus- energetikus környezetvédő	

1. táblázat

Mátrix a jövőben esetleg fölmerülő integráló típusú, kutató/menedzser típusú szakemberképzés programjához a MAFIOK program keretei között.

TECHNOLÓGIÁK ÉS KÖRNYEZETI ÁRAMOK MÁTRIX-ÁBRÁZOLÁSÁNAK EGYSZERŰSÍTÉSE

Tudjuk, hogy a **városműködtetés** sokszereplős munka. Mégis, vizsgálataink szempontjából két nagy csoportra oszthatók azok, akik a tárgyalt környezeti egyensúllyal foglalkoznak. Ezek az ipari üzemek vezetői és a környezetvédők. A két csapat munkája egy városdiplomáciai sakktablával tekinthető át. Az ülésrendet a létfontartó ipari **technológiák (SOROK)** és az ember életéhez szükséges környezeti **áramok (OSZLOPOK)** sakkasztala határozza meg.



9. ábra.

*A városműködtetés sokszereplős csapata a környezettudomány szempontjából két csoportra osztható: ezek a sakkasztal két szomszédos oldalán helyezkednek el. Szerepük a bástyáé: a sorokért felelősek. Van felelőse a vizeknek, a levegőnek, stb. és van felelőse egy-egy ipari üzemnek is. Ezeknek a kapcsolatrendszerét összegzi ipari **technológiák** és környezeti **áramok** sakkasztal.*

A HUNVEYOR-MÁTRIX

Amikor a technológiák anyagáramlásait és a természeti környezeti áramlásokat egymást keresztező irányú áramlásoknak tekintettük, valójában egy széles körben alkalmazható formulázást hoztunk létre. Nem csak a város működését tekinthetjük át funkcionálisan akkor, ha a vízszintes irányban fölrajzolt technológiai „pályákat” merőlegesen futó környezeti áramok „szelik át”. Bemutatjuk, hogy a **városműködés** táblázatos leírása - környezettani szempontból - hasonló az űrszonda modell működésének lényegével. Leegyszerűsítve már a 8. és a 9. ábra is lehetne egy **űrszonda modell** működésének az egyik átfogó tervrajza. A magyarországi Hunveyor programban épített űrszonda modellek esetében a mátrix sorai mérő technológiák, az oszlopok a bolygófelszín környezeti áramlásai.

A robotika az autonóm rendszerek építésének tudománya. A Hunveyor egyetemi gyakorló űrszonda modell építésével – a környezettudomány egyik fontos modellje mellett ezt is megmerhetjük.

A) Az űrszonda modellen mérő technológiák vannak elhelyezve. Ezek tartalmaznak érzékelőket. Az érzékelők belemerülnek a **természeti áramlásokba** és állapotváltozást jeleznek. Ezekből az állapotváltozásokból következtetünk az égitestfelszíni folyamatokban.

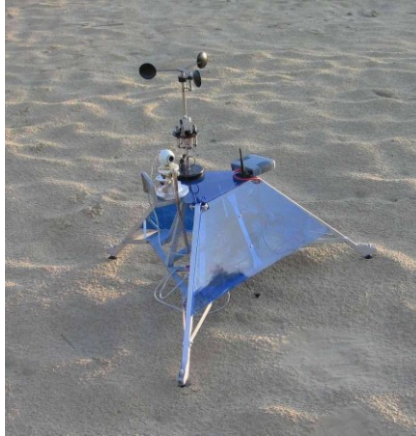
B) A Hunveyor egy komplex rendszer. Építésének oktatása megismerteti a hallgatókat egy minimál-űrszonda műszerparkjával.

C) A **környezeti áramok** mérése egy planetáris űreszközzel végzett mérés szimulációja

A HUNVEYOR KISÉRLETI GYAKORLÓ ŰRSZONDA SZERKEZETE ÉS A PLANETÁRIS FELSZÍNI ÁRAMLÁSOK KÖZÖTTI KÖLCSÖNHATÁSI MÁTRIX							
Hunveyor szerkezeti részek	Égitest felszíni áramlások	SZÉL, GÁZOK ÁRAMLÁSA	TALAJ, A FELSZÍNI POR	FÉNY, SZÍNEK	HÓ, TERMIKUS VISZONYOK	ELEKTROMOS TÖLTÉSEK	MÁGNESES SZEMCSÉK
VÁZ + FELÜLETEK		A nagy szélgyonomszűrőjeit, kibillentheti a szerkezetet	A felszíni poranyag lerakódhat a Hunveyor szabad felületein	A Nap fénye száríthat, és tükrözölhet a Hunveyor felületein	Bizonyos irányokban hőszigetelés/hőelvezetés kell, hőtágulás!	Feltölthetik a vizat, ha nincs elektromos földelés, ionfelhőhatása	A vizat rakódhat a talaj mágnesesen aktív pora is.
ÉRZÉKELŐK + ELEKTRONIKA		Szélesség mérés. Tömegspektr. a kémiai összetétel mérésére.	Kiszűrés, műszerbe "becemelés", kémiai összetétel vizsgálat	Ref. szinkép elemzése spektroszkóppal, felületek szövete, fénvképek	Hőmérők, hőtágulásmérők, hőtágulás-bélvegek.	Elektrosztatikus effektusok és a holdi lebegő ionfelhő mérése	Mágneses szemcsék szelektálása alakzatra rárendeződéssel!
ENERGIAELLÁTÁS			A lerakódó por idővel gyengíti az energiatermelés hatékonyságát	Napelem termeli az űrszonda energiáját. kísérleti fókuszálása	Tükörrel vagy lencsével fókuszálható a napfény egy kísérlethez		
MOZGATÓ EGYSÉGEK			A mozgó alkatrészeket a felszíni szállított portól védeni kell				

2. táblázat

A Hunveyor mátrix



10a. ábra. A Hunveyor-4. Székesfehérváron. 10b. ábra, A hunveyor-1 Budapesten.

A MEGSZÓTT RENDSZEREK EGY SZÉP PÉLDÁJA AZ ONSAGER-MÁTRIX

A megszótt rendszerek köre szélesebb a bemutatott két modellnél: a városi mátrixnál és a Hunveyor-nál. Egyik példa erre az Onsager mátrix. Onsager dán fizikus egyetlen táblázatban összegezte a termodinamikában szereplő fizikai jelenségeknek az áramlási rendszerét. Az Intenzív Mennyiségek Feszültségei (IMF) hatására Extenzív Mennyiségek Áramai (EMÁ) indulnak meg. A táblázatunkban szereplő Intenzív Mennyiségek Feszültségei a következők: $P_1—P_2$, $T_1—T_2$, $\mu_1—\mu_2$, és $U_1—U_2$ (ahol P a nyomást, T a hőmérsékletet, μ az egyik elemre vett kémiai potenciált, és U az

elektromos feszültséget jelenti. Az általuk létrejövő Extenzív Mennyiségek Áramai a következők: dV/dt : térfogatáram, dE/dt energiaáram, dm/dt tömegáram és dQ/dt elektromos áram. A mátrix jelentősége abban áll, hogy fölmutatja, nem csak az intenzív fizikai mennyiséghez csatolt áram indul meg a feszültség hatására, hanem a többi extenzív mennyiség árama is, igaz, azok sokkal kisebb effektust (kereszt effektust) jelentenek (3. táblázat).

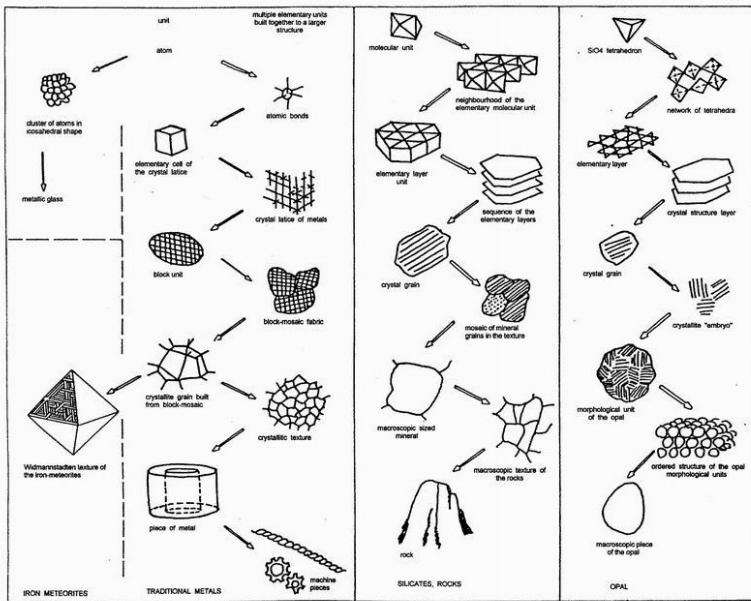
\dot{x}_i	$\frac{dV}{dt}$	$\frac{dE_b}{dt}$	$\frac{dm}{dt}$	$\frac{dQ}{dt}$
Δg_i Szárazin Szárazin $p_i - p_e$	MECHANIKAI MUNKA DARCY POISEUILLE	KOMPRESSZIÓ EXPANZIÓ	FILTRÁCIÓ	PIEZZOELEKTROMOSSÁG
$T_i - T_e$	HŐTÁGULÁS ARCHIMÉDESZ	HŐHATÁS NEWTON - FÉLE VE- ZETÉSI T.	TERMODIFFÚZIÓ SORRET EFF.	TERMOELEKTROMOSSÁG SEEBECK EFF.
$p_i - p_e$		DUFOUR EFF.	DIFFÚZIÓ FICK T.	ELEKTROKÉMIAI HATÁS
$U_i - U_e$	ELEKTROMECHANIKAI MUNKA	PELTIER EFF.	ELEKTROKÉMIAI HATÁS	ELEKTROMOS ÁRAM OHM T.

3 táblázat
Az Onsager mátrix.

ÖSSZEFOGLALÁS

Előadásunkban a környezettudományhoz kapcsolódó szintézisztárgy néhány fejezetét mutattuk be és általuk azt érzékeltettük, hogy a szintézislátásra megszerzése összetett rendszerek vizsgálatát, szétszedését és összeépítését kívánja meg. Bemutattunk néhányat az új áttekintési és fejlesztési elvekből, rendszerekről. A város működésében a környezet és a technológiák együttes kezelését, az űrszonda modellel a környezet mérő technológiák általi megismerését érzékeltettük. Mindkettő a környezet áramlásainak és a gépi rendszereknek a kölcsönható rendszerével mutatható be. A környezettudományi szintetikus szemléletformálás visszahat a földi életre, a fejlesztésekre, az anyagtechnológiákra.

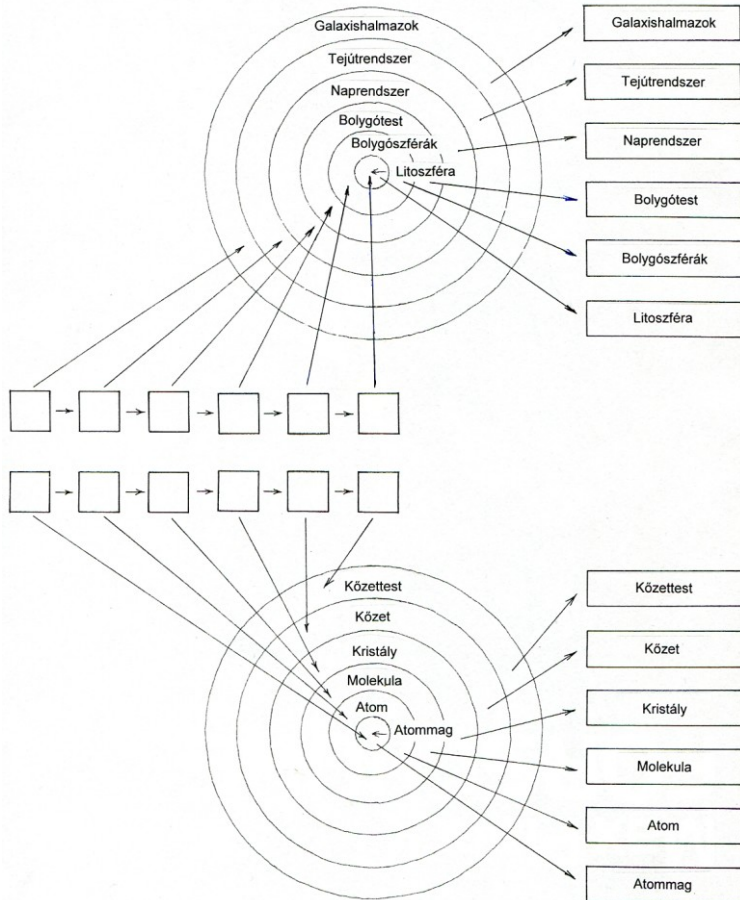
Kiemelten szerepelt bemutatásunkban a szétszedem-összerakom elv és a változást fázisaival leíró elv. Mindkettő hasznos segédeszköz a természettudományokban is és a műszaki életben, a technológiák kezelésében is. A szétszedem-összerakom elv sok ágon fejleszthető tovább. Egyik záró példánk a szerkezeti anyagok egymás mellé helyezett, fölbontási táblázata (11. ábra.) Ez az anyagvizsgálatokban hasznosul, különösen akkor, ha az egyes hierarchiaszintekre mellé helyezzük a megismert anyagtérképeket, változást leíró diagramokat.



11. ábra.

A szerkezeti anyagok egymás mellé helyezett, fölbontási táblázata. Itt alulról indul a szétszedés folyamata és fölfelé haladva jutunk egyre alacsonyabb hierarchiaszinteken álló szerkezeti összetevőkre (Bérczi, 1990)

Befejezésül pedig az 5. ábrának az Univerzum szerkezetére kiterjesztett változatát mutatjuk be. Az egymásba-ágyazottság nem csak a mikrovilág struktúrára jellemző, hanem az egész Univerzum szerkezetében is megfigyelhető. Ennek értelmében, ha az ember középen áll, körülötte és benne van az Univerzum.



12. ábra.

Az 5. ábrának az Univerzum szerkezetére kiterjesztett változata.

IRODALOM

- [1] Balogh, Zs., Bordás, F., Bérczi, Sz., Diósy, T., Hegyi, S., Imrek, Gy., Kabai, S., Keresztesi, M. (2002): LPSC XXXIII, Abstract #1085, LPI, Houston (CD-ROM).
- [2] Bérczi Sz. (1985): Anyagtechnológia I. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest (J3-1333).
- [3] Bérczi Sz., Cech V., Hegyi S. (1992): Anyagtechnológia II. Egyetemi jegyzet. J4-92. 86.old. Janus Pannonius Tud. Egyetem Kiadója, Pécs.
- [4] Bérczi Sz., Cech V., Hegyi S., Fabriczy A., Schiller I. (1995): Fölkészülés a Technológiai Korszakváltásra I. Technológiák (kísérleti tankönyv, szerk. Bérczi Sz.) Keraban K. Budapest.
- [5] Bérczi Sz., Cech V., Hegyi S., Borbola T., Diósy T., Köllő Z., Tóth Sz. (1998): LPSC XXIX, #1267.

- [6] Bérczi Sz., Drommer B., Cech V., Hegyi S., Herbert J., Tóth Sz., Diósy T., Roskó F., Borbola T. (1999): LPSC XXX. #1332.
- [7] Bérczi Sz., Diósy T., Tóth Sz., Hegyi S., Imrek Gy, Kovács Zs, Cech V., Müller-Bodó E, Roskó F, Szentpétery L, Hudoba Gy. (2002): LPSC XXXIII, #1496, LPI, Houston (CD-ROM).
- [8] Bérczi Szaniszló, Boldoghy Béla, Cech Vilmos, Fabriczy Anikó, Hargitai Henrik, Hegyi Sándor, Horváth András, Hudoba György, Kummert József, Nehéz Imre, Schiller István, Takács Bence, Varga Tamás, Weidinger Tamás (szerk. Bérczi Szaniszló) (2007): Kis atlasz a Naprendszeréről (12): Űrkutatás és technológia. ELTE TTK Koszmosz Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, Budapest .
- [9] Bérczi, Sz. Hegyi S., Hudoba Gy. (2011): Construction of the Hunveyor and Husar Experimental University Space Probe Models, a Lander and a Rover, in the Hungarian Universities. Technológia Vzdélanvia, Vol 18, No 5 (2011).
- [10] Diósy T., Roskó F., Gránicz K., Drommer B., Hegyi, S Herbert J., Keresztesi M., Kovács B., Fabriczy A, Bérczi Sz. (2000): LPSC XXXI, #1153, Houston.
- [11] Drommer B., Blénessy G., Hanczár G., Gránicz K., Diósy T., Tóth Sz., Bodó E. (1999): LPSC XXX, #1606.
- [12] Hegyi S., Kovács B., Keresztesi M., Béres I., Gimesi L., Imrek Gy., Lengyel T., Herbert J. (2000): LPSC XXXI, #1103, Houston.
- [13] Hegyi, S., Horváth, Cs., Németh, I., Keresztesi, M., Hegyi, Á., Kovács, Zs., Diósy, T., Kabai, S., Bérczi, Sz. (2002): LPSC XXXIII, Abstract #1124, LPI, Houston (CD-ROM).
- [14] Hudoba Gy., Bérczi Sz., Balogh Z. (2007): Fresh Air in Education: The Hunveyor Educational Space Probe. Pollack Periodica, (An International Journal for Engineering and Information Sciences) Vol. 2. Suppl. pp. 31-41. Akadémiai Kiadó, Budapest. DOI: 10.1556/Pollack.2.2007.S.3.
- [15] Hudoba Gy., Balogh Z., Bérczi Sz. (2008): Parallel Port functionality enhancement for HUNVEYOR-4 robotic space probe. Applied Machine Intelligence and Informatics, 2008. SAMI 2008. 6th International Symposium. IEEE Conf. Publ. Pp. 225 – 227.
- [16] Hudoba Gy., Hegyi S., B. Drommer, S. Józsa, H. Hargitai, Sz. Bérczi (2008): Planetary Analog Field Trips at Hungarian Sites with University Space Probe Models Hunveyor and Husar. Meteoritics & Planetary Science, vol. 43, No. 7, p.A61 (ISSN 1086-9379).
- [17] Hudoba Gy., Bérczi Sz. (2011): The Hunveyor-Project - A Novel Way of Teaching Science and Physics. 8th International Conference on Hands-on Science Focus on multimedia. 2011 HSci. ISBN 978-989-95095-7-3.
- [18] Roskó F, Diósy T, Bérczi Sz, Fabriczy A., Cech V., Hegyi S. (2000): LPSC XXXI, #1572, Houston.