

# Az entrópia mint a technika alapkategóriája

CRISTIAN HEIN – HERBERT JÁNOS

„... az energia „minőségén” összpontosultságának mértékét értjük. A lokalizált energia jó minőségű, hasznos energia. A kuszán szétfoszlott energia rossz minőségű, használhatatlan energia. Összpontosított energiával lehet valamit kezdeni, de amit szétosztunk, elveszíti változást előidéző képességét. A rendezetlen felosztás jelenti a minőségi értékcsökkenést ...

A célirányos szervezett változást ... ugyanazon tendencia hívja létre, mint ami leállítja a pattogó labdát, vagy megolvasztja a jeget ... minden változás alapja ugyanaz, összeomlás a zűrzavarba ...

A változás mély oka a romlás. Az energiának nem a mennyisége, a minősége romlik.

... A minőség önmagától csökken, ... de olyan bonyolult, hogy itt-ott visszaszorulhat a zűrzavar, és – amikor egy katedrális épül, vagy felcsendül egy szimfónia – felragyoghat a minőség.” (1)

Atkins filozofikus és költői szavai végső soron azt fogalmazzák meg, hogy a termodinamika második főtétele – azaz a természetben végbemenő változások irányával kapcsolatos tapasztalatok összegzése – összhangban áll azzal az észrevétellel, hogy minden változással végső soron a világ entrópiája növekszik.

Az entrópiatétel (2) csak akkor érvényes, ha véges szigetelt rendszerre vonatkoztatjuk, tehát Atkins költőien szép megfogalmazása természettudományosan nem igazolható.

Természetesen az értekezésben nem kívánunk az entrópiával kapcsolatos világnézeti, filozófiai kérdésekkel foglalkozni, csupán néhány gondolatot szeretnénk fűzni ahhoz a sokat vitatott kérdéshez, hogy felhasználható-e az entrópia, illetve az entrópiatétel technikai rendszerek elemzésére, rendszerezésére, minősítésére.

## Az entrópia mint a technikai rendszerek általános rendezőelve

A technikai rendszerekben végbemenő folyamatok – éppen az állapotváltoztatás, a technikai rendszer funkciómegvalósításának lényegéből következően – elvesztik spontaneitásukat (3) és – általában – a tapasztalattal megegyező módon a környezet entrópiáját növelik, de lokálisan csökkentik az entrópiát. Eszerint a technikai rendszereket úgy is definiálhatjuk, mint olyan anyag és/vagy energia és/vagy információ-transzfer funkciójú emberi célok megvalósítására szolgáló mesterséges anyagi rendszereket, melyek – funkciójuk realizálása során – lokális entrópiacsökkentők, ez a lokális entrópiacsökkentés azonban a környezet entrópiájának „kárára” – környezet entrópiánövekedése = környezetszennyezés – valósul meg.

A definíció érvényét számtalan ellenpéldával lehet megkérdőjelezni. Igen könnyű olyan technikai rendszereket felsorolni, melyek funkciója kifejezetten a lokális entrópi-

anövekedés. Ilyen valamennyi homogenizáló rendszer, például a keverőgépek.

Erre az ellenvetésre azonban könnyű válaszolni. A habarcskeverőgép például a homokból, vízből stb. habarcsot készítve kétségtelenül lokálisan növeli az entrópiát, de az egész technológiai folyamat eredménye – mondjuk egy ház felépítése összességében – mégiscsak lokálisan entrópiacsökkentő.

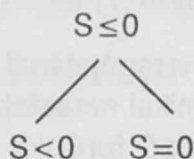
Nagyobb probléma a technikai rendszerek entrópiájának korrekt értelmezése. Ez meghaladja értekezésünk kereteit, ezért a továbbiakban csak a technikai rendszerek energetikai vizsgálatával kapcsolatos problémákra szorítkozunk.

*Atkins* idézett gondolatai igen szemléletesen illusztrálják szerzőjük elképzeléseit, de nem indokolják egy korlátozott érvényű törvény általánosítását, sőt az általunk történt kiterjesztését sem a technika – nem szigetelt – rendszereire.

A megmaradási törvények kivételével valamennyi fizikai törvény csak közelítő jellegű, csak a megfelelő dimenzióban használható.

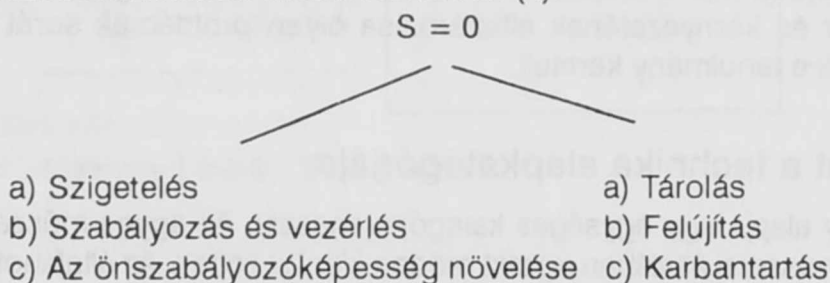
Ha a technikai rendszereket energetikailag vizsgáljuk, olyan energiasűrűségekkel találkozunk, melyek a rendszeren belül, valamint a rendszer és környezete közötti kölcsönhatásban a tapasztalat szerint – úgy tűnik – csak olyan folyamatokat eredményeznek, melyek nem mondanak ellent az atkinsi gondolatok technikai rendszerekre történő kiterjesztésének.

Ha a technikai rendszerekre elfogadjuk a tapasztalati ismereteinknek nem ellentmondó állítást, miszerint a technikai rendszerek feladata a lokális entrópia-csökkentés (és/vagy a természetes entrópiánövekedés megakadályozása), érdekes rendszerezőelvhez jutunk.



1) Az  $S < 0$  összefüggés a technikai rendszerek létrehozásánál, majd pedig funkciójuk megvalósításánál jut kifejezésre.

2) Az  $S = 0$  összefüggés a technika állapotmegőrző szerepét jelenti. A magára hagyott technikai rendszer fokozatosan tönkremegy, a működő pedig elhasználódik, tehát az entrópiája nő (minősége romlik). Ennek megakadályozása *Szücs* és *Schiller* rendszerezésében hatféle módon történhet (4).



$S = 0$  összefüggés megvalósítása több esetben  $S < 0$  módon realizálódik, egy megengedett entrópiánövekedés utáni entrópiacsökkenéssel (pl.: elkopott alkatrészek cseréje).

## Az entrópia mint a technikai rendszerek értékelésének minőségi mutatója

A technikai rendszerek energetikai jellegű vizsgálataira visszatérve abból kell kiindulnunk, hogy az entrópiánövekedés energiadisszipációként is értelmezhető. A technikai rendszerekből a környezetükbe disszipálódott energia – néhány kivételtől eltekintve – általában veszteség, s mint ilyen a technikai rendszerek minőségi összehasonlítására alkalmas.

Ez természetesen az energetikai jellegű hatásokkal és mutatókkal (5) egyszerűbb lenne, a hatások azonban csak magára a rendszerre vonatkozik, így a rendszer és környezete közötti – különösen az energiatranszfer funkciójú rendszerek szempontjából döntően fontos – kölcsönhatásokról viszonylag keveset mond.

Esetünkben komplexebb vizsgálatokra is sor kerülhet, hiszen a környezetbe történő energiadisszipáció – legtöbbször – maga az energetikai jellegű környezetszennyezés.

A rendszer és környezetének elhatárolása és definiálása a kérdés további igen problémátikus része. A rendszer és környezetének speciálisan technikai aspektusú elkülönítése és definiálása általában problémamentesen megoldható. Ha konkrét entrópiadisszipáció-számításokra kerülne sor, a kérdés már lényegesen bonyolultabbá válna.

Összefoglalva:

1) A tapasztalattal és technikaelméleti megfontolásainkkal nincs ellentétben az elvi állítás, hogy a technikai rendszerek lokálisan csökkentik az entrópiát, miközben – ennél nagyobb mértékben – környezetük entrópiáját növelik.

2) Az egyes pontokba foglaltak pusztán elvi elfogadása, a technikai rendszerek által lokálisan realizált  $S \leq 0$  összefüggés a technikai rendszerek egyik fontos rendezőelve, melynek elemzése oktatási szempontból is célszerű.

3) a) Ha a technikai rendszereket energetikailag vizsgáljuk, a rendszerekben és környezetükben általában olyan energiasűrűségekkel találkozunk, melyek csak olyan kölcsönhatásokat eredményeznek, hogy kiinduló állításunkkal (1 pont) a tapasztalat elég pontosan megegyezik. Ne felejtjük el a fizikai törvények a megmaradási törvények kivételével csak közelítő jellegűek.

b) A technikai rendszerek energetikai vizsgálatánál a környezetbe disszipálódott energia (= entrópia) vizsgálata az energetikai hatásoknál és mutatóknál lényegesen több kérdésre ad választ a különböző funkciót betöltő rendszerek minőségi összehasonlításánál és értékelésénél, különösen a rendszer és környezete kapcsolatát illetően.

4) Ha mindezzel kapcsolatban konkrét számításokat akarunk végezni, a technikai rendszerek energetikai értékelésénél – hiszen itt „csupán” termodinamikai folyamatokról van szó – sokkal nagyobb problémát jelent egy komplex értékelés megkísérlése.

Ezekben az esetekben már a technikai rendszer környezetének egzakt definíciója, továbbá a rendszer és környezetének elhatárolása olyan problémák sorát veti fel, melyek meghaladják e tanulmány kereteit.

## Az entrópia mint a technika alapkategóriája

Minden tudomány alapja egy egységes kategóriarendszer. Az egyes műszaki tudományok kategóriarendszerei általában egzakt módon kidolgozottak. Az általános technikai nevelés szerves részét képező technika tantárgy tartalmát jelentő ismeretanyagot, melynek jelzésére *Déri* (6) az angol terminológiát segítségül véve a technika = technics, (vagy a technika = general technics) kifejezést használja, még nem sikerült – egy oktatási aspektusból rendszerezett – egzakt műszaki alaptudománnyá fejleszteni.

Másképp fogalmazva a mai komplex természeti–társadalmi–technikai környezet szerves részét jelentő technikai környezetről egységes, általános, s mindenki számára az általános műveltség alapvető részét képező ismeretek tudományos alaposságú és tudományos alapokon álló ismeretrendszerének kidolgozása, ma még a nagyszámú próbálkozás ellenére sem nevezhető megoldottnak, s így nyilvánvaló, hogy a fenti értelemben használt technika kategóriarendszerét sem tudjuk megalkotni. Tanulmányunkban nem is cél egy ilyen kategóriarendszer felállítása, s nem teszünk kísérletet az egyes szerzők ismert próbálkozásainak értékelésére vagy kiegészítésére sem.

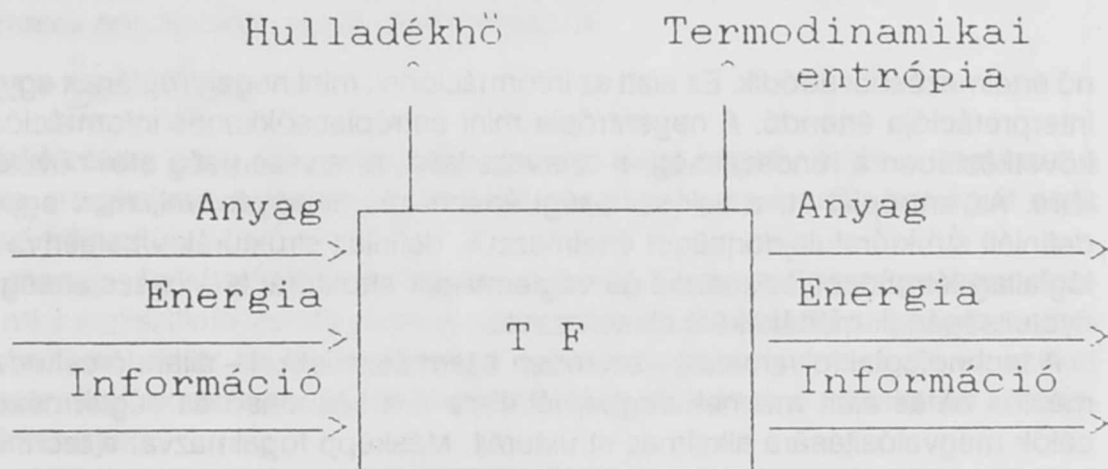
Rövid gondolatmenetünk célja annak az elképzelésnek a teljesség igénye nélkül történő végiggondolása, hogy az entrópia fogalma olyan magas szintű absztrakciót képvisel, hogy ez alapján a technika alapkategóriája is lehetne. Vizsgálataink kizárólag a technoszférára, s ezen belül is a termelési folyamatokra vonatkoznak.

Valamennyi a technológiai folyamatot megvalósító technikai rendszer és környezete között a folyamat megvalósítása során anyag-, energia- és információcsere jön létre. E cserefolyamatok végső soron a céltudatos, hasznos munkafolyamatot alkotják, értelmes emberi célokat valósítanak meg, de elkerülhetetlenül negatív kísérőjelenségeik is vannak. Ez utóbbiak értékelése általában aspektivikus, azaz néhány fontos, vagy annak tartott kiemelt kritérium szerint történik.

Tanulmányunkban azt a hipotézist képviseljük, hogy az entrópia a technikai fejlődés legáltalánosabb kritériumának tekinthető, s mint ilyen a technika alapkategóriái közé tartozik.

Valamennyi termelési folyamat részfolyamatokból áll. E részfolyamatok célja az anyag, az energia és az információ átalakítása, tárolása, szállítása, eszköze pedig a fizikai értelemben vett munka. E folyamatok mindegyike az ember által, emberi célok érdekében létrehozott, s ennek megfelelően céltudatosan irányított spontán folyamat, melynek során az energia különböző fajtái alakulnak át hővé.

Ha e folyamatokat energetikailag vizsgáljuk, akkor valamennyi e folyamatokat realizáló technikai rendszer végső soron energiát, a különböző energiatípusokat hővé átalakító berendezésnek tekinthető, ami a termelési folyamat során a termodinamikai entrópia állandó növekedésével jár (1. ábra).



TF = termelési folyamat

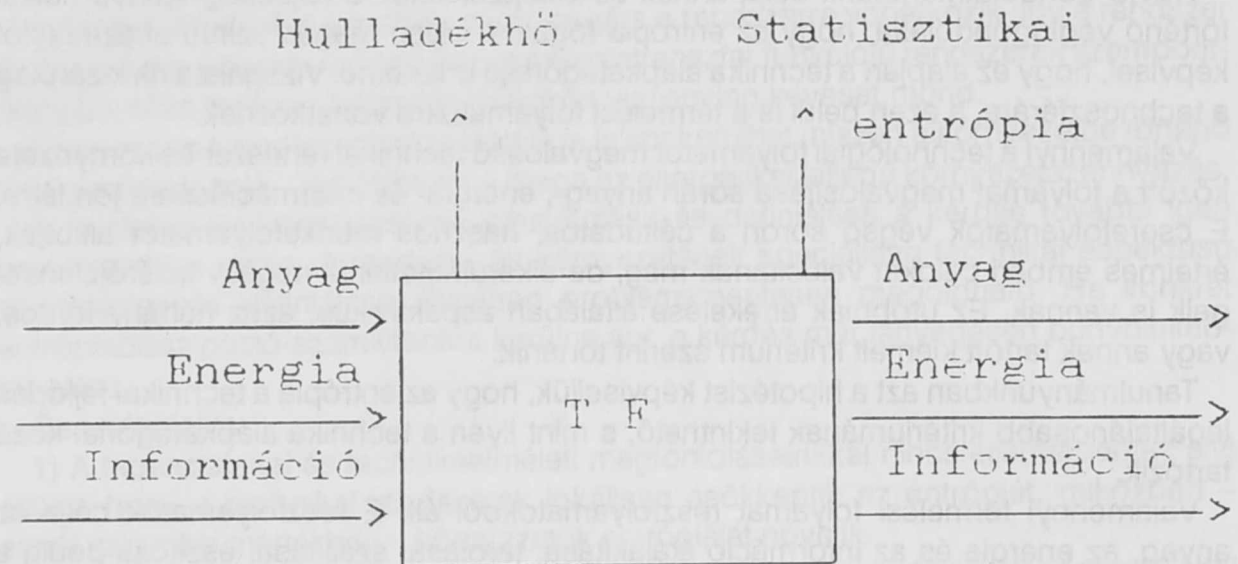
$$St > 0$$

1. ábra

Általános termelési folyamat (termodinamikai modell)

Az entrópia statisztikus értelmezése lehetővé teszi az entrópiafogalom termodinamikán kívüli használatát is. A statisztikus összefüggések értelmezhetők az anyag magasabb mozgásformáiban, tehát a termelési folyamatokban is. Ez azt jelenti, hogy az egyes rendszerek entrópiájával, rendezetlenségének mértékével a termelési folyamatok nemtermikus komponensei is kezelhetők, mint például a környezetbe kerülő légnemű, folyékony vagy szilárd halmazállapotú szennyeződések, egyszóval a környezetszennyezés (nemtermikus komponensei). Az entrópia ezen értelmezése a termelési folyamatoknak egy az előbbtől eltérő aspektusból történő általános leírását teszi lehetővé (2. ábra).

Egy harmadik nézőpontból történő általános leírás lehetősége az entrópiának struktúratulajdonságként, a struktúra minőségét, fejlettségi szintjét leíró jellemzőként törté-



TF = termelési folyamat

$S_{sta} > 0$

2. ábra

Általános termelési folyamat (statisztikai modell)

nő értelmezésből adódik. Ez alatt az információnak mint negentrópiának egy minőségi interpretációja értendő. A negentrópia mint entrópiacsökkenés információs hatások következtében a rendezettség, a szervezethez, a tervszerűség stb. növelésével jön létre. Az entrópiát itt, a valószínűségi értelmezés elhagyásával, mint egyértelműen definiált struktúralajdonságot értelmezzük, definiált struktúrák – beleértve a technológiailag létrehozott közbenső és végtermékek struktúrái is – összetettségének, bonyolultságának mértékeként alkalmazzuk.

A technológiai folyamatok – szemben a természetiekkel – állandó céltudatos információs hatás alatt mennek végbe, létrehozva a közbenső és végtermékek emberi célok megvalósítására alkalmas struktúráit. Másképp fogalmazva: a technológiai folyamatokat úgy tervezik, hogy anyag, energia és információ felhasználásával emberi célok megvalósítására alkalmas struktúrákat hozzanak létre. E struktúrák közti különbség mértéke az információ.

Az entrópia strukturális értelmezése a folyamatokat kifejezetten technikai szempontból jellemzi.

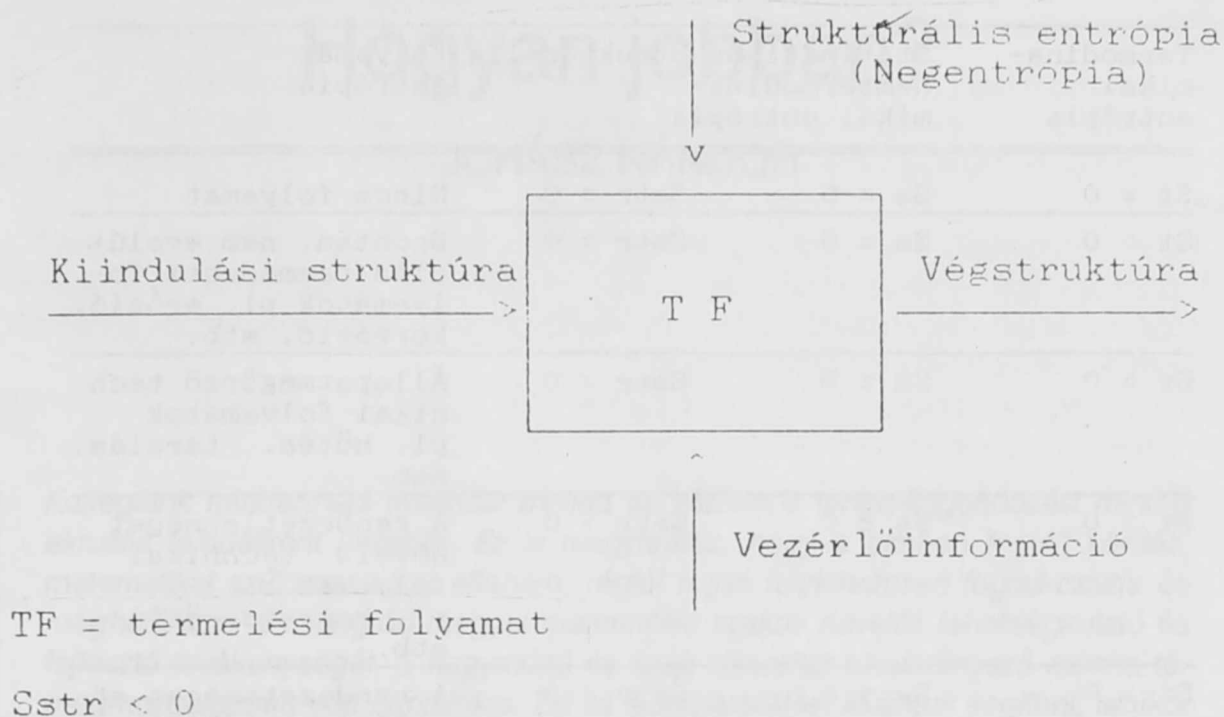
A technológiai folyamatok információtartalma három részből tevődik össze, a technológiai folyamatot realizáló technikai rendszer konstrukcióparamétereiből, szabályozási információiból, valamint a rendszerbemenet paramétereiből.

Az entrópia háromféle értelmezése a termelési folyamatok átfogó, általános technikai jellemzését teszi lehetővé.

Az egyes folyamatokra, azaz a teljes termelési folyamat részfolyamataira felírható az összefüggés :

$$S_f = S_t + S_s + (-S_{str})$$

A folyamat entrópiája ( $S_f$ ) tehát a termodinamikai ( $S_t$ ), a statisztikus ( $S_s$ ), és a strukturális entrópia ( $S_{str}$ ) összegeként értelmezhető. A strukturális entrópia mint negentrópia a folyamat statisztikai és termodinamikai entrópiájával ellentétes előjelű (3. ábra).



3. ábra  
Általános termelési folyamat (strukturális modell)

A teljes termelési folyamat entrópiája ( $S_{ft}$ ) véges  $n$  számú részfolyamat esetén a részfolyamatok entrópiáinak összegeként írható fel:

$$S_{ft} = \sum_{i=1}^n S_t + \sum_{i=1}^n S_s + \sum_{i=1}^n S_{str}$$

Annak eldöntése, hogy az összentrópia pozitív vagy negatív érték, s mekkora a határértéke, meghaladja e tanulmány kereteit, melyben a strukturális entrópiát csak kvalitatíve értelmeztük.

Ha egy mennyiség lehetővé teszi, hogy a technológiai folyamatokat úgy termodinamikailag, mint statisztikus–nemtermodinamikai, valamint strukturaképző szempontból összehasonlítsuk, akkor ezt a mennyiséget a technológiai folyamatok és az ezeket realizáló technikai rendszerek legáltalánosabb rendezőelvének és értékelési kritériumának tekinthetjük.

A technológiai folyamatoknak a három entrópiakomponens segítségével történő csoportosítását a következő táblázat mutatja (4. ábra).

A táblázat csoportosításából is egyértelműen kitűnik, hogy a technológiai folyamatok számtalan részfolyamata nem strukturaképző folyamat, céljuk „mindössze” a strukturaképzés feltételeinek a biztosítása, de minden technológiai folyamat, ha parciálisan entrópia-csökkenés kíséri is, összességében mégiscsak determinált strukturaképzést eredményez.

Ha sikerülne a technológiai folyamatokat összentrópiájuk alapján kvantitatíve értékelni, ez az objektív kiválasztás lehetőségét jelentené. Az ilyen komplex értékelésnek mindhárom komponens együttes vizsgálata alapján kellene történnie.

Az első kritérium a megmunkálandó objektum strukturájának, azaz az anyagnak és/vagy energiának és/vagy információnak mint munkatárgynak a strukturájában létrejövő, a folyamat informatikai irányításából származó, s az entrópiacsökkenésben kifejeződő fejlődés lenne, míg a második kritérium az energetikai hatásfok, a harmadik pedig a statisztikai, nemtermodinamikai entrópiánövekedés mértéke.

A megmunkálandó objektum strukturájának tökéletesedéséből adódó entrópia-csökkenés a technológiai folyamat, s egyben az azt megvalósító technikai rendszer irányításának információiból (információ = negentrópia) adódik.

Termodinamikai entrópia	Statisztikus nemtermodinamikai entrópia	Strukturális	Folyamat entrópia
$St = 0$	$Ss = 0$	$Sstr = 0$	Nincs folyamat
$St > 0$	$Ss = 0$	$Sstr = 0$	Spontán, nem evolúciós természeti folyamatok pl. erózió, korrózió, stb.
$St > 0$	$Ss = 0$	$Sstr = 0$	Állapotmegőrző technikai folyamatok pl. hűtés, tárolás, stb.
$St > 0$	$Ss \geq 0$	$Sstr > 0$	A rendezetlenséget növelő technikai folyamatok pl. keverés, őrlés, stb.
$St > 0$	$Ss \leq 0$	$Sstr < 0$	A rendezettséget növelő technikai folyamatok pl. szortírozás, komponensek szétválasztása, stb.
$St > 0$	$Ss > 0$	$Sstr < 0$	Termékelőállítás (anyagi, energetikai és információs jellegű termékek előállítása)

4. ábra

Technológiai folyamatok csoportosítása a három entrópiakomponens segítségével

Az energetikai hatásfok növelése (például a racionális energiafelhasználással), valamint a nemtermodinamikai entrópiánövekedés minimalizálása (például a környezetszennyező anyagok emissziójának csökkentésével, vagy a hulladékszegény technológiák alkalmazásával) egyben az összentrópia csökkentését jelentik.

A technológiai folyamatok, s a technológiai folyamatokat megvalósító technikai rendszerek komplex minőségi muntatója tehát az összentrópia.

Ebből adódik a zárókövetkeztetés, miszerint a technológiai folyamatok és a realizálásukra létrehozott technikai rendszerek továbbfejlesztése összentrópiájuk csökkentését jelenti.

IRODALOM

- (1) Atkins P.W.: Teremtés. Gondolat, Budapest, 1987. 35. p.
- (2) Fényes I.: Entrópia. Studium Könyvek 34. Gondolat, Budapest, 1987. 35. p.
- (3) Wolffgramm H.: Allgemeine Technologie. VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1978. 19. p.
- (4) Szücs – Schiller: Technika és energia II. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1987. 126. p.
- (5) l. 4. 132. p.
- (6) l. például
  - a) Déri J.: A technika alapkategóriái és az egyetemi képzés feladata = A technika tanítása. 1982/4. sz. 102. p.
  - b) l. 3. 52. p.