

Az ÉLET mint MÉDIUM

Az élő kritikai és esztétikai újraírása a bioart, a biodesign és a biofikció mediális összefüggéseiben

Doktori értekezés

Blaumann Edit

2025

Témavezetők:

Kapitány Ágnes

egyetemi tanár, professor emerita

Kapitány Gábor

egyetemi tanár, professor emeritus

Társtémavezető:

Barcza Dániel

DLA habil.

Moholy-Nagy Művészeti Egyetem Doktori Iskola
Művészettudomány (designelmélet) PhD
Designkultúra-tudományi Tagozat



Apám emlékére

Mint mások, annyian, én is mulattathattalak volna
bámulatos és hallatlan mesékkal, de illendőbbnek
vélttem, ha a színtiszta valóságot beszélem el,
egyszerű s közvetlen modorban; az én dolgom
nem az volt, hogy mulattassalak, de hogy
közljek veled néhány dolgot, amit nem tudtál.

Jonathan Swift: *Gulliver utazásai*
(Karinthy Frigyes fordítása)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Különös hálával tartozom csodálatos témavezetőimnek, Kapitány Ágnesnek és Kapitány Gábornak a fáradhatatlan támogatásért. Köszönöm Tillmann Józsefnek a bátorítást és a barátságot, Schneider Ákosnak az inspirációt és a bizalmat, Zsíros László Róbertnek a tudományos részek gondos és figyelmes átnézését, Barcza Dánielnek a kritikai meg-
látásokat és pontos kérdéseket, Gáspár Julinak és a Doktori Iskolának, hogy kitartóan egyengették utam, Takács Andreának a gondos és türelmes lektori munkát, Tóth Attilának a grafikai kivitelezést. Hálás vagyok Mukipussznak és barátaimnak a türelemért. Cronenbergnek, akinek a köpenyéből sokan kibújtunk. Édesapámnak – az ősforrásnak.

PROLÓGUS

Apám oltott be ezzel – bár egyikünk sem tudta még akkor.

Nyolcéves voltam, amikor együtt néztük moziban *A nyolcadik utas: a halált*. Otthon csak egyetlen szalag volt a videó mellett: *A légy*.

Később jöttek a könyvek – *Alapítvány*, *A Gyűrűk Ura*, *A Dűne* –, akkoriban még nem tartoztak a fősodorhoz. Nem volt ebből ügy, nem volt ebből beszélgetés. Csak ezek vettek körül.

Nem tanított. Nem magyarázott. Csak nyitva hagyta az ajtókat. Ezt a munkát az ő emlékének ajánlom.

ÖSSZEFOGLALÓ

Az értekezés az élet fogalmának kritikai újraértelmezését végzi el a XXI. századi biomedialis technológia, a kulturális ontológia és a poszthumán elméletek összefüggésében. A dolgozat kiindulópontja, hogy az élet nem természeti adottság, hanem kulturálisan és mediálisan konstruált fogalom, mely különböző történeti korszakokban eltérő jelentéshordozóként működik. E megközelítés az életet nem pusztán biológiai állapotként, hanem olyan mediális aktorként vizsgálja, mely esztétikai, technológiai és politikai reprezentációk tárgyává válik.

A disszertáció a biomédia fogalmán keresztül közelít az élet médiumként való értelmezéséhez. A biomédia itt nem csupán technológiai gyakorlatként, hanem olyan elméleti mezőként jelenik meg, mely az élet, anyag és információ közötti határokat újrendezi. A biomédia-művészet és biodesign példái a médiatechnológiai interfészek, a szintetikus biológia, valamint az ökológiai spekulációk felől nyitnak új perspektívát az élő rendszerek értelmezésére.

A kutatás interdiszciplináris keretben helyezi el a biomédia gyakorlatát, és poszthumanista, ökokritikai, valamint médiumelméleti pozíciók összekapcsolásával hozza létre saját fogalmi horizontját. A kritikai elmozdulás célja nem a mi az élet? esszencialista kérdésének megválaszolása, hanem annak bemutatása, hogyan válik az élet médiumként működő, performatív és kulturálisan artikulált térfogalomká.

A dolgozat tézise szerint a biomédia nem új médiumfajta, hanem egy olyan fogalmi és művészeti kísérleti mező, melyen keresztül a kortárs kultúra újrafogalmazza az élőhöz, a mesterségeshez és a környezeti viszonyrendszerekhez való viszonyát. Ezen összefüggések alapján válik értelmezhetővé a bioart mint szubverzív fikció, a szintetikus biológia mint médiumhasználat, és az ökológiai tervezés mint poszthumán kritika.

ABSTRACT

The dissertation undertakes a critical redefinition of the concept of life within the context of twenty-first-century biomediatc technologies, cultural ontology, and posthuman theory. It begins from the premise that life is not a natural given but a culturally and medially constructed concept, which functions as a bearer of different meanings across distinct historical epochs. This approach does not treat life merely as a biological state, but as a mediatic actor that becomes the object of aesthetic, technological, and political representations.

Through the notion of biomedica, the dissertation explores the interpretation of life as a medium. Biomedica is understood here not only as a technological practice but also as a theoretical field that reconfigures the boundaries between life, matter, and information. Examples drawn from biomedica art and biodesign open up new perspectives on living systems through media-technological interfaces, synthetic biology, and ecological speculation.

The research situates biomedica within an interdisciplinary framework, creating its own conceptual horizon by weaving together posthumanist, ecocritical, and media-theoretical positions. Its critical shift does not aim to answer the essentialist question “what is life?” but rather to demonstrate how life becomes a performative and culturally articulated spatial concept that operates as a medium.

According to the dissertation’s central thesis, biomedica is not a new type of medium, but a conceptual and artistic field of experimentation through which contemporary culture reformulates its relation to the living, the artificial, and environmental relational systems. Within these interconnected domains, bioart emerges as subversive fiction, synthetic biology as a mode of mediation, and ecological design as a posthuman critique.

TÉZISEK

[A]

Az „élet” fogalma nem tekinthető univerzális és stabil ontológiai kategóriának. A disszertáció kiindulópontja szerint az élet kulturálisan és mediálisan konstruált jelentéshalmaz, mely történeti, társadalmi és technológiai kontextusok szerint folyamatosan újraértelmeződik.

[B]

Az élet nemcsak biológiai entitásként, hanem médiumként is értelmezhető, melyen keresztül társadalmak technikai, esztétikai és filozófiai jelentéseket artikulálnak. Ez a médiumelméleti kiterjesztés lehetővé teszi az élő rendszerek materialításának, reprezentációjának és performatívításának együttes vizsgálatát.

[C]

A biomédia nem médiumtípus, hanem működéslogika, melyben az élő anyag interdiszciplináris, esztétikai és ontológiai aktorként jelenik meg. A biomédia e felfogásban nemcsak eszköz, hanem kritikai viszonyrendszer, amely újrendezi az anyag, élet és reprezentáció kapcsolatát.

[D]

A dolgozat új fogalmi hozzájárulása a mimikri alternatív típusainak bevezetése:

- *episztemomimikri*: a természet tudományos leképezésének és rendszerezésének stratégiája;
- *animamimikri*: az élő affektív, spirituális és relációs megtapasztalása;
- *szimbiomimikri*: a közös adaptív együttélés performatív formái;
- *ontomimikri*: a természet ontológiai szerkezetének technikai újratervezése.

E fogalmak Henry Dicks biomimikri-tipológiáját bővítve a természet utánzásának esztétikai, episztemológiai és etikai dimenzióit teszik értelmezhetővé.

[E]

A dolgozat a Carole Collet által kidolgozott biodesign-tipológiát (természet mint modell, alapanyag, munkatárs, feltörhető rendszer) kritikai és interdiszciplináris irányban bővíti, és új értelmezési pozíciókat vezet be,

melyek a természetet rendszerként, adatként és spekulatív médiumként értelmezik. E bővítések lehetővé teszik a természet nemcsak biológiai, hanem infrastrukturális, információs és fikciós működésmódjainak vizsgálatát, és hozzájárulnak a természet fogalmának mediális és politikai újradefiniálásához a kortárs design és művészet területén.

[F]

A poszthumanista és ökokritikai elméleti irányzatok destabilizálják az élet antropocentrikus és esszencialista értelmezését, és relációs, hálózati és multiszubjektív életformák fogalmi terét nyitják meg. Ez az elmozdulás közvetlenül összekapcsolódik a biomédia mediális és konceptuális működésmódjaival.

THESES

[A]

The concept of “life” should not be understood as a universal and stable ontological category. This dissertation begins from the premise that life is a culturally and medially constructed field of meanings, continuously reinterpreted within historical, social, and technological contexts.

[B]

Life can be understood not only as a biological entity but also as a medium through which societies articulate technical, aesthetic, and philosophical meanings. This media-theoretical extension allows for an integrated analysis of the materiality, representation, and performativity of living systems.

[C]

Biomedia is not a type of medium but a mode of operation, in which living matter emerges as an interdisciplinary, aesthetic, and ontological agent. In this perspective, biomedia functions not merely as a tool but as a critical relational system that reconfigures the interplay between matter, life, and representation.

[D]

The dissertation introduces novel conceptual contributions by proposing alternative forms of mimicry:

- *epistemomimicry*: strategies for the scientific mapping and systematization of nature;
- *animomimicry*: the affective, spiritual, and relational experience of the living;
- *ssymbiomimicry*: performative forms of co-adaptive living;
- *ontomimicry*: the technical redesign of nature’s ontological structures.

These terms expand Henry Dicks’s typology of biomimicry, unfolding the aesthetic, epistemological, and ethical dimensions of nature imitation.

[E]

The dissertation critically expands Carole Collet’s biodesign typology (nature as model, raw material, collaborator, hackable system) by introducing new interpretive positions that conceptualize nature as

a system, as data, and as a speculative medium. These extensions enable the exploration of nature not only as biological, but also as infrastructural, informational, and within speculative and fictional modalities, thus contributing to the medial and political redefinition of nature within contemporary design and art.

[F]

Posthumanist and ecocritical theoretical currents destabilize anthropocentric and essentialist understandings of life, opening up a conceptual space for relational, networked, and multi-subjective forms of living. This shift is intimately linked to the medial and conceptual operations of biomedica.

I. BEVEZETÉS

1.1. Kérdésfelvetés

A dolgozat központi kérdése, hogy miként értelmezhető az élet mint médium a kortárs kulturális, művészeti és technológiai gyakorlatok összefüggésében, és hogyan alakítják át a biomédia különféle formái az élet, anyag és információ közötti viszonyokat egy poszthumán és ökokritikai elméleti keretben. A vizsgálat abból indul ki, hogy az élet nem tekinthető többé univerzális és stabil ontológiai kategóriának, hanem olyan kulturálisan és mediálisan konstruált fogalom, mely jelentéseit mindig konkrét történeti, társadalmi és technológiai kontextusokban nyeri el. A dolgozat azt vizsgálja, milyen módon válik az élet nemcsak biológiai, hanem mediális entitássá is: olyan felületté, melyen keresztül társadalmak technikai, esztétikai és filozófiai jelentéseket artikulálnak. A biomédia – mely az élő anyagot nem pusztán biológiai, hanem jelentéshordozó médiumként kezeli – különösen élesen veti fel azokat a kérdéseket, melyek az élet reprezentációjához, materialitásához és mediális működéséhez kapcsolódnak. A dolgozat célja annak feltérképezése, hogy ezek a gyakorlatok hogyan járulnak hozzá az élet fogalmának újraértelmezéséhez, és hogyan teszik lehetővé az antropocentrikus és esszencialista életfelfogások lebontását egy relációs, hálózatos, többalanyú életkép javára. A dolgozat továbbá azt is vizsgálja, hogy e gondolkodásnak milyen elméleti és történeti előzményei vannak – a vallási szimbolikától és tudományos vizualizációtól a biomimetikus építészetten vagy ökológiai művészetten át a kortárs bioart, biodesign, biofikció műfajaiig –, illetve milyen új fogalmi eszközökkel tehető láthatóvá a természet mediális és esztétikai újraalkotása a biomédia terében.

1.2. Módszertani és diszciplináris keret

A kutatásom interdiszciplináris megközelítésben több tudományterületre is támaszkodik. A biomédia fogalmát olyan terekben vizsgálom, ahol nem igazán lehet éles határvonalakat húzni. A médiatudomány-, a filozófia-, a művészetelmélet-, a tudománytörténet- és a designkutatás nézőpontjai időnként egymásra csúsznak – máskor meg éppen feszültséget keltenek. Számomra ez az inter- és transzdiszciplináris-hozzáállás nem egy előre elhatározott módszertani választás volt, hanem inkább egyfajta szükség-szerű válasz arra, hogy a biomédia eleve határhelyzetekben jön létre.

A dolgozat nem egyetlen technológiai vagy művészeti jelenség leírására törekszik. Inkább egy olyan elméleti és kritikai keretet szeretnék kiala-

kítani, mely érzékenyen tud reagálni azokra a hol finom, hol radikális elmozdulásokra, melyek az élő rendszerek, a médium fogalma és a kulturális reprezentációk között zajlanak. Ezek sokszor nem is mindig különíthetők el egymástól.

A kutatás három irányból közelít, de ezek nem feltétlenül egymástól független utak. Egyrészt egy fogalomtörténeti rekonstrukciós irányból, mely a biomédia jelentésének alakulását próbálja körvonalazni; másrészt elemzéseken keresztül vizsgálom a kapcsolódó fogalmakat; végül pedig kortárs művészeti példák stratégiáit elemzem.

A kritikai elméleti szemlélet ebben a dolgozatban nem csupán egy módszertani megközelítés, hanem egy gondolkodási tér, ahonnan megpróbálom belátni és megérteni a biomédia működését. Úgy érzem, hogy nem lenne helyes csupán technológiai, társadalmi vagy esztétikai szempontok alapján leírni a biomédiát. Inkább úgy működik, mint egy élő organizmus, ahol a különböző dimenziók nemcsak keresztezik egymást, hanem gyakran átszivárognak egymásba, vagy éppen összenőnek. A dolgozat talán legfontosabb hozzájárulása az élet fogalmának kortárs újragondolásához éppen az, hogy képes érzékeltetni azokat az átfedéseket, ahol elméleti, esztétikai és érzéki rétegek egyszerre jelennek meg – talán épp ott, ahol eddig nem is kerestük őket.

A dolgozat III. és IV. fejezeteiben olyan klasszikus, illetve korhű források is megjelennek, melyek mára a tudományos és filozófiai diskurzus integrált részévé váltak. Azontúl hogy a történeti kontextusuk miatt relevánsak, fogalmi és episztemológiai hatásuk a kortárs gondolkodásban is meghatározó. Ezek a források nem zártan, hanem újraolvasható és újraértelmezhető tudáshorizontként működnek: a kritikai recepciójuk éppúgy része a dolgozat érvelésének, mint az általuk felvetett alapfogalmak vizsgálata.

1.3. Cél és szerkezet

A disszertáció célja a biomédia fogalmának újraértelmezése és annak elméleti és gyakorlati kiterjesztése a bioart, biodesign, spekulatív design és biofikció területeire. Noha a biomédia már jelen van a médiatudományi és művészeti diskurzusokban, ezek gyakran szétartó értelmezéseket kínálnak. A dolgozat célja e hiány felszámolása, és egy egységesebb fogalmi keret kialakítása, mely képes megragadni a biomédia intermediális, technotudományos és ökológiai összefüggéseit.

A dolgozat szerkezete ennek megfelelően három fő egységre tagolódik:

1. Fogalmi és elméleti keret: filozófiai, természet- és technotudományos és médiumelméleti, valamint poszthumanista és ökológiai alapvetések az élet és a médium viszonyának interdiszciplináris vizsgálatához.
2. Történeti és kultúrtörténeti áttekintés: az élet médiumként való megjelenése az archaikus kultúráktól a modern technológiai reprezentációkig.
3. Kortárs gyakorlatok és esettanulmányok: a design, a képzőművészet biomedialis működésmódjai, melyek az élet, a természet médiumként való alkalmazását nemcsak esztétikai, hanem etikai és társadalomfilozófiai kérdések felől is megközelítik.

A disszertáció újdonsága abban rejlik, hogy a biomédia fogalmát nem elszigetelten, hanem egy relációs és interdiszciplináris hálózatként értelmezi, mely egyesíti ontológiai, esztétikai, technikai és etikai dimenzióit. Ezáltal hozzájárul az élet fogalmának XXI. századi újragondolásához – nem csupán a tudományos, hanem a kulturális és művészeti keretek között is. A dolgozat nem csupán alkalmazza, hanem kritikai és elméleti szempontból is bővíti a biomédia fogalmát, és annak olyan értelmezését kínálja, melyben biológiai, technológiai, filozófiai és esztétikai szempontok összekapcsolódnak. A dolgozat kiterjeszti a médiumelmélet alkalmazási körét: nemcsak az élő anyag használatát vizsgálja, hanem az élő rendszerek mint médiumok ontológiai és spekulatív lehetőségeit is. Ennek során saját fogalmi hozzájárulásként megkülönböztet reprezentációs, technológiai és biológiai médiumformákat, és értelmezési szempontokat kínál a bioart, biodesign, spekulatív design és biofikció kortárs gyakorlataihoz. A disszertáció ezzel nemcsak elméleti reflexióként, hanem egy filozófiai, kultúratudományi, médiumelméleti és művészeti gyakorlatokat integráló szintézisként is új irányokat jelöl ki.

1.4. Időszerűség és társadalmi kontextus

A biomédia témája nem elméleti vákuumban létezik. A fogalom a XXI. századi társadalmi és technológiai átalakulások közepén lélegzik, lüktet és alakul. Gondoljunk csak a Covid-járvány globális következményeire, a mesterséges reprodukcióval születő designer babykre, az AI által tervezett organizmusokra és xenobotokra, vagy az ökológiai válságtól szorongó fiatal tervezőkre és az örök fiatalságot kutató techligarchák cégeire.

A világijárvány rávilágított arra, mennyire sebezhető az élet, miközben felértékelődött a biotechnológia, a tudományos innováció és a kollektív

egészségpolitika szerepe. Ezzel párhuzamosan a társadalmi kontroll, a bioetika, a testhez való hozzáférés, valamint a médiumelmélet kérdései is új hangsúlyt kaptak. Az AI-alapú biotechnológiai fejlesztések, a klímaválságra adott bioalapú, bioinspirált vagy biohackelt designstratégiák olyan új etikai, esztétikai és politikai próbatételeket hoznak létre, melyek az élő rendszerek értelmezését és tervezhetőségét érintik.

A biomédia e kontextusban nemcsak technikai médium vagy művészeti eszköz, hanem egy olyan kritikai érzékelési mező, amelyben a biológiai, társadalmi és kulturális viszonyok újraíródnak. A dolgozat ezekre a komplex és időserű összefüggésekre reflektál, és amellet érvel, hogy az élet nem csupán biológiai, hanem mediális, technológiai és kulturális konstrukció is – olyan fogalmi és materiális tér, melyben reprezentációs, hatalmi és ökológiai folyamatok metszik egymást.

1.5. A dolgozatban tárgyalt példák kiválasztásának szempontjai

A dolgozatomban bemutatott példák kiválasztását és elemzését nem az a szándék vezette, hogy a kortárs ökológiai vagy biomediális design és művészeti gyakorlatok teljes spektrumát feltérképezzem. Ez a disszertáció nem törekszik teljességre, és nem is egyetlen diszciplína – például a biotechnológiai művészet vagy a spekulatív tervezés – kizárólagos szemszögéből közelít a témához. Az elemzett példák (az építészet, képzőművészet, spekulatív fikció vagy design területeiről) inkább arra szolgálnak, hogy demonstrálják a természethez, az élőhöz, illetve magához az élet fogalmához való viszony sokféleségét és összetettségét.

Célom nem pusztán az volt, hogy illusztratív eseteket mutassak be, hanem hogy feltárjam azokat a mögöttes ontológiai, episztemológiai és kritikai pozíciókat, melyek a kortárs design- és művészeti gyakorlatokban gyakran összemosódva jelennek meg. Fontosnak tartottam azt is, hogy rámutassak: bár a dolgozatomban hangsúlyosan a kritikai, érzékenyítő vagy destabilizáló megközelítések kerülnek előtérbe, ezek mellett helyet kapnak olyan példák is, melyek kifejezetten praktikus, alkalmazott megoldásokat kínálnak. Ezek bevonása nem jelenti a dolgozat kritikai fókuszának feladását, csupán demonstrálja, hogy a kritikai megközelítés világosabbá válik, ha szembeállítjuk az élethez és természethez kapcsolódó gyakorlati, problémamegoldó stratégiákkal.

A disszertáció példáinak heterogenitása szándékos döntés eredménye, mely lehetőséget ad arra, hogy világosan és kritikailag tárgyalhassam

az élet és természet kortárs mediális újraértelmezései közötti különbségeket, átfedéseket, illetve a mögöttük rejlő gondolkodásmódok sokféleségét.

II. FOGALMI KERET

2.1. Az életfogalom dinamikus keretei: konstrukció, modellezés és médium

Az élet fogalma látszólag magától értetődő: mindennapi tapasztalatainkban élő és élettelen jól elkülönül, az élet biológiai, érzékelhető és újratermelődjő jelenségeként tűnik fel. Tudományos és filozófiai szempontból azonban az élet az egyik legösszetettebb és legvitatottabb fogalom, melynek nincs egységes vagy stabil meghatározása. Nem egyetemes ontológiai kategória, hanem kulturálisan és mediálisan konstruált jelenség, melynek jelentése történeti, társadalmi és technológiai kontextusokban változik (Braidotti 2022; Dupré és Nicholson 2021).

Ez a konstrukciós jelleg nemcsak a bölcsészeti- és társadalomtudományok megközelítéseire jellemző, hanem a kortárs biológia gyakorlatára is. A modern életkutatás nem egy helyes definíció keresésére törekszik, hanem operatív modellekben gondolkodik. Az életet dinamikus rendszerekben vizsgálja, és nem esszenciaként határozza meg, hanem viselkedési mintázatokon, környezeti válaszokon és emergens tulajdonságokon keresztül írja le. Ilyen modellalapú megközelítések tették lehetővé a rendszerbiológia, a szintetikus biológia vagy az algoritmusvezérelt életformák kifejlődését – új elméleti és technológiai horizontokat nyitva az élet fogalma előtt (Zsíros 2025).

A biológiai komplexitás matematikai és információelméleti modellezése nem csupán új tudományos lehetőségeket teremtett, hanem az életfogalom interdiszciplináris átalakulásához is hozzájárult. Ma már olyan entitások is az élet spektrumába kerülnek, mint a vírusok, prionok, autonóm algoritmusok vagy mesterséges sejtek – melyeknél az élő és élettelen közti határ nem éles (O'Malley 2021). A különböző diszciplínák eltérő metaforákat alkalmaznak: a molekuláris biológia mellett megjelennek filozófiai, fenomenológiai és poszthumanista olvasatok is, melyek az életet nemcsak leírható, hanem létrehozható és mediális rendszerként is értelmezik (Parikka 2023).

A jelen fejezet nem egy végső definíciót kíván felállítani, hanem azt a kiindulópontot rögzíti, hogy az életfogalom eleve instabil, és értelmezése interdiszciplináris, modellalapú és kritikai szemléletet igényel.

Ebből következik az élet mint médium értelmezésének lehetősége is, melyet a következő alfejezet tárgyal. A történeti változások részletesebb áttekintésére pedig a III. fejezet vállalkozik, bemutatva az életfogalom formálódását a premodern kozmológiáktól a kortárs tudományos és technológiai rendszerekig.

2.2. Biomédia: fogalom, előzmények, pozíciók

2.2.1. A biomédia fogalma

A biomédia a kortárs művészet, design és tudomány határterületein megjelenő fogalom, mely az élő szervezetek, biológiai rendszerek és életfolyamatok médiumként való értelmezését teszi lehetővé. Ez a koncepció túlmutat a klasszikus médiumfelfogáson, hiszen nem egy rögzített formát vagy hordozót jelent, hanem egy dinamikusan formálódó, sokszor önmagát is létrehozó rendszert. A biomédia tehát egyfelől technológiai eszköz, másfelől ontológiai kihívás, mely újraértelmezi az élet és a médium fogalma közötti viszonyt.

A fejezet célja kettős: egyrészt átfogó képet adni arról, miként értelmezhető a biomédia a természettudományos, médiaelméleti és művészeti gyakorlatok szempontjából; másrészt feltérképezni azokat az elméleti kereteket, melyek a biomédiát mint kritikai fogalmat pozicionálják. A vizsgálat során nemcsak a médium technológiai sajátosságait vesszük figyelembe, hanem az etikai, filozófiai és ökológiai dimenziókat is, melyek a biomédia jelenséget interdiszciplináris gondolkodási térként tárják elénk.

2.2.2. Természettudományos megközelítés

A biológiai médium természettudományos definíciója szerint minden olyan közeg biomedialisnak tekinthető, mely biológiai folyamatok fenntartására, kommunikációjára vagy manipulációjára szolgál. Ez a meghatározás magában foglalja mind az élő szervezeteket hordozó vagy szabályozó közegeket, mind pedig azokat a rendszereket, melyek az életfolyamatokat információs vagy anyagi szinten befolyásolják.

A biológiai médium egyik egyszerű formája a mikrobiológiai táptalaj, mely nemcsak hordozza a mikroorganizmusokat, hanem fenntartja és szabályozza növekedésüket. Egy baktériumtenyészet esetében a tápközeg nem semleges közvetítő, hanem aktívan befolyásolja a sejtek szaporodását és viselkedését azáltal, hogy lehetővé teszi

az életfeltételeket. Hasonlóképpen, a sejt kultúrák és a szövettenyésztés során maga az anyag válik hordozóvá és interakciós közzeggé. A laboratóriumi sejttenyésztetek például nemcsak a sejtek fenntartását teszik lehetővé, hanem azok célzott módosítására is alkalmasak – például gyógyszeresztelés vagy regeneratív eljárások során.

A biológiai médium egyik közismert példája a DNS, mely nem csupán tárolja a genetikai információt, hanem annak stabil megőrzését és átörökítését is lehetővé teszi. Bár maga a DNS nem aktív szereplő, az általa hordozott információ más makromolekuláris rendszerek – például a transzkripció és transláció gépezet – közvetítésével válik működőképpé. A DNS tehát olyan passzív, de kulcsfontosságú struktúra, mely meghatározza, hogy milyen fehérjék és biológiai funkciók valósulhatnak meg egy adott élőlényben. A szintetikus biológia lehetővé teszi e struktúra célzott módosítását, így a DNS mint információhordozó médium tervezhető és újraírható. E technológiai fordulat egyik mérföldköve a CRISPR-Cas9 génszerkesztési eljárás, mely precíz eszközt kínál a genetikai szekvenciák módosítására. Bár az ilyen beavatkozások nem az evolúció egészének manipulációját jelentik, lokális szinten képesek befolyásolni bizonyos öröklődő tulajdonságokat, és új dimenziókat nyitnak az élő rendszerek mester-séges alakításában. Az evolúció komplex és többtényezős folyamata ugyanakkor messze túlmutat a genetikai kód technikai módosításán – a szelekció, a környezeti tényezők és a populációdinamika szerepe továbbra is meghatározó.

Ezek a példák arra utalnak, hogy a biológiai médium nem pusztán passzív hordozó, hanem olyan dinamikus entitás, mely aktívan befolyásolja az élő rendszerek működését. Ugyanakkor a biotechnológiai és orvosi eljárások révén mindez egyre szorosabban kapcsolódik technológiai folyamatokhoz is. A laboratóriumi sejttenyésztés során például a technikai környezet – az inkubátor, a hőmérséklet-szabályozás, a gépi pipettázás vagy a genomszerkesztő eszközök – egyfelől háttértámogatást nyújt, másfelől aktívan alakítja a biológiai médium működését. Ebben az értelemben nem a médium és az interfész összeolvadásáról, hanem azok egymásba kapcsolódó működéséről beszélhetünk: az életfolyamatokat hordozó anyagi közeg egyre inkább technológiai eljárások és rendszerek által válik hozzáférhetővé, módosíthatóvá és reprezentálhatóvá. Ez az összefonódás új értelmezési lehetőségeket nyit meg a biológia, a filozófia és a művészet határterületein, ahol az élő már nemcsak természetes információhordozó, hanem technológiailag közvetített és alakítható struktúra is.

2.2.3. Biomédia fogalma a kortárs médiaelméletben

A természettudományos definíció után érdemes megvizsgálni, miként értelmezik a médium fogalmát a médiaelmélet és filozófia területén. A következőkben a médium fogalmának technikafilozófiai, poszt-humanista és ökológiai kiterjesztését tárgyalom, mely a biomédia konceptuális alapjait is jelentősen meghatározza.

A médium fogalma a médiatudomány-, filozófia- és technológiaelmélet egyik legösszetettebb és legtöbbször újradefiniált kategóriája. A médium fogalmát sokáig olyan semleges közvetítő közegként értelmezték – mint a levegő, az éter, a papír vagy a képernyő –, mely lehetővé teszi az információ vagy hatás továbbítását egyik pontból a másikba. Ebben a megközelítésben nem maga a médium kerül a figyelem középpontjába, hanem az, amit közvetít. A XX. század második felétől azonban a médium maga is egyre inkább reflexió tárgyává vált. Marshall McLuhan híres tételmondata – „a médium az üzenet” – jelezte azt az elmozdulást, mely a médiumot nem csupán mint semleges csatornát, hanem mint a jelentésképzés aktív formáját kezdte értelmezni. A médium nemcsak továbbítja, hanem alakítja is az információt: strukturálja az érzékelést, befolyásolja a tudás termelését, és meghatározza az észlelés és reprezentáció lehetséges formáit (McLuhan 1964).

Az 1970-es évektől kezdve a médium fogalma elkezdett kiterjedni és differenciálódni, különösen a technikai médiumok, az emberi test, az érzékelés és az anyagság szerepének elemzésével. Friedrich Kittler technodeterminista megközelítése szerint a médiumok materiális és technikai struktúrái megelőzik a diskurzust: nem az számít, mit mondunk, hanem milyen médium teszi lehetővé, hogy egyáltalán mondjunk valamit. A médium tehát nem pusztán eszköz, hanem episztemológiai és ontológiai keret is – egy olyan technikai apparátus, mely maga is történeti és kulturális erővel bír. Vilém Flusser ennél konceptuálisabb irányból közelített: a médium technikai és szemiotikai aspektusait hangsúlyozta. A technikai képek, a kódolás, valamint az apparátus mint világformáló rendszer lépnek elő új típusú médiumként. Flusser szerint a médium olyan programozó eszköz, mely nemcsak ábrázolja, hanem létre is hozza a valóságot (Flusser 2000). Ez a gondolat közvetlen előzményévé vált azoknak a kortárs nézeteknek, melyek a médiumot már nem csupán gépi vagy digitális értelemben, hanem élő, testi, ökológiai vagy hibrid rendszerként értelmezik.

A posztstrukturalista és poszthumanista elméletek – különösen N. Katherine Hayles munkásságában – tovább tágítják a médium fogalmát. Itt a médium már nemcsak eszköz vagy hordozó, hanem maga is élő és érzékeny rendszerként jelenik meg, mely nemcsak közvetít, hanem részt

vesz az információ, az anyag és az érzékelés hálózataiban. A médium többé nem külsődleges elem, hanem a tapasztalat, a test és a világepítés aktív komponense. Ennek a kitágított médiumfogalomnak az egyik radikális formája, amikor az élő anyag maga válik mediális tényezővé. Hauser biomedialitása már nem pusztán kommu-nikációs vagy technikai csatornaként kezeli a médiumot, hanem ontológiai és ökológiai aktorként, mely részt vesz a valóság létrehozásában.

A kiterjesztett médiumelmélet nemcsak emberi közlésre alkalmas technikai eszközöket ért médiumon, hanem élő, hálózati, ökológiailag beágyazott rendszereket is, melyek nem csupán közvetítenek, hanem formálnak, reagálnak, alakulnak – és így médiumként is viselkednek. Ezzel összefüggésben az élet mint médium nem metaforikus kijelentés, hanem egy elméleti és művészeti pozíció: az élet működése, struktúrái és folyamatai aktív médiumi viszonylatként jelennek meg.

A biomédia fogalma ebbe a kitágított médiumelméleti kontextusba illeszkedik: azt vizsgálja, hogyan válhat az élő anyag médiumként működő rendszerré, hogyan lesz a biológiai folyamatból információs vagy művészi közeg. A biomédia tehát nemcsak egy új médiumtípus, hanem elméleti és gyakorlati kísérlet is az élet és technológia határainak újradefiniálására.

A következő alfejezetek a kiterjesztett médiumelmélet konkrét példáit tárgyalják – Roy Ascott moist media-konceptiójától egészen Eugene Thacker bioinformatikai és filozófiai biomédia-modelljéig.

2.2.4. Kiterjesztett médiumelmélet

A XX. század végétől a médium fogalmát nemcsak technikai csatornaként, hanem ontológiai, érzéki és ökológiai aktorként kezdik értelmezni. A kiterjesztett médiumelmélet (extended media theory) szerint a médium nem csupán hordozó, hanem aktív közreműködő az észlelés, jelentésképzés és anyagi valóság formálásában. E nézőpontból az élő anyag – például sejt kultúra, baktérium, szövet vagy DNS – maga is médiumként működhet: nemcsak ábrázolható, hanem közvetít, választ, változik. Ez a szemlélet teremti meg azt az elméleti alapot, melyre a biomédia kritikai fogalma épül. A következő részekben három meghatározó teoretikus koncepcióját mutatom be.

Eugene Thacker: a biomédia mint biológiai-informatikai rendszer

Eugene Thacker amerikai filozófus és médiateoretikus az elsők között dolgozott ki átfogó elméletet a biológiai és digitális médiumok összefo-

nódásáról. 2004-es *Biomedica* című művében az élő szervezeteket nem csupán kutatási objektumként vagy alapanyagként, hanem technológiai médiumként értelmezi. A biotechnológia és az információtechnológia konvergenciája révén a biológiai anyag informatikai kontextusba kerül: programozhatóvá, átalakíthatóvá és optimalizálhatóvá válik – hasonlóan a digitális rendszerekhez (Thacker 2004).

Thacker elmélete két fő irányt különít el. Egyrészt az élő rendszerek digitalizálhatók: genetikai szekvenálás és bioinformatikai feldolgozás révén biológiai adatszerkezetekké alakulnak. Másrészt a digitális rendszerek biologizálódnak: a számítástechnikai modellek egyre inkább az élet működését utánozzák, például a DNS-alapú számítástechnika és a szintetikus biológia révén, ahol az élő anyag új számítási és mérnöki rendszerként jelenik meg.

A *What is Biomedica?* című tanulmányában vezeti be a kattintásra működő biológia (*point-and-click biology*) fogalmát, mely azt a jelenséget írja le, hogy a biológiai rendszerek digitális interfészekon keresztül irányíthatóvá és szerkeszthetővé válnak (Thacker 2005). A genetikai szekvenciák módosítása hasonlatossá válik a számítógépes ikonokra kattintáshoz – ez az analógia világít rá az élet új informatikai logikájára. Thacker szerint ez a szemlélet túlmutat a mechanikus és determinisztikus életfelfogáson, és az élő programozható információs rendszerként értelmezi. 2006-os interjújában Thacker kiemeli, hogy az élet technológiai médiumként való felfogásának filozófiai és társadalmi következményei is vannak. A biomédia nem pusztán tudományos vagy művészeti innováció, hanem gazdasági és hatalmi tér, ahol az élő anyag piaci értékévé válik. A géntechnológia, klónozás és szintetikus biológia fejlődése így a kapitalizmus és a globalizáció folyamatainak is részévé válik (Pandilovski 2010).

Kritikai szempontból a biomédia egyik legproblematisabb aspektusa az ellenőrzés és hozzáférés kérdése. Ha a biológiai rendszerek programozhatók, alapvető kérdéssé válik, hogy ki irányítja ezeket a rendszereket, milyen célból, és milyen következményekkel. Thacker szerint a biomédia így hatalmi technológia is, nem csupán technikai médium.

Ezzel összefüggésben Thacker hangsúlyozza az emberi test és identitás átalakulását: ha az élő informatikai infrastruktúraként kezeljük, akkor a test maga is programozható rendszerként jelenik meg, ami radikálisan kérdőjelezi meg a hagyományos emberképet. Ez a megközelítés közvetlen kapcsolatban áll a poszthumanista diskurzusokkal, melyek az emberi létezés technológiai és biológiai újraszerveződését vizsgálják.

Összességében Thacker szerint a biomédia nemcsak egy új médium-típus, hanem interdiszciplináris és filozófiai kérdés, mely alapjaiban rendezi újra az élő és élettelen, természetes és mesterséges közötti határvonalakat. A biomédia a bioinformatika, a szintetikus biológia és a kortárs médiaművészet határán állva teszi láthatóvá az élet új, technológiailag mediált állapotát.

Roy Ascott: moist media és posztbiológiai érzékelés

Roy Ascott brit kibernetikus és telematikus művész a moist media fogalmát az élő rendszerek, digitális technológiák és interaktív médiumok hibrid, átmeneti közegeként vezette be (Ascott 1999). Megkülönböztette a digitális rendszerek (*dry media*), biológiai, kémiai anyagok (*wet media*), valamint a moist media kategóriáját, mely az élő anyag és a technológia közötti kölcsönhatás zónájában jelenik meg. Itt a médium nem pusztán hordozó vagy alapanyag, hanem aktív, érzékeny és változó rendszer, mely sejtnövekedésre, biokémiai folyamatokra vagy genetikai módosításokra is képes reagálni.

A *moist media* médiumfogalma tehát kitágítja a medialitás technikai keretét, és az élő interaktív, hálózati és érzékelési aktorként értelmezi. Ez különösen jelentős a bioart és a biodesign területén, ahol az élő anyag nemcsak reprezentált vagy manipulált objektum, hanem a művészeti folyamat közvetlen, aktív résztvevője.

Ascott művészi és elméleti munkássága a *moist media* fogalmát egy teljesebb világmodell részeként értelmezi: a BANG (bit, atom, neuron, gén) integratív egységeként, ahol az adat, anyag, tudat és öröklődés egyetlen rendszerré fonódik össze (Ascott 2000). Ebben az ökológiai és posztbiológiai térben a digitális, biológiai és spirituális folyamatok egyetlen összetett médiumot alkotnak.

Írásaiban Ascott a háromféle valóság – *virtual*, *validated*, *vegetal reality* – összeolvadásáról beszél. A *vegetal reality* egy olyan növényi tudatmezőt jelöl, ahol az élő anyag egyetlen indaként fonja össze az érzékelést, az anyagot és a jelentést, és ahol visszatérhetnek az anyagelvű diskurzusok által száműzött ezoterikus és sámánisztikus hagyományok is. Ez a spirituális dimenzió a nooszféra technofil újraírásaként is értelmezhető, ahol az érzékelés, a tudatállapot és a médium egy átalakuló ökoszisztéma részévé válik.

Ascott gondolkodása szorosan összefügg a poszthumán identitás kérdésével: a moist media mint posztbiológiai ősleves nemcsak médium-típus, hanem ontológiai tér, melyben új létformák és érzékelési módok

szülehetnek. Ez a nézőpont különösen releváns a biofikció és spekulatív design területein, ahol a természet nem csupán modellezett, hanem transzperszonálisan átélt világgént jelenik meg.

A *moist media* így nemcsak technikai, hanem spirituális és mediális paradigma, mely közvetlen kapcsolatba hozható az animamimikri elméletével is. Ascott művészeti gyakorlataiban az interaktív ökoszisztéma-szimulációk mediális mimikriként működnek – nemcsak reprezentálnak, hanem megszólítják és érzékileg aktiválják az élő világot.

A *moist media* kifejezés magyarázata nyelvileg és konceptuálisan is nehéz. Bár a nedves médium kifejezés utalhat a biológiai és kémiai komponensekre, nem képes visszaadni a fogalom átmenetiségét, hibriditását és érzéki implikációit. Egyes kontextusokban pontosabb lehet a biodigitális vagy biohibrid médium megnevezés, különösen ott, ahol a biológiai és digitális folyamatok szorosan integrálódnak. A *moist media* tehát nemcsak technikai leírás, hanem tág metafora is, mely újfajta posztbiológiai és posztthumán medialitásra utal.

Jens Hauser biomedialitása

Jens Hauser biomedialitás-elmélete a biotechnológiai művészet és a médiatudomány határterületén helyezkedik el. Azt vizsgálja, miként válik az élő anyag nemcsak médiumként kezelhető, hanem önállóan is performatívá a kortárs művészetben és technológiában. A klasszikus médiateóriákkal ellentétben, melyek a médiumokat passzív közvetítőként értelmezik, Hauser szerint a biológiai rendszerek aktívan alakítják és generálják is azt, amit közvetítenek (Hauser 2012).

A *biomedialitás* olyan összefonódott rendszert ír le, ahol a biológiai és technológiai elemek közös médiumként működnek, például DNS-információ, sejt kultúra vagy biointerfész révén. Ebben a kontextusban a médium nemcsak eszköz, hanem interaktív és változó aktor, mely élőként vesz részt a kommunikációs és esztétikai folyamatokban.

A *mikroperformativitás* kulcsfogalomként jelenik meg Hauser munkásságában, utalva arra, hogy a művészi gyakorlatokban a sejtek, baktériumok vagy enzimek nemcsak reprezentációs, hanem performatív elemek is (Hauser 2014). A biotechnológiai művészet így nemcsak médiumként használja az organizmusokat, hanem az élet folyamatait performatív aktusokként emeli be az esztétikai térbe.

Hauser hangsúlyozza, hogy a biomedialitás átírja a médium fogalmát: egyrészt biológiai organizmusokat alkalmaz médiumként, másrészt a technológiai eszközöket is élő rendszerekké formálja. A DNS például genetikai kódként és digitális információhordozóként is értelmezhető – így válik a médium önmagát újraértelmező (*remediáló*) formává.

Ez az értelmezés nemcsak esztétikai és technológiai, hanem etikai és filozófiai kérdéseket is felvet. Az élő rendszerek médiumként kezelése elmoshatja a határt az élő és a mesterséges között, újra kell gondolni a művészeti felelősség és a biológiai integritás viszonyát (Hauser 2019). A biomedialitás így szoros kapcsolatot tart fenn a bioart, a szintetikus biológia és az interaktív médiaművészetek legfontosabb törekvéseivel.

Összefoglalva: a biomédia kortárs értelmezései – Thacker technológiai-biopolitikai megközelítése, Ascott érzéki és spirituális médiumfogalma, valamint Hauser performatív biomedialitása – mind egy olyan kiterjesztett médiumelméleti horizontot rajzolnak fel, ahol az élő nem csupán reprezentáció tárgya, hanem maga is mediális aktor. Ez az új mediális ontológia alapozza meg a bioart és a biodesign kritikai és spekulatív gyakorlatait.

2.2.6. Kritikai biomédia-elméletek és poszthumán gondolkodás

A biomédia fogalmának kritikai újragondolása a kortárs médiumelmélet, filozófia és tudománykritika metszéspontján zajlik. Számos szerző és irányzat hangsúlyozza, hogy a biológiai és technológiai rendszerek médiumként való értelmezése nem csupán episztemológiai, hanem ontológiai és politikai következményekkel is jár (Hayles 1999; Parikka 2015; Parisi 2013). A biomédia nem pusztán új hordozó vagy reprezentációs forma, hanem olyan rendszerszintű átalakulás része, mely újraformálja az élet, a tudat és az anyag fogalmát.

N. Katherine Hayles, amerikai irodalomtudós és médiateoretikus, az egyik első olyan szerző, aki a digitális biológia és a testtapasztalat viszonyára reflektált poszthumanista kontextusban. *How We Became Posthuman* című művében bemutatja, miként vált az élet fogalma egyre inkább információelméleti entitássá, elválaszthatóvá az anyagi testtől és a szubjektív tapasztalattól. Kritikája szerint a digitális biotechnológia és a számítástechnikai modellezés redukcionista módon kezeli az életet, háttérbe szorítva annak testbe ágyazottságát (*embodiment*) és kontextusfüggő komplexitását. A kulcsfogalom nála nem csupán biológiai adottság, hanem a tudat és a médium viszonyának kulturálisan és technikailag meghatározott szerveződése (Hayles 1999).

Jussi Parikka, a médiarégezészet és az ökokritikai médiaelmélet képviselője, biomédia-fogalmában ökológiai és materiális hangsúlyokat helyez előtérbe. A *Geology of Media* (2015) és az *Insect Media* (2010) című munkáiban a médiát nem pusztán technológiai eszközként, hanem anyagi és ökológiai rendszerként közelíti meg. A biomédia olyan folyamatként jelenik meg, mely nemcsak élő organizmusokat használ médiumként, hanem maga is beágyazódik az anyagcserékbe, bomlási folyamatokba, ökológiai hálózatokba és geológiai időskálákba. Parikka koncepciója radikálisan decentralizálja a médium antropocentrikus fel fogását, és a biomédia kapcsán a környezeti és ökológiai kritika eszköztárát is beemeli (Parikka 2015).

A spekulatív médiatudomány és algoritmikus elmélet képviselőjeként Luciana Parisi a biomédiát a számítási rendszerek és az élet automatizált előállításának relációjában vizsgálja. *Abstract Sex* (2004) és *Contagious Architecture* (2013) című műveiben azt elemzi, hogyan válik a biológiai élet programozhatóvá az algoritmikus rendszerek révén. Parisi szerint az élet már nem az organikus növekedés vagy szerves evolúció eredménye, hanem az absztrakt kód és a kalkulatív logika új szintézise (Parisi 2013).

Peter Weibel *Biomedial: Life-Like Behaviour* (2022) című kiállítása a biomédia fogalmát interdiszciplináris kontextusban vizsgálta. A bemutatott művek nemcsak imitálták az élő rendszerek sajátosságait, hanem autonóm technológiai viselkedések lehetőségét is felvetették. Weibel értelmezésében a biomédia nem az élő anyag médiumként való alkalmazása (mint például Hausernél), hanem az életszerű működés, adaptáció és önszerveződés technológiai modellezése – így a természetes és a mesterséges közötti határok újrendeződése (Weibel 2022).

Az előbbi elméletek közös nevezője, hogy a biomédiát nemcsak az élő szervezetek technológiai kiterjesztéseként, hanem egy újfajta filozófiai és esztétikai horizontként értelmezik (Parisi 2013; Hayles 1999; Parikka 2015). A biomédia nem csupán egy technológiai eszköz vagy művészeti médium, hanem egy olyan kritikai tér, melyben az élet, az anyag és az információ viszonyai újrendeződnek, és mely reflexióra készítet a poszthumán állapot ökológiai, társadalmi és etikai kihívásaival kapcsolatban is.

2.2.7. A biomédia fogalmának újradefiniálása

A biomédia ebben a disszertációban nem kizárólag technológiai vagy művészeti kategóriaként jelenik meg, hanem olyan kritikai fogalomként, mely az élet médiumként való értelmezését – biológiai, informatikai, ökológiai és kulturális dimenziókban – tárja fel. A hangsúly

nem az élő technikai reprodukcióján, hanem annak érzéki, etikai és episztemológiai vonatkozásain van.

A dolgozat értelmezési kerete szerint biomédiának tekinthetők azok a művészeti és designgyakorlatok, melyek élő anyagokkal és biológiai folyamatokkal dolgoznak, mint a bioart és a biodesign, spekulatív módon modellezik vagy tematizálják az élő rendszereket, mint a biofikció és a biomimikri, vagy reflektálnak az élet technológiai, etikai és ökológiai implikációira.

Ezzel szemben nem tartoznak ide azok a technológiai installációk, autonóm gépek vagy mesterséges intelligenciák, melyek nem viszonyulnak kritikai módon a biológiai működéshez, és nem tematizálják annak korlátait vagy következményeit.

A biomédia ebben az értelemben nemcsak új médiumhasználat, hanem olyan gondolkodási tér, ahol a biológiai rendszerek ontológiai kihívásként jelennek meg. A hangsúly az élő test anyagi, affektív és kapcsolati jelenlétére kerül, mely nem redukálható információra vagy algoritmikus működésre – szemben a digitális absztrakcióra épülő megközelítésekkel. A test nem pusztán hordozó, hanem aktív résztvevő – egy interakciós aktor –, mely újradefiniálja a médium és az élet fogalmát is.

A biomédia tágabban értelmezett kritikai mezőként működik, ahol az élet működése, megértése, kockázatainak és lehetőségeinek feltérképezése, irányítása vagy újratervezése válik a művészi és tervezői gondolkodás központi elemévé. A biológiai rendszerek nem csupán anyagként, hanem érzékeny, hálózatos és relációs entitásként jelennek meg, melyek az élő testbe ágyazott tudás, érzékelés és létmód fontosságát emelik ki. Ez a megközelítés kritikusan viszonyul a testet pusztán adatként kezelő, algoritmizált nézőpontokhoz, és olyan médiumfogalmat kínál, amelyben a jelentéshordozás és az interakció is az előből indul ki.

A biomédia fogalmának e tág, interdiszciplináris értelmezése mélyen beágyazódik a művészet és az élő rendszerek kapcsolatának történeti előzményeibe. Az élet médiumként való felfogása – akár szimbolikus, rituális, anatómiai vagy ökológiai síkon – már a legkorábbi vizuális kultúrákban is megjelent, és különböző formákban végigkíséri a művészettörténet egészét: az archaikus szertartások képi világától a mitikus állatábrázolásokon, vallási ikonográfián és reneszánsz kori anatómiai reprezentációkon át egészen a modern tudomány és technológia által inspirált művészeti gyakorlatokig.

A következő fejezet ezt a történeti és filozófiai ívet követi végig, feltárva, hogyan jelent meg az élő mint médium, metafora vagy világmagyarázó erő a művészeti formákban – jóval azelőtt, hogy a biomédia kifejezés létrejött volna. A történeti áttekintés itt nem a teljesség igényével, hanem konceptuális élességgel közelít: olyan meghatározó csomópontokat emel ki, ahol az élet fogalma termé-keny átalakuláson ment keresztül a művészet, tudomány és technológia határvidékein – különös tekintettel a biomédia és a designelmélet szempontjaira.

2.3. Az élet és természet viszonya

A biomédia fogalmának feltérképezése rámutatott arra, hogy az élő nem csupán tárgya, hanem közege is lehet a tudományos és művészeti reprezentációnak. E mediális viszonyulás továbbgondolása megkívánja az élet, a természet és a test fogalmainak újraértelmezését mint összefonódó, de nem azonos jelentésmezőket. A disszertáció értelmezési keretében az élet nem egy esszenciális vagy stabil entitás, hanem egy mediálisan strukturált mező, melyben a természet és a test is mint életformák vagy élettel telített viszonyrendszerek jelennek meg.

Bár a dolgozatban az élet, a természet és a test fogalmi időnként egymást átfedve szerepelnek – jelezve e kifejezések kulturális és nyelvi összemosódását –, az értelmezési keret kísérletet tesz arra, hogy analitikus és episztemikus különbségeket tegyen közöttük, eltérő mediális és diskurzusformáló szerepeik szerint.

A természet a dolgozatban elsősorban mint modell, rendszer vagy viszonyítási struktúra kerül előtérbe – ahogyan azt például Janine Benyus vagy Buckminster Fuller biomimetikus koncepciói is mutatják. A test ezzel szemben érzékelő, átalakuló és affektív közegként jelenik meg, mely az anyag, technológia és jelentés rétegein keresztül válik értelmezhetővé. Az élet pedig ezek fölött nem hierarchikus ernyőfogalomként, hanem az anyag, érzékelés, szervezethez és affektus dinamikusan hálózataként értelmeződik – amely minden esetben testi és/vagy természeti viszonyokba ágyazottan nyilvánul meg.

A disszertáció elismeri azt az elméleti kritikát, mely a természet, az élet és a test szétválasztását gyakran mesterségesnek vagy ideologikusan terheltnak látja (például Haraway 2016; Morton 2007; Latour 2004). Timothy Morton „ökológia természet nélkül” tézise például arra mutat rá, hogy a természet fogalma gyakran antropocentrikus és mitologizált projekcióként működik, amely inkább elfedi, semmint feltárja az ökológiai viszonyokat.

A dolgozat mégsem mond le a fogalmi differenciálás szükségességéről, mivel éppen ezek a különbségek teszik lehetővé az eltérő művészeti, designelméleti és episztemológiai stratégiák elemzését. Az élet itt tehát nem önállóan létező elv vagy biológiai tény, hanem olyan mediális és kulturális konstrukció, mely a természethez, a testhez és az anyaghoz fűződő kapcsolataiban artikulálódik. A disszertáció célja nem e fogalmak végleges definiálása, hanem az, hogy feltárja, miként működnek ezek mint értelmezési keretek különféle tudásformákban, reprezentációkban és tervezési gyakorlatokban

2.4. A mimikri fogalma és történeti háttere

E viszony mediális és elméleti feltérképezése után a dolgozat a természet és élet fogalmainak kulturális és tudományos reprezentációi felé fordul, melyek gyakran az utánzás, a modellálás és a mimetikus ráhangolódás formáiban öltenek testet. A következő alfejezet a mimikri fogalmát és elméleti fejlődését vizsgálja mint olyan mediális és episztemológiai műveletet, mely kulcsszerepet játszik a természet értelmezésében, megértésében és újrakonstruálásában – a tudományos vizualizációtól a biomedialis művészeteken át a tervezési gyakorlatokig.

A természetutánzás egyik alapvető elméleti és gyakorlati keretként a mimikri fogalmának hosszú története van a nyugati tudományban, művészetben és filozófiában. E disszertációban a mimikri nem csupán biológiai vagy esztétikai jelenséggként jelenik meg, hanem olyan mediális és episztemológiai relációként, mely új megvilágításba helyezi a természet és az élet fogalmát. A fejezet célja a mimikri elméleti történetének áttekintése, valamint két új kategória – az animamimikri és az episztemomimikri – bevezetése, melyek a természethez való affektív és ismeretelméleti kapcsolódás különböző módjait teszik láthatóvá. Az itt kibontott fogalmi mező megalapozza a disszertáció élet mint médium tézisét, valamint értelmezési keretet ad a későbbi esettanulmányok számára is, melyek a mimikri különféle alkalmazási formáit elemzik majd.

2.4.1. Mimikri és mimézis a természetfilozófiában: a természet utánzása a tudományos és művészeti hagyományban

A természet utánzásának eszméje mélyen gyökerezik a nyugati gondolkodás történetében. Arisztotelész mimézisfogalma a természet formateremtő elvét hangsúlyozta, melyet a művészet nem pusztán leképez,

hanem kiteljesít (Arisztotelész [ca. 335 BCE] 1987). A reneszánsz művészet – például Albrecht Dürer természeti tanulmányai – a természet részleteinek precíz követésében vélte felfedezni az isteni rend és harmónia leképezésének lehetőségét (Kemp 2000).

Francis Bacon szerint a természet nem passzívan szemlélendő, hanem *kikérdezhető*: a tudomány feladata a természet működésének feltérképezése kísérleti és mimetikus eljárásokkal, nem egyszerű utánzással, hanem célzott manipulációval (Bacon [1620] 2000). Ezzel az ismeretelméleti mimikri korai formája jött létre, ahol a természet utánzása tudáselőállítás eszközzé vált.

A biomimikri kortárs koncepcióját Janine Benyus (1997) dolgozta ki, aki a természetet „modellként, mértékként és mentorként” értelmezi a fenntartható innováció szolgálatában. Benyus hangsúlyozza, hogy a természet tanítóként jelenik meg, nem csupán technikai, hanem etikai és ökológiai horizontként is.

E rövid történeti áttekintés olyan példákat jelöl ki – a klasszikus mimézistől a reneszánsz természettudományon és művészetén át a modern biomimetikáig –, melyekre a disszertáció későbbi fejezeteiben részletesen visszatérek.

2.4.2. Henry Dicks biomimikri-tipológiája

The Biomimicry Revolution: Learning from Nature How to Inhabit the Anthropocene (2023) című munkájában Henry Dicks a biomimikrit nem pusztán technológiai vagy tervezési stratégiaként, hanem morális és filozófiai programként értelmezi. A természet utánzásának történeti és elméleti vizsgálata során négy mimetikus típust különböztet meg: a theomimikrit, melyben a természet mint isteni rend leképezése; az antropomimikrit, mely emberi tulajdonságok vetítése a természetre; a biomimikrit, mely a természetet technikai modellként alkalmazza; és a pantomimikrit, mely a természet komplex, nem emberi működésének utánzása.

Ez a tipológia nemcsak a természet mimetikus megközelítéseit rendszerezi, hanem azok erkölcsi és világgépi következményeit is feltárja. Dicks szerint a természet utánzása akkor válik radikális ökológiai stratégiává, ha túllép a technikai hasznosításon, és a természetre tanítóként és etikai mérceként tekintünk. A négy mimikritípus így nemcsak történeti kategóriák rendszere, hanem egy etikai-episztemológiai skála, mely a disszertációban segíti

a természetutánzás különböző diskurzusainak értelmezését a tudománytól a designon át az ökoművészetig.

2.4.3. A mimikri mint mediális és ismeretelméleti reláció

Az előzőekben tárgyalt mimikrifogalmak – ideértve a Dicks-féle tipológiát a theo-, antro-, bio- és pantomimikri, valamint a disszertáció által bevezetett onto-, szimbio-, episztemo- és animamimikri kategóriákat – nem csupán a természet utánzásának különféle típusait rendszerezik, hanem egy tágabb elméleti kontextushoz is hozzájárulnak: a természet mint mediális közeg felfogásához. E megközelítésben a természet nem tárgyként vagy háttérként jelenik meg, hanem közvetítőként, mely az emberi és nem emberi világok közötti viszonyokat szervezi és közvetíti.

A mimikri tehát nem csupán formai utánzást, hanem relációs szerveződést is jelent: olyan kapcsolatokat kialakítását, melyekben a természet strukturális mintázatai, affektív terei és episztemikus folyamatai egyaránt médiumként működnek. Az episztemomimikri révén a természet tudássá válik, míg az animamimikri esetében érzéki és spirituális viszonyt teremt. A két fogalom együtt kitágítja a mimikri klasszikus horizontját, és összeköti a megismerés, az érzékelés és a jelentésképzés folyamatait.

Ez a relációs szemlélet közvetlenül illeszkedik a dolgozat központi tételéhez: az élet mint médium gondolatához. A természet ebben az értelmezésben nem statikus díszlet vagy utánzandó forma, hanem világépítő közeg, melyben az emberi tervezés, tudásformálás és esztétikai gyakorlat újrakereteződik. A mimikriformák tehát nem pusztán az utánzás kategóriái, hanem mediális viszonyformák: olyan stratégiák, melyek a természetet nem reprezentálni, hanem olvashatóvá, átélhetővé és taníthatóvá teszik. Ily módon a mimikri nemcsak episztemológiai és esztétikai, hanem ontológiai és mediális tét is: kulcsfogalom ahhoz, hogy a természet és élet viszonyát ne hierarchikusan, hanem hálózatosan és kölcsönösen értelmezzük.

Noha a mimikri különböző típusainak elhatárolása az elméleti tisztázást szolgálja, fontos hangsúlyozni, hogy e kategóriák gyakorlati alkalmazása nem mindig tisztán szétválasztható. Egy adott művészeti vagy designgyakorlat például egyszerre működhet episztemomimetikus és pantomimetikus regiszterben – azaz egyaránt szolgálhat megismerési célt és relációs, ökoszisztémikus érzékenységet is közvetíthet. Hasonlóképp, egyes biomimikri-alapú építészeti megoldások nemcsak technikai modellezésként, hanem animamimetikus

ráhangolódásként is olvashatók, különösen, ha az alkotás a természet spirituális dimenzióját is tematizálja.

Ezért a disszertációban felállított tipológia nem zárja ki az átjárásokat és rétegzettségeket: a mimikriformák nem merev besorolási rendszerek, hanem értelmezési tengelyek, melyek különböző hangsúlyokat emelnek ki egy adott természetkapcsolati viszonyból.

Külön vizsgálatot érdemel a pantomimikri fogalma, mely Henry Dicks elméletében nem a természet utánzásának legkomplexebb formájaként, hanem a posztmodern mimikri egyik sajátos típusaként jelenik meg. A pantomimikri lényege, hogy bármi és minden lehet modell, mérce vagy inspiráció – nemcsak az ember, hanem bármely élő vagy élettelen létező. Ez a megközelítés élesen eltér a klasszikus biomimikri vagy az antropomimikri hierarchikus logikájától, hiszen elveti az egyetlen uralkodó példa lehetőségét, és a mintaképzés pluralizmusát hangsúlyozza.

Fontos azonban világossá tenni, miben tér el a pantomimikri a klasszikus értelemben vett imitációtól, illetve a relációs esztétika fogalmától. Míg az imitáció a természet formáinak vagy működéseinek direkt másolását jelenti, a pantomimikri nem másol, hanem demokratizál: olyan esztétikai és etikai szemléletet képvisel, amely szerint minden forma és létező potenciálisan viszonyítási alap lehet, nem pusztán funkcionálisan, hanem értékelméleti szinten is. Ebben az értelemben rokonítható a relációs esztétikával Nicolas Bourriaud nyomán (2006), azonban túl is lép rajta: míg a relációs esztétika elsősorban emberi interakciókat tematizál esztétikai keretben, a pantomimikri nemcsak emberi, hanem nem emberi, ökológiai és technikai entitások közötti sokféle viszonyt is képes modellként kezelni, anélkül, hogy hierarchiát állítana közöttük.

Ez a differenciálás különösen fontos a kritikai biomédia, a transzmediális ökodesign és az átmeneti közösségi modellek elemzésében, ahol a természet nem leképezett, hanem kódolt és együttműködve újraszervezett közegként van jelen.

2.5. Új fogalmi hozzájárulások: episztemomimikri, animamimikri, szimbiomimikri és ontomimikri

A disszertáció elméleti újításként két, eddig nem rendszerezett mimikriformát vezet be: az animamimikri és az episztemomimikri fogalmát. Ezek a kategóriák a mimézis és a természetutánzás olyan aspektusaira

világítanak rá, melyek Henry Dicks biomimikri-tipológiájában (2021) nem jelennek meg explicit módon.

Az animamimikri a természet utánzásának affektív, relációs és spirituális formáit ragadja meg. Olyan ráhangolódási stratégiákról van szó, melyekben az emberi és nem emberi világ közötti kapcsolat nem technikai, hanem érzelmi, testi és gyakran rituális viszonyként jön létre. E mimitikus gyakorlatok – legyen szó gondoskodásalapú kapcsolódásról, mimitikus világlátásról vagy közvetítő szertartásokról – nem reprezentációt céloznak, hanem részvételt: a természet nem tárgyként jelenik meg, hanem élő, spirituálisan átítatott közegként, melyhez kapcsolódni lehet. Ennek a szemléletnek mély gyökerei vannak az őskori vizuális és rituális kultúrákban – például a barlangrajzokban, idoloiban, totemekben –, ahol a képek nem másolatok, hanem mediális átjárók ember és természet, ember és állat, ember és szellemvilág között. Az animamimikri így összeköti az animista ontológiák és nem nyugati világképek relációs logikáját a kortárs ökofeminizmus érzéki etikájával, valamint az ökospirituális művészetek tapasztalati horizontjával. A természet itt nem reprezentált, hanem megszólított valóság, melyhez az ember érzékenységgel és részvétellel fordul – így az animamimikri a modernitás technocentrikus tudásformáinak kritikájaként, valamint interkulturális és intertemporális tanulási formaként is értelmezhető.

Az episztemomimikri ezzel szemben a természet utánzásának ismeretelméleti dimenzióját emeli ki. A fogalom olyan történeti és elméleti gyakorlatokra utal, melyekben a természet struktúráinak és működésének utánzása nemcsak technikai innováció, hanem a megértés és tudás médiuma. A korai modernitás tudományos és művészeti eljárásai – például az anatómiai rajzok, mikroszkopikus ábrázolások, vagy mechanikus modellek – nem csupán a természet vizuális leképezései voltak, hanem a természet működésének feltérképezésére szolgáló mimitikus technikák. Az episztemomimikri ebben az értelemben a természetből tanulás és a természet mint élő laboratórium felfogásának fogalmi keretét nyújtja. A tudás nem elválik a természettől, hanem belőle származik: a természet működésének utánzása maga válik megismerési folyamattá. Ennek példái – a mikroszkopikus vizualitástól a bionikus szerkezetekig – a dolgozat későbbi fejezetei részletesebben kitérnek.

A szimbiomimikri a mimézis olyan ökológiai-relációs formája, mely a természetet nem leképezendő modellként, nem spirituális viszonytársként, és nem is alternatív világok alapjaként kezeli, hanem együttműködő élő rendszerként, melynek belső logikáihoz és anyagi folyamataihoz a design nemcsak igazodik, hanem azok részévé válik. A szimbiomimikri olyan tervezői megközelítéseket jelöl, melyek nem tárgyasítják a természetet, hanem anyagi-partneri viszonyként értelmezik azt: a mik-

roszkopikus élőlényekkel, növényekkel vagy mesterséges bioszisztémákkal való közös növesztés, építés, gondozás nem imitáció, hanem interakció. Az ilyen típusú mimikri nem az élet formáinak vagy mintázatainak reprezentációjára épül, hanem azok performativitásának és eleveniségének aktiválására: a természet itt nem inspiráció vagy szimbólum, hanem társalkotó. A szimbiomimikri különösen releváns a növesztéses biodesign, a biofabrikáció, a mikrobiális együttélésen vagy szimbiotikus intelligenciákon alapuló projektek esetében, ahol az emberi és nem emberi aktorok együtt szerveznek egy újfajta materiális és ökológiai viszonyrendszert. Ez a megközelítés tehát túlmutat az antropocentrikus tervezői racionalitáson, és olyan anyagalapú és ökológiai-lag beágyazott designelméletet körvonalaz, mely a természetet nem csupán modellezi, hanem aktívan együtt él vele.

Az ontomimikri a mimikri olyan lételméleti formája, amely nem a természet megértésére (mint az episztemomimikri), és nem is azzal való relációs ráhangolódásra (mint az animamimikri) törekszik, hanem alternatív létformák konstruálásában válik működővé. Az ontomimikri nem a természet utánzásaként, hanem a természetén túli világképzés mediális stratégiájaként értelmezhető: olyan mimetikus gyakorlat, amely nem leképezi, hanem újraszervezi a létezés feltételeit. Ebben az értelemben a mimikri nem reprezentációs, hanem ontológiai aktus, mely során a természet nem referencia, hanem kiindulópont – vagy épp hiány –, amelyre válaszul újfajta ontológiai mintázatok jönnek létre. Az ontomimikri tehát nem alkalmazkodás vagy visszatérés, hanem világképző mozdulat: egy olyan mimézisforma, amely a poszttermészetes világban új létlehetőségeket artikulál. Ez különösen fontossá válik azokban a kortárs művészeti és tervezési gyakorlatokban, amelyekben az élet nem biológiai evidencia, hanem kulturálisan, technológiailag és esztétikailag megkomponált médiumként jelenik meg. E négy mimikritípus jelentősen kiegészíti és továbbgondolja Henry Dicks biomimikri-típológiáját, mely a természet utánzását a theomimikri (isteni rend leképezése), antropomimikri (emberi tulajdonságok vetítése), biomimikri (természet technikai modellként való alkalmazása) és pantomimikri (a természet komplex, nem antropocentrikus működésének utánzása) formáiban rendszerezi. A disszertáció új fogalmai a mimézis értelmezését tovább mélyítik azáltal, hogy beemelik a megismerés, az affektív részvétel, az ontológiai újratерemtés és az ökológiai együttélés dimenzióit is. Ezáltal a természet mint médium komplex, többretegű mediális működésének átfogóbb megértését teszi lehetővé. Ebben a keretben az élet nem csupán biológiai jelenséggént, hanem kulturális, technológiai és esztétikai konstrukcióként válik érzékelhetővé és formálhatóvá. Így a mimikri nem pusztán utánzás vagy reprezentáció, hanem a természet és az élet viszonyának dinamikus,

relációs és időben változó újraértelmezése, mely alapvető jelentőségű a kortárs ökokritikai, posztthumán és materiális elméletek számára.

2.6. Biodesign mint fogalmi tipológia

Carole Collet textiltervező és biomédia-kutató a *Designing Our Future Bio-Materiality* című tanulmányában – a Central Saint Martins Design & Living Systems Lab munkájára alapozva – három kategóriából álló biodesign-tipológiát dolgozott ki. Ezt a keretrendszert eredetileg az *Alive – New Design Frontiers* (EDF Foundation, 2013) című kiállítás kurátori koncepciójához fejlesztette, majd később a bioalapú tervezési stratégiák kritikai osztályozási eszközeként publikálta. A három alaptípus a következő:

Természet mint modell – a biomimikrire épülő tervezés a természet formáit, szerkezeti mintázatait és működési elveit vizsgálja és alkalmazza a tervezésben, anélkül, hogy közvetlen kapcsolatba lépne élő rendszerekkel. Ez a megközelítés a természetet inspirációs forrásként kezeli, és gyakran formai, funkcionális vagy mérnöki szempontból imitálja az ökológiai rendszerek hatékonyságát. Jellemzően ez a leginkább technológiaközpontú és esztétikailag formalista irány, mely a természetből kiindulva, de attól függetlenül hoz létre új tervezési megoldásokat.

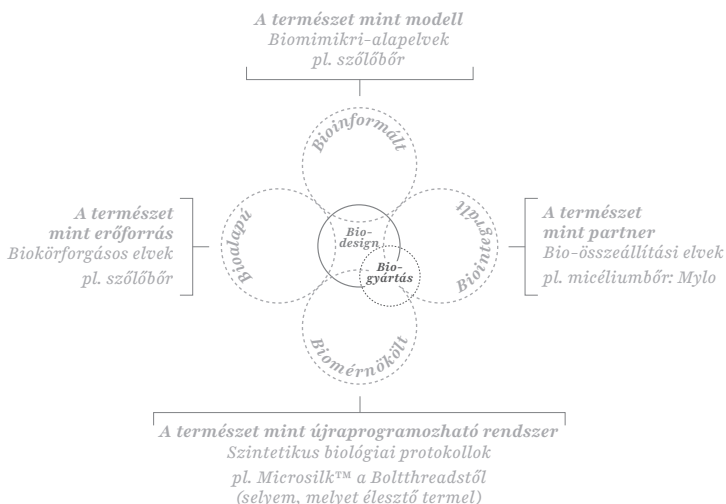
Természet mint alapanyag – ebben a megközelítésben a természet olyan nyersanyagforrásként jelenik meg, melyből a tervezés tárgyasítható, formálható anyagokat nyer ki. Idetartoznak a természetes eredetű, de nem élő anyagok, mint például a fa, a lenrost, a gyapjú, a cellulóz vagy az ásványi anyagok, melyeket a tervező különféle technikákkal feldolgoz, alakít, újrakombinál. A természet ebben az értelmezésben passzív forrás: olyan biológiai vagy ökológiai eredetű készlet, amely fölött a tervező rendelkezik. Bár gyakran hangsúlyozzák az újrahasznosítás, fenntarthatóság vagy lokális termelés szempontjait, ez a típus nem lép kapcsolatba élő szervezetekkel, és nem avatkozik be azok működésébe. A fókusz a természetből származó anyag technikai és esztétikai hasznosításán van.

Természet mint munkatárs – a tervező élő szervezetekkel működik együtt: irányítja azok növekedését, fejlődését, de nem avatkozik be a genetikai kódba. A design itt egyfajta termesztési vagy tenyésztési folyamatként értelmezhető, a háztáji, kiskerti vagy konyhai munkákhoz hasonlatosan. A természet, az élők aktív résztvevőként jelennek meg.

Természet mint feltörhető rendszer – a szintetikus biológia módszereivel a tervező már genetikai szinten manipulálja az élő rendszereket.

Ez a leginkább technológiavezérelt forma, mely radikálisan új anyagokat és élő szervezeteket is létrehoz.

Collet keretrendszere nemcsak a biodesign gyakorlati szintjeit mutatja be, hanem az etikai és ökológiai dimenziókra is reflektál. Minden típus mögött eltérő filozófiai viszony húzódik meg a természethez: az utánzás, az együttműködés, illetve az átalakítás vagy biohackelés stratégiái.



Fontos megjegyezni, hogy a kortárs művészeti és tervezési gyakorlatok gyakran nem illeszkednek tisztán egyetlen kategóriába: egyes munkák több típus jellemzőit is ötvözhetik, vagy átmenetet képezhetnek azok között. A természethez való viszony hibridizálódik – nem ritka, hogy egy projekt egyszerre tekint inspirációként a természetre, működik együtt élő organizmusokkal, és alkalmaz szintetikus biológiai technikákat is.

A dolgozat jelen fejezetében e tipológiát kiterjesztem a szűken vett designtervezésen túlra, beleértve az építészet, a képzőművészet, a média-művészet és az intermedialis rendszerek területét. Ezzel egy interdiszciplináris biodesign-felfogást vázlok fel, mely nemcsak anyagalapú, hanem kulturális, társadalmi és ökológiai rendszerekben is értelmezi a természet és a tervezés kapcsolatát. Ennek érdekében a Collet-féle hármas tipológiát további kategóriákkal is bővítem, illetve újradefiniálom, a kortárs művészeti gyakorlatok példáin keresztül.

III. AZ ÉLET FOGALMÁNAK TÖRTÉNETI KONSTRUKCIÓI

Az élet fogalma első pillantásra magától értetődőnek tűnik: mindennapi tapasztalatainkban az élő és az élettelen közötti különbség érzékelhető, sőt gyakran megkérdőjelezhetetlen. Mégis, a filozófia, a vallás, a tudomány és a művészet történetében az élet jelentése újra és újra átrendeződött – ontológiai, episztemológiai és kulturális szinten egyaránt. Nem létezik egységes definíció, csupán egy folyamatosan alakuló, sokszor egymással versengő és egymást keresztező értelmezérendszer, melyben az élet nem önálló, esszenciális entitásként, hanem kontextuálisan meghatározott jelenséggé jelenik meg.

Ez a fejezet történeti áttekintő jelleggel vizsgálja az élet fogalmának alakulását, elsősorban a disszertáció szempontjából releváns episztemológiai és kulturális fordulópontokra koncentrálva. A bemutatott fejlődési ív az ősi kozmológiai rendszerek animisztikus világképétől a modern tudományos paradigmákon át egészen a kortárs biotechnológiai, poszthumanista és információelméleti értelmezésekig terjed. A történeti áttekintés szükségképpen vázlatos, és nem törekszik teljességre; célja, hogy kiemelve azokat a kulcsmomentumokat, melyek az élet fogalmát újraértelmezhetővé tették a filozófia, a természettudományok és a művészet metszéspontjában.

A fejezetben kirajzolódó genealógia egyben annak a kérdésnek a története is, hogyan vált az élet fogalma biológiai entitásból mediális, technológiai és politikai aktorrá – előkészítve annak megértését, miként válik az élet az interdiszciplináris művészeti és design gondolkodás számára is alakítható és kritikailag vizsgálható struktúrává.

3.1. Kozmológiai és spirituális világképek az élet értelmezésében

3.1.1. Az élet mint kozmikus és spirituális erő – animizmus és ősi világképek

Az ősi társadalmak világképében az animizmus dominált, e szerint minden létezőnek – emberek, állatok, növények, hegyek, folyók – van saját szelleme vagy életereje. Az élet ebben a szemléletben nem különült el élesen az élettelenről, hanem folyamatosan változó, dinamikus kapcsolatban állt vele. A kortárs neoanimizmus a modern ökológiai gondolkodással ötvözi ezt a nézetet, hangsúlyozva, hogy az ember és a természet közötti viszony nem hierarchikus, hanem kölcsönös és szim-

biotikus. Az ókorban az élet fogalmát gyakran az istenek ajándékaként értelmezték. A mezopotámiai mitológiákban az életet a halandók csak kivételes esetekben nyerhették el maradandóan – ezt tematizálja a Gilgames-eposz, mely az örök élet keresésének és az emberi lét végességének dilemmáját állítja középpontba. Az egyiptomi NHT fogalma az élet princípiumát hordozta, és a fáraó isteni szerepéhez kapcsolódott, aki a világrend fenntartójaként működött. A keleti filozófiai az életet kozmikus életerőként értelmezték. Az indiai gondolkodásban a prána az univerzum minden élő és élettelen részében jelen lévő vitális energia. A kínai filozófiában ennek megfelelője a qi (csi), mely minden létezőben kering, és a taoista, valamint konfucianus hagyományok központi eleme. A sztoikus filozófia ezt a gondolatot a pneuma fogalmával ragadta meg, mely az univerzumot átható éltető erőként működik, és minden élőlényben jelen van. Ezek az elképzelések az életet egyetemes, ciklikus, nem egyéni szinten meghatározott jelenséggént ábrázolták, mely biológiai, valamint spirituális és kozmikus folyamatként is értelmezhető (Nosonovsky 2018).

3.1.2. Az élet rendszerezése és átlépése – görög filozófia és mitológia

A görög gondolkodás az élet értelmezésében radikálisan új irányokat nyitott meg, melyben az élet fogalmát biológiai, filozófiai és mitológiai síkokon egyaránt vizsgálták. Az életről alkotott elképzeléseik nem csupán a természet megfigyelésére épültek, hanem az isteni és emberi, az állati és mitikus világ találkozási pontjaira is reflektáltak. Arisztotelész volt az első, aki rendszerezte az élőlényeket, és megpróbálta tudományos alapokon definiálni az életet. A *De Anima* (A Lélekről) című művében az életet három funkció alapján határozta meg. A vegetatív lelkek, a növények: jellemzőik a táplálkozás, növekedés, szaporodás; az érzékelő lelkek az állatok, amiket a mozgás, az érzékelés és az ösztönös cselekvés jellemez; illetve a gondolkodó lelkek, az emberek, akiknek egyedisége az értelem, a racionális gondolkodás és az erkölcsi döntések. Az élő és élettelen határai nála világosan meghúzhatók voltak: ami képes önfenntartásra, érzékelésre vagy gondolkodásra, az élő; ami nem, az élettelen.

Ezzel szemben a görög mitológiában az életformák nem mindig felelnek meg a természet arisztotelészi rendjének. Számos mitológiai lény az állati és emberi formák keveredésével jön létre, ami a természet határainak feszegetésére utal. Legyen az a kentaur, egy ember és ló keveréke vagy az ember-bika Minótauros, mely lényekben az emberi és állat közti határvonalak elmosódnak, az emberi értelem és az állati ösztön kettősségét testesítik, a kultúra és a természet közti feszültséget



Michelangelo Merisi da Caravaggio: Medúza, 1597/8. Uffizi Galéria Firenze

jelenítik meg. Nem beszélve Medúzáról, akinek pusztá tekintete is élet és halál határát feszegeti. Az ilyen hibrid lények nem csupán a természet határainak feszegetését jelentik, hanem azt is megmutatják, hogy a görög gondolkodásban az élet nem mindig merev kategóriák szerint osztályozható. A görög világkép határait jelölik ki: a civilizáció és a vadon, a tudatos gondolkodás és az ösztönök között. A kimérák és más mitológiai hibridek különböző létezési formák összeolvadásának lehetőségét testesítik meg, megkérdőjelezve a test egységességét és az élet funkcionális elkülönülésének szükségességét. Nem csupán biológiai értelemben állítják próba elé az élőlények rendszertani besorolását, hanem arra is rávilágítanak, hogy a görögök az élet fogalmát nem csupán fizikai, hanem szimbolikus és kulturális jelenségeként is értelmezték. Arisztotelész filozófiájában az élet osztályozása egyértelmű, de a mitológiai világban ezek a határok folyamatosan átjárhatóak.

3.1.3. A középkori életfelfogás: teológia, alkímia és misztika

A középkorban az életet elsősorban a teremtő isteni akarat megnyilvánulásaként értelmezték. Az élet nem csupán fizikai létezés volt, hanem

egyben lelki és transzcendens állapot is, melynek végső célja a spirituális tökéletesség. Aquinói Szent Tamás az arisztotelészi gondolkodás hagyományait követte, de a keresztény teológiával összeegyeztetve magyarázta az élet működését. Az emberi élet különlegessége a skolasztikus gondolkodásban az volt, hogy a racionális lélek halhatatlan, így az emberi lét túlmutat a biológiai folyamatokon.

Az alkímia szintén meghatározó szerepet játszott a középkori életértelmezések között. Az alkimisták úgy vélték, hogy az élet nem pusztán anyagi jelenség, hanem egy finomabb, spirituális elv is meghatározza. A négy őselem – föld, víz, levegő, tűz – mellett a kvintesszenciát tartották az élet alapvető összetevőjének. Az alkímiai hagyomány egyik különös elmélete volt a homunculus létrehozásának lehetősége, mely szerint mesterséges úton is teremthető emberi élet. Ez az élet mesterséges megteremtésének egy korai koncepciója.

A középkori misztikus és hermetikus tradíciók az életet egyetemes energiaként értelmezték, mely az isteni teremtő erőből fakad. A kabbalisztikus gondolkodásban az élet az Élet fájával kapcsolódott össze, mely a teremtés folyamatát és a világrend működését szimbolizálta. A Gólem legendája is ebben a hagyományban gyökerezik: a kabbalisztikus tanok szerint egy ember által teremtett lény, mely Isten nevének ismeretével életre kelthető. A prágai Löw rabbi története szerint a Gólem a zsidó közösség védelmezője volt, de végül irányíthatatlanná vált, ami az emberi teremtés korlátait és veszélyeit is megjelenítette. A homunculus és a Gólem koncepciója így párhuzamosan jelent meg a középkori gondolkodásban, egyik az alkímiai, másik a vallási hagyomány részeként. Az élet transzcendens értelmezése mellett fokozatosan megjelentek azok a filozófiai és tudományos törekvések, melyek az élet biológiai és mesterséges megteremtésének lehetőségét is vizsgálták.



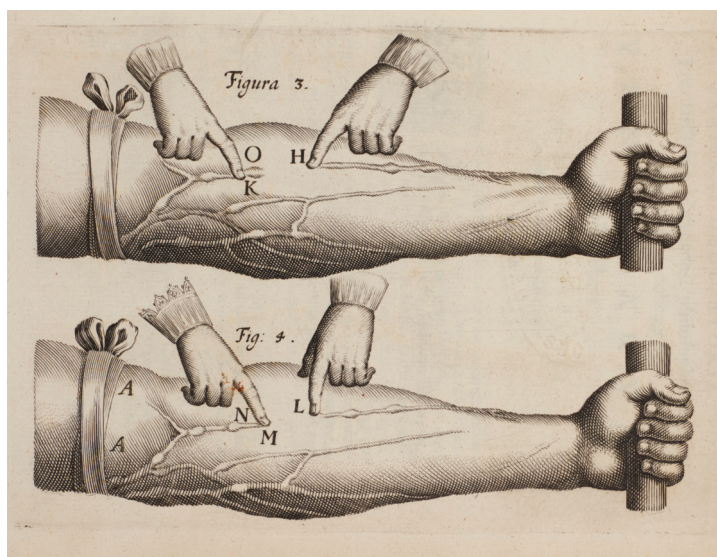
*Paul Wegener
és Paul Boese: Der Golem.
Játékfilm, 1920.
Ronald Grant Archive*

Ezen túl a középkori gondolkodásban az állatok és növények helye a létezés hierarchiájában szintén vitatott kérdés volt. Az állatok és

növények jogainak gondolata már a középkorban is felmerült, különösen Szent Ferenc tanításában, aki az életet egységes, összekapcsolt rendszerként értelmezte.

3.1.4. Az élet mint dinamikus princípium – reneszánsz filozófia és természettudomány

A reneszánsz filozófia és természettudományos gondolkodás jelentős mértékben átformálta az élet fogalmát, és elősegítette a mechanikus világkép kialakulását, de még nem zárta ki az organikus és spirituális értelmezéseket. Az élet ebben az időszakban dinamikus, önszerveződő és kreatív erőként jelent meg, mely nem csupán mechanikai működés, de nem is kizárólag isteni eredetű princípium. A reneszánsz egy átmeneti korszak volt, ahol az élet filozófiai, tudományos és művészeti értelmezései még együtt léteztek, és megágyaztak mind a mechanikus világképnek, mind pedig a vitalizmus későbbi elméleteinek.



*William Harvey:
Exercitatio Anatomica
de Motu Cordis et
Sanguinis in
Animalibus, 1628*

A reneszánsz filozófiáját nagyban meghatározta az ókori görög és római gondolkodók újrafelfedezése, különösen a neoplatonizmus és az arisztotelészi természetfilozófia. Emellett a hermetikus és alkímiai hagyományok is jelentős szerepet kaptak. A hermetizmus és a neo-platonikus gondolkodás szerint a természet nem mechanikus szerkezet, hanem egy élő, dinamikus egység, melyet isteni erők hatnak át. Az élet tehát nem pusztán biológiai jelenség, hanem egyfajta spirituális princípium, mely az egész világmindenséget áthatja.

A reneszánsz természettudományos gondolkodás egyik fontos fordulópontja William Harvey munkássága volt, aki a keringési rendszer működését írta le. 1628-ban megjelent *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* című művében kísérletekkel bizonyította, hogy a vér a szív által működtetett zárt keringési rendszerben mozog. Ezzel a felfedezéssel is megerősítve az élő szervezet mechanikus szemléletét, mely szerint a test nem csupán életerő által működő entitás, hanem egy rendszer, mely fizikai törvényszerűségek alapján szabályozott. Ez a gondolat a későbbi mechanikus világkép alapjává vált.



Leonardo da Vinci:
A szív és érrendszerének anatómiája, c. 1513

Leonardo da Vinci szintén hozzájárult az emberi test működésének új, empirikus megközelítéséhez. Anatómiai vizsgálatai során boncolásokat végzett, részletes rajzokat készített az emberi testről, és megpróbálta megérteni a szervek és rendszerek működését, különös figyelmet fordítva az izmok, csontok és keringési rendszer szerkezetére. Tanulmányai nemcsak a művészet, hanem a tudomány számára is áttörést jelentettek, mivel az emberi testet már nem pusztán spirituális vagy filozófiai entitásként, hanem működő biomechanikai rendszerként vizsgálta. Munkássága a későbbi orvostudományos és biológiai kutatások előfutárának tekinthető (Laurenza 2012).

A reneszánszban a homunculus fogalma is tudományosabb és filozófiaiabb kontextusba került. Paracelsus (1493–1541) az elsők között volt, aki részletes elméletet írt arról, hogyan lehet mesterséges embert előállítani. Úgy vélte, hogy egy speciális eljárással homunculust lehet tenyészteni, például emberi ondó és különböző természetes anyagok

kombinálásával, majd az egésztest lombikban érelve. Paracelsus nem csupán spekulációként kezelte ezt, hanem úgy vélte, hogy az ember aktívan részt vehet a teremtés folyamatában, és az élet nem kizárólag isteni ajándék (Murase 2020). Alkímiai munkássága a reneszánsz tudományos és spirituális világképet egyszerre testesítette meg: az élet mesterséges előállításának lehetőségét nem pusztán filozófiai, hanem gyakorlati célként is kezelte.

3.2. Mechanikustest-modelltől a nooszféráig – az élet értelmezésének modern fordulatai

Az újkor jelentős fordulópontot hozott az életfogalom értelmezésében, amikor is a mechanikus világkép és a vitalizmus szembekerült egymással. Míg a felvilágosodás mechanisztikus szemlélete az élő szervezeteket gépekként írta le, addig a vitalizmus hívei egy különleges életerő létezését feltételezték, mely megkülönbözteti az élő az élettelenről.

3.2.1. Descartes és a mechanikustest-modell

A XVII. században René Descartes új alapokra helyezte az élet fogalmát. Az élő szervezeteket bonyolult gépezeteknek tekintette, melyek működését pusztán fizikai és mechanikai törvényekkel magyarázta. Az állatokat öntudat nélküli automatáknak tartotta, míg az emberi élet sajátosságát a *res cogitans*, azaz a gondolkodó lélek különálló létezése adta, azonban a test maga mechanikai elvek szerint működik. Ez a dualista szemlélet nagy hatással volt az európai gondolkodásra, azonban a materialista filozófia hamarosan elkezdte megkérdőjelezni. Illetve ez a gondolkodás vezetett később az élő szervezetet biológiai gépként értelmező elméletekhez.

3.2.2. A természet osztályozása és láthatóvá tétele – Linné és a mikroszkóp

A XVII–XVIII. század fordulóján a természet reprezentációjának új korszakát hozza el a tudományos megfigyelés és osztályozás gyakorlata, mely nemcsak episztemológiai fordulattal, hanem a vizuális kultúra változásával is jár. A természet már nem pusztán szemlélendő, teológiai jelentésekkel átszőtt rendként jelenik meg, hanem olyan entitásként, melyet fel kell térképezni, meg kell mérni, és rendszerezni kell. A svéd természettudós, Carl von Linné munkássága ebben a folyamatban alapvető szerepet játszik. Linné bináris nevezéktana és hierarchikus

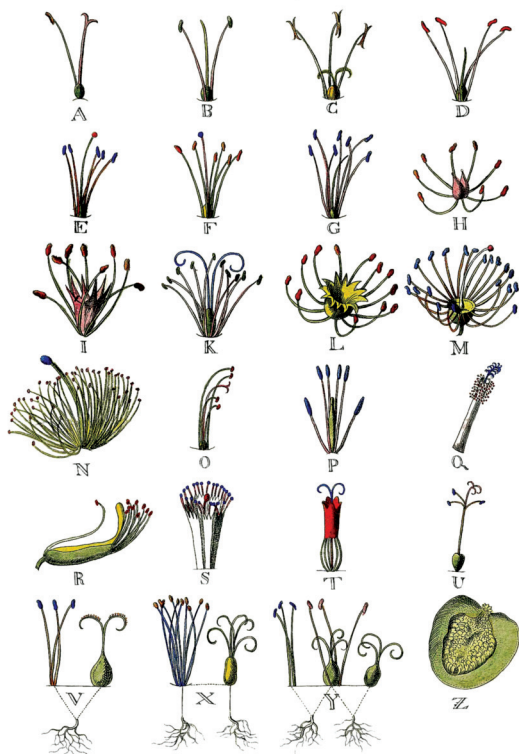
rendszere az élővilágot egy univerzális logika szerint próbálja leírni, kategorizálni és elnevezni. Az 1735-ös *Systema Naturae* rendszerének célja a természet sokféleségének katalogizálása mellett, az is, hogy érzékeltesse a világ racionális struktúráját. Ez az osztályozási rend nemcsak a biológiát, hanem a természetábrázolás vizuális kultúráját is átformálta: a botanikai és zoológiai illusztrációk Linné hatására taxonómiai eszközökké váltak. Erről részletesebben *A természet mint gép* fejezetben írok.



Robert Hooke csalátról
és vadzabról készült
mikroszkópos metszete
a *Micrographia* című
művéből, 1665.
Science History
Institute, Philadelphia,
Egyesült Államok

A természet láthatóvá tétele szempontjából szintén meghatározó technikai fordulat volt a mikroszkóp feltalálása és tökéletesítése. Robert Hooke 1665-ös *Micrographia* című munkája és Antonie van Leeuwenhoek egylencsés mikroszkópjai révén feltárult a biológiai mikrovilág: a sejtfalak, rostok, mikroorganizmusok, spermiumok és egysejtű élőlények világa. A mikroszkóp hozzáférhetővé tette a természet új rétegét, valamint új képi nyelvet is teremtett. A mikroszkopikus világ leképezése nem csupán tudományos gyakorlat volt, hanem esztétikai kihívás is, melyben az ábrázolás és a megértés szorosan összefonódott.

Clariss: LINNÆI. M. D.
METHODUS plantarum SEXUALIS
in SISTEMATE NATURÆ
descripta



G.D.EHRET. Palat-heidlb.
fecit & edidit

Lugd. bat: 1736

Monandria.

Diandria.

Triandria.

Tetrandria.

Pentandria.

Hexandria.

Heptandria.

Octandria.

Enneandria.

Decandria.

Dodecandria.

Stefandria.

Polyandria.

Didynamia.

Tetradynamia.

Monadelphina.

Diadelphina.

Polyadelphia.

Syngensia.

Gynandria.

Monocia.

Diocia.

Polygamia.

Cryptogamia.

Methodus Plantarum Sexualis in sistemate naturae descripta, Leiden 1736. Linné szexuális növényrendszérének 24 osztálya képekben.

Illusztráció: Georg Dionysius Ehret, Österreichische Nationalbibliothek, Bécs

3.2.3. *Vitalizmus és animizmus a XVIII. században*

Mivel a mechanikus világkép nem tudott minden biológiai jelenséget megmagyarázni, ezért a XVIII. századtól kezdve megjelent a vitalizmus, mely szerint az életet nem lehet pusztán fizikai és kémiai folyamatként leírni. Johann Friedrich Blumenbach és más vitalista filozófusok szerint az életet egy különleges, nem fizikai *életerő*, *vis vitalis* működteti. A vitalizmus részeként Georg Ernst Stahl újra felvetette az animizmus fogalmát, mely hasonlóan a korábbi korok felfogásához az életerőt egyfajta szellemi princípiumként értelmezte, azonban nem egy átfogó spirituális világszemléletként használta, hanem mint egy biológiai és orvostudományi koncepciót, mely az adott szervezet működését magyarázza.

3.2.4. *A romantikus természetfilozófia és az organikus világkép*

A XVIII. század végén kibontakozó német romantikus természetfilozófia a felvilágosodás racionalista világképével szemben egy szerves, dinamikus és spirituálisan is átitatott természetszemléletet fogalmazott meg. Az olyan gondolkodók szerint, mint Friedrich Wilhelm Joseph Schelling, Johann G. Fichte és Lorenz Oken, a természet több fizikai objektumok összességénél: egy egységes élő organizmus, mely belső törvényszerűségek szerint fejlődik. Az *Ideen zu einer Philosophie der Natur* című művében Schelling a természetet a látható szellemnek, míg a szellemet a láthatatlan természetnek nevezte, ezzel egy holisztikus és dialektikus kapcsolatrendszert tételezve a létezés különböző szintjei között (Schelling 1797).

Ez a szemlélet nagy hatást gyakorolt a korabeli tudományos gondolkodásra is, különösen a biológia, orvostudomány és geológia területén. A természet organizmusként való értelmezése előrevetítette a rendszerelmélet, az ökológia és az élet filozófiájának későbbi fejlődését is. Alexander von Humboldt munkássága, aki empirikus kutatásokkal támasztotta alá a természet egységes és kölcsönhatásokon alapuló működését, a romantikus természetfilozófia gyakorlati térnyerését is jelezte.

A romantikus természetkultusz a művészetre is nagy hatást gyakorolt. A természet mitikus, archetípusos és pszichikai térként való értelmezése – különösen a német idealizmus és a pszichoanalízis határterületein – a XX. századi modernizmus számos irányzatában, így például a szürrealizmusban vagy a biomorf esztétikában is visszaköszön (Setz 2021).

3.2.5. Az enciklopédisták rendszerező természetképe

A XVIII. századi francia enciklopédisták a felvilágosodás tudományos és filozófiai programját egységes tudásrendszerre kívánták szervezni. Az *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* (1751–1772) célja nem csupán a világ megismerése, hanem annak rendszerezhetővé és hozzáférhetővé tétele volt. A természet ebben a kontextusban nem transzcendens rendként, hanem értelmezhető és leírható struktúraként jelent meg. Denis Diderot és D'Alembert szerkesztői munkája mellett olyan szerzők, mint Buffon és Robinet a természet történetiségét, szervezettségét és fokozatosságát hangsúlyozták. Bár szemléletük sok tekintetben mechanikus alapokon nyugodott, egyes gondolataik – különösen Buffon esetében – már előrevetítik a fajok változásának, az életerőnek és az organikus fejlődésnek a későbbi vitalista és evolúciós elméleteit. Az enciklopédisták természetképe így egyszerre illeszkedik a kor racionalizáló projektjébe, és nyit teret egy összetettebb, nem pusztán mechanikai alapú életfogalom számára.

3.2.6. Materialista és evolúciós fordulat a XIX. században

Ezzel szemben a materializmus követői – például Ludwig Büchner – azt állítják, hogy az élet minden aspektusa fizikai és kémiai törvények alapján írható le. A mechanikus természetszemléletet megerősíti Friedrich Wöhler 1828-as kísérlete, mely során először állít elő szervetlen anyagból szerves vegyületet, a karbamidot. Ez a kémiai áttörés megdönti azt a korábbi nézetet, hogy az élő anyag kizárólag élő szervezetben jöhet létre. Az *Erő és anyag* című 1855-ös művében Büchner úgy érvel, hogy minden lelki és életjelenség az anyagból és annak mozgásából vezethető le, azaz nincs szükség semmiféle életerőre vagy isteni eredetre az élet magyarázatához. A vitalizmus fokozatosan háttérbe szorul, miközben egyre inkább teret nyer az a szemlélet, mely szerint az élet nem valami különleges, az anyagi világtól elválasztott princípium, hanem összetett fizikai és kémiai folyamatok működésének eredménye.

Ez a nézőpont a redukcionizmus alapelveire épül: az élő rendszerek működése visszavezethető egyszerűbb, leírható törvényekre – az organizmus nem több a részeinek összességénél. Ez a szemlélet nemcsak a biológiai kutatások, hanem az orvoslás, az anatómia és a biotechnológia fejlődését is meghatározza.

A XIX. század két jelentős tudományos áttörése – a szerves anyag mesterséges előállításának és Charles Darwin evolúciós elmélete – alapjait formálja át a filozófiai és vallási diskurzusokat. A *fajok eredete* című

1859-es művében Darwin az életet folyamatos fejlődési folyamatként írja le, melyet a természetes szelekció, a környezeti nyomás, és az adaptáció irányít. Az élőlények nem örök, változatlan formák, hanem történeti konstrukciók, melyek hosszú idő alatt, fokozatos módosulások révén alakulnak ki.

Ez az elmélet komoly kihívást jelent a vallási világgépre nézve, hiszen az élet eredete nem isteni teremtés, hanem természetes törvények által irányított folyamat. Ezzel az élet fogalma is alapvetően megváltozik: többé nem tekinthető valami öröktől fogva adott, változatlan lényegnek, hanem olyan folyamatnak, mely történeti fejlődésen megy keresztül, és melynek szerkezetét, működését az ember fokozatosan megismerheti és akár újra is alkothatja.

William Heath:
Monster soup commonly called Thames water, being a correct representation of the stuff doled out to us (Szörny-leves, közismert néven Temze-víz – hű ábrázolása annak az anyagnak, amit nekünk kimernek), 1828, British Museum.



Ezzel párhuzamosan a XIX. században fejlődésnek indult a sejttan és a mikrobiológia, mely új alapokra helyezte az élet mechanizmusainak értelmezését. Theodor Schwann és Matthias Schleiden sejttani elmélete szerint minden élő szervezet sejtekből áll, és ezek a sejtek az élet alapvető egységei. Ez az elmélet tovább erősítette a materialista világgépet, hiszen az élet immár molekuláris és sejtbiológiai folyamatokként is vizsgálhatóvá vált.

A materializmus és a pozitivizmus egyre nagyobb szerepet kapott az élet értelmezésében. Auguste Comte pozitivizmusa szerint az élet megértéséhez kizárólag az empirikus tudományok és a megfigyelhető törvényszerűségek vezethetnek el. Comte filozófiájában az élet egy biológiai jelenség, melynek megismeréséhez nincs szükség metafizikai vagy vallási magyarázatokra.

Ezzel párhuzamosan Friedrich Nietzsche a vitalitás és az életerő szerepét hangsúlyozta, mely szerinte az emberi létezés legmélyebb mozgatórugója. Az életet nem statikus entitásként, hanem dinamikus, erőteljes, önmagát meghaladó folyamatként értelmezte. Az örök visszatérés és a hatalom akarásának gondolatai arra utaltak, hogy az élet nem pusztán biológiai létezés, hanem folyamatosan önmagát újraértelmező és kiteljesítő erő. Nietzsche gondolatai előrevetítették a XX. századi egzisztencializmus és a poszthumanizmus egyes irányzatait is.

3.2.7. Kozmizmus és biofikció mint jövőértelmezések

A XIX. és a XX. század fordulójának Oroszországában alakult ki a kozmizmus, egy filozófiai, tudományos és spirituális mozgalom, mely előrevetítette a modern transzhumanista gondolkodás számos alapvetését. Központi fogalmai közé tartozik a nooszféra, melyet az emberi tudat és technológia egyesülésének eredményeként létrejövő evolúciós állapotként értelmeztek. A kozmisták szerint ebben a szakaszban az emberiség képes tudatosan alakítani a természetet, kiterjeszteni uralmát az univerzum felett, és végső célként elérni a biológiai halhatatlanságot, valamint az összes valaha élt ember feltámasztását. Meggyőződésük volt, hogy a tudomány és technológia képes az emberi faj genetikai és pszichológiai tökéletesítésére, míg a fejlődés következő lép-csőfokát a föld elhagyása és az univerzum kolonizálása jelentheti. Azaz a kozmizmusban a nooszféra építése, használata egy aktív technológiai projekt is, melynek célja a világ és az univerzum átalakítása az emberi értelem irányítása alatt.



*A Hold víziói
– ikonikus illusztráció,
mely egy Kreml-szerű
építményt ábrázol
üvegkupola alatt
a Holdon;
a kép a Science Digest
1958-as cikkéhez
készült*

A kozmizmus eszméi és a nooszféra koncepciója mély hatást gyakoroltak a szovjet blokk tudományos-fantasztikus irodalmára, melyben a technológiai fejlődés és az emberi evolúció összekapcsolása központi témává vált.

Ezek a művek nem csupán a tudomány mindenhatóságába vetett hitet tükrözték, hanem gyakran reflektáltak annak etikai dilemmáira és az emberi tudás korlátaira is. A Sztrugackij testvérek *Stalker* című regénye és Stanisław Lem *Solarisa* különösen izgalmas példák a biofikció korai formáira, ahol az ismeretlen biológiai entitásokkal való találkozás nemcsak technológiai, hanem filozófiai és ontológiai kérdéseket is felvet. Ezekben a művek olyan világokat ábrázolnak, ahol a biológiai és mesterséges rendszerek összefonódása új létformák és ismeretelméleti kihívások előtt nyit utat.

3.2.8. *Frankenstein és a mesterséges élet allegóriája*

A XIX. század elején, 1818-ban, Mary Shelley *Frankenstein avagy a modern Prométheusz* című regénye az élet mesterséges létrehozásának kérdését irodalmi formában tematizálta. A regény a kor gótikus irodalmának klasszikusa, ami az aktuális tudományos diskurzusra is reflektál: galvanizmus, vitalizmus, orvostudomány és a mechanikus testfelfogás kérdései köszönnek vissza a történetben. Frankenstein figurája a modern Prométheuszt testesíti meg, aki az isteni teremtés jogát kisajátítva hoz létre életet, ám alkotását nem képes sem érteni, sem etikai kontroll alatt tartani.

A történet központi dilemmája – *kié az élet teremtésének és értelmezésének joga?* – később a bioetikai és technofilozófiai viták alaptémájává vált. A regény a technológiai hübrisz, a mesterséges intelligencia, klónozás és szintetikus biológia előfutáraként is olvasható. Az alkotó és teremtmény viszonyában a tudomány határainak és következményeinek kérdései vetődnek fel, melyek ma is aktuálisak a génszerkesztés, az ember–gép hibridizáció vagy a mesterséges élet kutatása során.

3.3. Az élet és természet új tudásformái – biopolitika, ökológia és rendszerelmélet a XX. században

A XX. században az élet fogalma radikális elméleti és gyakorlati átalakuláson ment keresztül. A biológia, a genetika, az ökológia és a rendszerelmélet különböző diszciplínái egyre pontosabb és beavatkozhatóbb modellként kezdték leírni az élő rendszereket, miközben a politikai hatalom is fokozatosan ráirányította figyelmét az élet szabályozására, kontrolljára és optimalizálására. Ez az időszak az élet tudományos racionalizálásának és politikai kisajátításának korszaka: a test, a populáció és a természet egyaránt olyan információs és anyagi rendszerekké váltak, melyek működése mérhető, tervezhető és technológiailag alakítható.

A korai XX. század filozófiai vitáitól kezdve – ahol a mechanikus világkép és a vitalizmus csapnak össze – egészen a DNS szerkezetének felfedezéséig, a biológiai élet értelmezése egyre inkább eltolódik a fizikai törvények és genetikai kódok logikája felé. Ugyanakkor ez az új biológiai fordulat nem maradt következmények nélkül a társadalmi és politikai szférában: az eugenika, a népesedéspolitikai és a biopolitikai kontroll eszköztára újfajta hatalmi viszonyokat teremtett az emberi élet felett. Az élet nemcsak tudományos objektummá vált, hanem politikai tétté is – a szabályozás, kizárás és optimalizálás tárgyává.

Ezzel párhuzamosan az ökológiai és rendszerelméleti gondolkodásmód új felismeréseket hozott az ember és természet relációs viszonyáról. A komplex rendszerek, visszacsatolások és ökológiai egyensúly modellezése felvetette annak szükségességét, hogy az ember ne csupán kívülállóként, hanem a természet részeként értelmezze saját működését és felelősségét. A Gaia-elmélet, a kibernetika és az ökológiai filozófiák ezt az új, holisztikusabb szemléletet képviselik, melyek a XX. század második felétől kezdve nemcsak tudományos, hanem politikai és etikai kereteket is biztosítanak az ökológiai gondolkodás számára.

Ebben a fejezetben azt vizsgáljuk, hogyan alakult át az élet fogalmának tudományos, filozófiai és politikai értelmezése a XX. században, és milyen új tudásformák jöttek létre az élő rendszerek kutatásában. Kiemelt figyelmet fordítunk a biopolitika, az ökológia és a rendszerelmélet metszéspontjaira, valamint arra, hogy ezek a nézőpontok miként formálták át az ember és természet közötti viszonyt a kortárs gondolkodásban.

3.3.1. Mechanikus világkép és vitalizmus

A XX. század elején az élet filozófiai és vallási megközelítéseiben két nagy irányzat tovább birkózott egymással. Egyik oldalon a mechanikus világkép és az analitikus filozófia követői, például Bertrand Russell, úgy vélték, hogy az élet teljes mértékben leírható tudományos terminusokkal, és egyáltalán nincs szükség semmilyen transzcendens magyarázatra. Másik oldalon Henri Bergson vitalizmusa áll, mely szerint az életet az *élan vital*, az életerő mozgatja, s nem vezethető le pusztán fizikai és kémiai törvényszerűségek alapján.

3.3.2. Genetika, biokémia és az információ fogalma

A XX. század elején az élet értelmezése egy újabb tudományos forradalommal gazdagodott: a genetika és a molekuláris biológia térnyerése

alapjaiban változtatta meg az élő rendszerekről alkotott képet. Louis Pasteur és Robert Koch felfedezték a mikroorganizmusok szerepét a betegségek kialakulásában, valamint bebizonyították, hogy az élet eredete nem a spontán keletkezésből, hanem sejtszintű folyamatokból vezethető le. Alexander Fleming 1928-as felfedezése, a penicillin, szintén alapvető hatást gyakorolt az élő rendszerek megértésére, hiszen bebizonyította, hogy bizonyos mikroorganizmusok képesek más élő szervezetek működését befolyásolni és elpusztítani. Ez nemcsak az orvostudományban hozott forradalmi áttörést, hanem az élet biológiai kontrolljának kérdését is felvetette.

Gregor Mendel 1865-ban leírt öröklődési törvényei kevésbé voltak ismeretek a saját korában, míg a XX. század elején Thomas Hunt Morgan és más genetikusok bizonyították, hogy a gének és a kromoszómák szabályozzák az öröklődést. Az élet már nemcsak biokémiai folyamatként volt értelmezhető, hanem információk átadásaként és kódolt rendszerek működéseként is.



*Alexander Fleming:
Anyja gyermekkel,
baktérium festmény
193-/194-
Imperial College
Healthcare NHS Trust.*

Az élet biológiai és információs alapokra helyezése nemcsak elméleti fordulatot jelentett, hanem gyakorlati, populációs szintű beavatkozások új korszakát is megnyitotta. Az egyik legsikeresebb ilyen beavatkozás a védőoltások elterjedése, ami gyökeresen átalakította az emberi faj evolúciós pályáját. A fekete himlő, a gyermekbénulás, a kanyaró vagy

a rubeola elleni vakcinák százmilliók életét mentették meg, és olyan genetikai hajlamokat semlegesítettek, melyek korábban súlyos halálozáshoz vezettek volna. Bár nem a kortárs csírvonalszintű genetikai módosításról van szó, mégis tartós populációs hatással bíró beavatkozásként értelmezhető, mely kulturálisan elfogadott, rutinszerű gyakorlattá vált. Ez rámutat arra is, hogy a biológiai beavatkozások elfogadottsága nemcsak a technikai részletektől függ, hanem kulturális, morális és történeti keretekben alakul ki. A kérdés nem az, hogy beleenyúlunk-e az életbe, hanem hogy hol húzzuk meg az elfogadhatóság, a visszafordíthatóság és az etikai határok vonalát (Plotkin 2014).



*Alexander Fleming:
Gárdista,
baktérium festmény,
1933. Alexander Fleming
Laboratory Museum,
London*

Ezek a tudományos felfedezések mély filozófiai következményekkel jártak. Az élet nem egy misztikus, organikus princípium volt többé, hanem egy önszerveződő rendszer, melyet a biokémia törvényei és a genetika szabályai irányítanak. Az élet metafizikai és vallási magyarázatai fokozatosan háttérbe szorultak, és az élet értelmezése egyre inkább a biológia és az informatika irányába tolódott el.

Ezzel egy időben a vallási gondolkodás új irányokat vett. A keresztény teológia egyes áramlatai egyre inkább igyekeztek összeegyeztetni az evolúció elméletét a teremtés hitével. Teilhard de Chardin jezsuita

teológus és paleontológus, az életet egy kozmoszszintű evolúció részeként értelmezte. Nála is megjelenik a nooszféra fogalma, ami az evolúció egyik fázisa, mely az emberi tudat kibontakozásával és globalizációjával jön létre és egy magasabb rendű, isteni cél, az ómega-pont felé fejlődik, ahol az emberiség egy kollektív tudati egységbe rendeződik, mely végső soron spirituális fejlődéshez vezet. Teilhard gondolatai nagy hatással voltak a modern spirituális és transzhumanista gondolkodásra, mivel az emberi tudat technológiai és spirituális fejlődésének összefonódását hangsúlyozta.

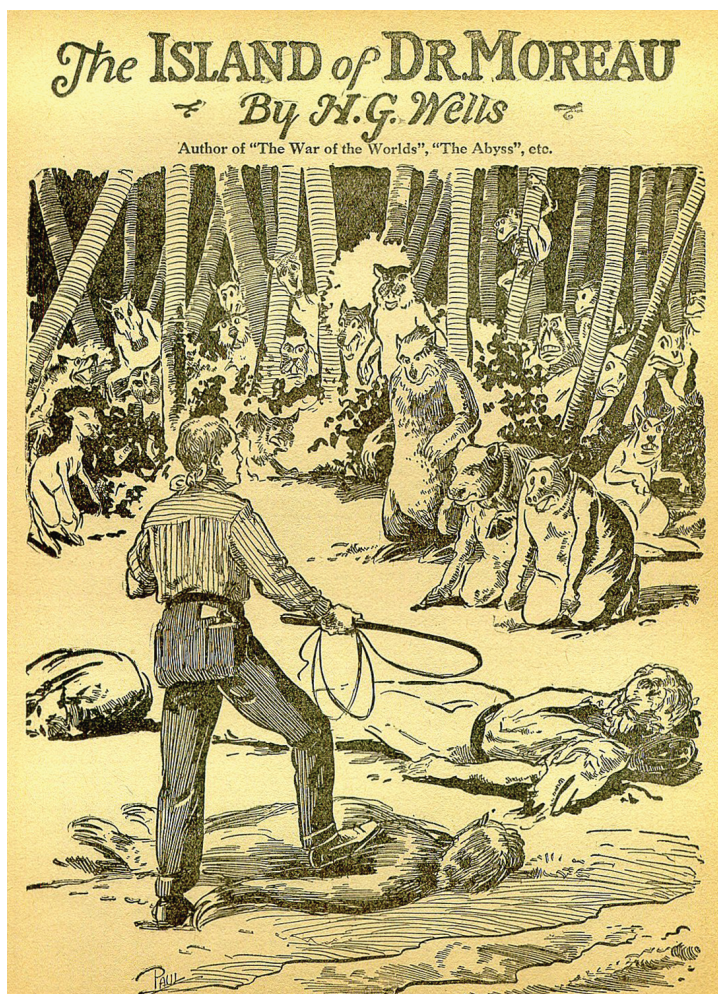
3.3.3. Történeti eugenika, biopolitikai kontroll és disztópikus jövőképek

A XIX–XX. század fordulóján a materialista és evolúciós gondolkodás egyre szorosabb szövetségbe került, s ez a szemléleti eltolódás nem csupán tudományos, hanem társadalompolitikai következményekkel is járt. A természetes szelekció elmélete – különösen Darwin hatása nyomán – fokozatosan bekerült a társadalomszervezési és népesedéspolitikai diskurzusokba, ahol a biológiai öröklődés törvényeit az emberi közösségek szabályozására kezdték alkalmazni (Paul 1995; Kevles 1985). Az élet immár nem pusztán egyéni, hanem populációs léptékű jelenséggé válik, melynek minősége – öröklött tulajdonságok és társadalmi alkalmasság alapján – mérhetővé és optimalizálhatóvá válik.

Ez a szemlélet vezetett el az eugenika ideológiájához, mely az emberi faj genetikai állományának javítását tűzte ki célul. Az eugenika összekapcsolta a biológiai determinizmust a társadalmi renddel, és feltételezte, hogy a degeneratív öröklött tulajdonságok kiszűrése nemcsak egyéni, hanem kollektív érdek is. A biopolitika e korai formájában a népesség nemcsak kormányozható, hanem biológiailag manipulálható erőforrássá válik – az élet maga válik a hatalom közvetlen célpontjává (Foucault 2003; Rose 2007). Az állami beavatkozások immár nemcsak viselkedést vagy gazdasági aktivitást szabályoznak, hanem a biológiai lét feltételeit: születést, fertilitást, testi alkalmasságot – és ezzel párhuzamosan az *alkalmatlan életek* kizárását vagy eliminálását is. Ezek a gyakorlatok a természetes szelekció mesterséges irányításának ideájára épültek, nemcsak az állami biopolitikai beavatkozás korai példái, hanem előképei a későbbi, technotudományos alapú biológiai kontrollformáknak is. Előrevetítik a későbbi genetikai beavatkozások etikai dilemmáit is (Bashford 2010).

A XX. század első felében több európai ország is bevezetett törvényeket a genetikai minőség állami ellenőrzésére. Németországban a náci

fajpolitika részeként több százezer embert sterilizáltak vagy öltek meg öröklődő betegségek címén, a T4 program keretében. Svédországban 1935 és 1976 között több mint hatvanezer embert sterilizáltak, gyakran nőket, akik mentális betegség, szegénység vagy erkölcsi deviancia alapján kerültek célkeresztbe (Broberg és Roll-Hansen 2005). Hasonló gyakorlatok történtek Finnországban, Norvégiában és Csehszlovákiában is. Az Egyesült Államokban több tízezer ember sterilizálását hajtották végre mentális fogyatékos vagy erkölcsi alkalmatlanság címén, gyakran szociálisan marginalizált csoportok rovására (Lombardo 2021). E történeti példák árnyékában válik különösen problematikus a modern genetikai eszközök – például a CRISPR – alkalmazása, hiszen a múltban alkalmazott populációs szintű genetikai javítás retorikája újraéledhet a designer baby diskurzusokban, még ha technológiailag más is a kontextus.



H. G. Wells Dr.
Moreau szigete,
regény illusztráció.
1896

A történeti eugenikát és a biopolitikai kontrollt nemcsak tudományos és politikai gyakorlatok, hanem korai kulturális reflexiók is kísérték. H. G. Wells 1896-os regénye, a *Dr. Moreau szigete* már a XIX. század végén megfogalmazta az élő manipulációjának morális kérdéseit: a műben a biológiai kísérletek nemcsak testi, hanem etikai határokat is átlépnek, előrevetítve a biotechnológiai kontroll későbbi dilemmáit (Wells 1896). Hasonlóan figyelmeztető erejű Aldous Huxley *Szép új világ* című 1932-es disztópiája, mely egy genetikai kasztrendszerre épülő, farmakológiailag irányított társadalmat ábrázol. Huxley disztópiájában az emberek már nem természetes szaporodással jönnek világra, hanem technológiai inkubáció révén, meghatározott társadalmi szerepekre optimalizálva. Az állami hatalom nem elnyomó, hanem boldogságalapú, ám e boldogság ára a szabadság, a kritikai gondolkodás és az individualitás teljes feladása. A test, a vágy és a tudat teljes mértékben technológiai és politikai kontroll alá kerül, amit Huxley ironikusan stabilitásként jellemez. A *Szép új világ* így a XX. század biopolitikai fordulatának kulturális anticipációjaként is olvasható, mely megelőlegezi azt a jövőképet, ahol az élet szabályozható, tervezhető és adminisztrálható egységgé válik – pontosan azokkal az eszközökkel, melyek később a genomika, a pszichofarmakológia vagy a társadalmi mérnökség területein valósultak meg (Rose 2007). A század végére a genetikai determinizmus kérdésköre a *Gattaca* című 1997-es filmben kap erőteljes kulturális artikulációt. Andrew Niccol disztópiájában a genetikai információ nemcsak egészségi, hanem társadalmi alkalmasságot is kifejez, s a születéskori szűrések révén egy újfajta kasztrendszer jön létre. David A. Kirby szerint a film új eugenikaként mutatja be a biotechnológia társadalmi alkalmazását, ahol a genetikai adatok látszólag semleges tudományos tényként, valójában azonban normatív és diszkriminatív eszközként működnek (Kirby 2000). Ezek az irodalmi és filmes példák már a XX. század elején érzékeltetik, milyen társadalmi következményekkel járhat az élet tudományos racionalizálása, tervezhetősége és politikai kisajátítása.

3.3.4. A DNS felfedezése és a rendszerelmélet

A XX. század közepére, különösen a DNS James Watson és Francis Crick általi, 1953-as felfedezésével, az élet egyértelműen egy genetikai információ-hálózatként kezdett el funkcionálni. Az élet fogalma már nemcsak szerves kémiai struktúrákkal volt azonosítható, hanem információs és rendszerszemléleti kategóriaként is megjelent.

Ezzel párhuzamosan rendszerelméleti és információelméleti megközelítések is megjelentek. Erwin Schrödinger 1944-es *Was ist Leben?* (Mi az élet?) című munkájában bevezette a negentrópia fogalmát, mely szerint

az élő rendszerek képesek csökkenteni saját belső entrópiájukat azáltal, hogy rendezettséget tartanak fenn a környezetükből származó energiák és információk révén. Ez a gondolat később a komplex rendszerek elméletéhez és az élet matematikai modelljeinek kidolgozásához vezetett.

A kibernetika megjelenése a XXI. század közepén szintén új távlatokat nyitott az élet fogalmának értelmezésében. Norbert Wiener kibernetikai elmélete szerint az élő szervezetek információs rendszerekként is értelmezhetők, melyek önszabályozó mechanizmusok révén tartják fenn működésüket. Ez a szemlélet az élő szervezeteket nemcsak biológiai, hanem kommunikációs és hálózati rendszerekként is láttatta, és előrevetítette a mesterséges élet és a biomedialis rendszerek koncepcióját.

3.3.5. Biopolitika és ökológiai rendszerszemlélet

A második világháború után az élet filozófiai megközelítései újabb fordulatot vettek. Posztmodern gondolkodók – különösen Michel Foucault és Gilles Deleuze – megkérdőjelezték az élet tudományosan objektíválható és stabilként kezelt fogalmát. Foucault a biopolitika fogalmával írta le azt a történeti folyamatot, melyben az élet – korábban spirituális vagy filozófiai kérdés – fokozatosan állami szabályozás tárgyává vált, és az egészségügyi, genetikai és jogi intézmények hatalmi kontrollja alá került (Foucault 1976).

Ezzel párhuzamosan az élet és a természet rendszerszintű szemlélete is előtérbe került. Az 1972-es Római Klub-jelentés vagy a *Növekedés határai* címen is hivatkozott munka az ökológiai krízis és a gazdasági növekedés korlátainak kérdését visszacsatolási modelleken keresztül mutatja be, jelezve: az emberi tevékenység destabilizálhatja a föld élet-támogató rendszereit (Meadows et al. 1972).

Ez a rendszerelméleti szemléletmód James Lovelock Gaia-elméletében öltött koherens ökológiai formát. Gaia – az élővilág és környezete közötti önszabályozó mechanizmus – egy olyan planetáris rendszerként jelenik meg, mely önfenntartásra törekszik a biotikus és abiotikus elemek közötti folyamatos kölcsönhatás révén (Lovelock 1979). Az elmélet ökológiai, földtani és információelméleti alapokat egyesített, s később a környezeti filozófiában is széles körben hivatkozták (Margulis és Lovelock 1974).

Lovelock a 2010-es évek végén a *Novacén* koncepciót vezette be, mely szerint a mesterséges intelligencia nemcsak új evolúciós szereplőként jelenik meg, hanem aktívan részt is vehet Gaia szabályozásában. A gépi rendszerek így a bioszféra fenntartásának új eszközeivé válhatnak, akár

az ember közvetlen beavatkozása nélkül is (Lovelock 2019). Ez a kibernetikus és planetáris szemlélet nem spirituális vagy teleologikus célokat követ, hanem a föld ökológiai egyensúlyának technológiai alapú fenntartását helyezi középpontba.

A környezeti gondolkodás morális és politikai dimenzióinak elmélyítéséhez Michel Serres *A természeti szerződés* című 1990-es műve kínál radikális kiindulópontot. Serres arra figyelmeztet, hogy a modernitás társadalmi szerződése – mely csak az emberek közötti jogviszonyokat szabályozza – figyelmen kívül hagyta a természet szerepét, miközben azt folyamatosan kizsákmányolja. Az ember és természet viszonya így strukturálisan egyenlőtlen és erőszakalapú. Szerinte a környezet nem csupán a cselekvés háttere, hanem aktív szereplő, ezért új típusú szerződésre tesz javaslatot, mely a természetet nem pusztán védelemre szoruló objektumként, hanem jogelismeréssel felruházott partnerként kezeli. A természeti szerződés gondolata előrevetíti a későbbi ökopolitikai és poszthumán irányzatokat, melyek a természetet nem tárgyként, hanem társtényezőként kezelik. Ez az eszme megelőlegezi a kortárs jogi ökológia és nem emberi jogalanyok gyakorlatát is, amikor például akár egy folyó is lehet a jog alanya, nem csak a tárgya (Serres 2022).

A fenti elméleti rendszerek újfajta viszonyt rajzolnak fel az ember és természet között – nem mint egymástól elválasztott entitásokat, hanem összefonódó, relációs mezőként, ahol az élet értelmezése a biopolitikai kontroll, a rendszerek dinamikája és az ökológiai kölcsönhatások kereszteződésében alakul.

3.3.6. Ökológiai mozgalmak és zöld gondolkodás az 1970-es évektől napjainkig

Olyan filozófiai és rendszerszintű gondolkodásmódok, mint Foucault-é, Meadowsé vagy Lovelocké, a hetvenes évektől társadalmi mozgalmak formájában is artikulálódnak. A zöld gondolkodás és az ökológiai mozgalmak a gyakorlati célok kijelölése mellett új erkölcsi, politikai és világnézeti pozíciókat is kialakítottak az ember és természet viszonya kapcsán.

Az ökológiai filozófia egyik radikális irányzata a mélyökológia (*deep ecology*), melyet Arne Næss norvég gondolkodó alapozott meg. A mozgalom szerint a természetnek belső értéke van és nem csupán az emberi szükségletek kielégítésére szolgáló erőforrás (Næss 1973). A mélyökológia elutasítja az antropocentrikus szemléletet, és egy biocentrikus, egalitárius természetképet helyezett előtérbe.

Ezzel párhuzamosan Murray Bookchin társadalmiökológia-elmélete az ökológiai válság okát a hierarchikus és elnyomó társadalmi struktúrákban látta. A fenntartható környezeti átalakulás szerint nem képzelhető el a társadalmi egyenlőtlenségek és autoritás lebontása nélkül (Bookchin 1982).

Az ökofeminizmus irányzat, melyet többek közt Carolyn Merchant képvisel, a természet és női test történeti összekapcsolását és kizsákmányolását elemezte, rámutatva, hogy a patriarchális gondolkodás a természettel és a nőkkel azonos módon bánt: kisajátította, alávetette és objektummá tette őket (Merchant 1980).

Az iménti elméletek politikai térnyerését jelzi, hogy zöld politikai pártok jöttek létre (például Die Grünen Németországban, 1980), és a nemzetközi környezetpolitika is reagált a válságokra: az ENSZ első környezetvédelmi konferenciája (Stockholm, 1972), valamint a Brundtland-jelentés bevezette az azóta már sokat vitatott *fenntartható fejlődés* fogalmát, mely a gazdaság és környezet integrációját célozta (World Commission on Environment and Development 1987).

A kétezres évektől újabb paradigmák jelentek meg, mint a posztenvironmentalizmus vagy a globális ökológiai felelősségvállalás (*planetary stewardship*). Ezek a fogalmak már nemcsak az ökológiai hatások méréséklését, hanem az emberiség globális felelősségét hangsúlyozzák a föld geoökológiai állapotáért (Steffen et al. 2011; Dryzek 2021).

A 2010-es évektől a zöld közpolitikai gondolkodás újabb lendületet kapott a *Green New Deal* (USA) és az *Európai Zöld Megállapodás* (*European Green Deal*) keretében, melyek már nem csupán ökológiai, hanem szociális és gazdasági igazságossági célokat is integráltak. Ezek az átfogó zöldprogramok a munkahelyteremtéstől a szegénység enyhítéséig terjedő célokat kapcsoltak össze a klímavédelmi intézkedésekkel, jelezve, hogy az ökológiai átmenet nem kizárólag környezetvédelmi, hanem mélyen politikai-gazdasági kihívás is (Aronoff et al. 2019).

3.3.7. Ökológiai gazdaságpolitika és a zöldközgazdaságtan dilemmái

A környezeti válságokkal szembesülve a hagyományos közgazdaságtan fokozatosan kiegészült ökológiai szempontokkal, és az 1970-es évektől kialakult az ökológiai közgazdaságtan külön diszciplínája. Az irányzat egyik úttörője, Nicholas Georgescu-Roegen a gazdaságot az entrópia

törvényének alárendelve értelmezte, hangsúlyozva, hogy a gazdasági folyamatok nem zárt körforgásként, hanem természeti erőforrásokat felemészítő és vissza nem fordítható rendszerekként működnek (Georgescu-Roegen 1971). Erre a gondolatra építve Herman Daly kidolgozta a fenntartható méretű gazdaság elméletét, mely az ökológiai kapacitásokon belül korlátozná a gazdasági növekedést (Daly 1996).

A fenntartható fejlődés diskurzusa az 1987-es Brundtland-jelentéssel vált közpolitikai szinten is meghatározóvá, és az ENSZ *Fenntartható fejlődési céljai* (*Sustainable Development Goals; SDG*) révén a kétezres évektől globális politikai keretként is szolgál. Ugyanakkor több kritika is érte e fogalmat, mivel sokszor nem tisztázza, hogy mi tekinthető valóban fenntarthatónak, illetve gyakran a gazdasági növekedés paradigmáját kívánja zöldíteni, anélkül hogy az ökológiai határokat érdemben megkérdőjelezné.

A *Green New Deal* programjai, különösen az Egyesült Államokban és az Európai Unióban, új lendületet adtak a zöld gazdaságpolitikai gondolkodásnak. Ezek a javaslatok – a 2008-as pénzügyi válság, majd a Covid-19 utáni zöld helyreállítási csomagok kapcsán – nem csupán a környezeti fenntarthatóságot, hanem a társadalmi igazságosságot és a gazdasági egyenlőtlenségek mérséklését is célul tűzték (Ocasio-Cortez és Markey 2019; European Commission 2020). A zöld átmenet így már nem csupán technológiai és szabályozási kérdés, hanem társadalmi-politikai küzdelem is.

Mindamelllett e törekvések a gazdasági és vállalati szférában gyakran csak felszíni reformként jelennek meg. A zöldre festés, a *greenwashing* jelensége – vagyis a környezetbarát imázs mesterséges építése tényleges rendszerszintű változás nélkül – komoly etikai kihívást jelent. Számos környezetvédelmi kampány inkább kommunikációs eszközként, semmint valódi környezeti felelősségvállalásként működik (Lyon és Montgomery 2015). Ezért egyre fontosabbak a kritikai ököpolitikai etikai megközelítések, melyek nemcsak a célokat, hanem az eszközöket és az intézményi érdekeket is górcső alá veszik

3.4. Az élet új határai: biotechnológia, poszthumanizmus és információelmélet

A XXI. század elejére az élet fogalma újabb radikális átalakuláson ment keresztül. Míg a XX. században az élő rendszerek értelmezése főként genetikai, biokémiai és rendszerelméleti keretek között zajlott, napjainkra e nézőpontok új elméleti és technológiai perspektívákkal bővültek. Az élet egyre inkább nemcsak biológiai realitásként, hanem

programozható, szimulálható és digitálisan modellezhető entitásként is megjelenik.

A biotechnológiai és mesterségesintelligencia-forradalom, a szintetikus biológia térnyerése, valamint az ökológiai és etikai válságok következtében az élet kiterjeszthető és újraformálható rendszerként értelmeződik, melyben a természetes és mesterséges határai fokozatosan elmosódnak.

Ezzel párhuzamosan új filozófiai keretek is formálódnak. A poszt-humanizmus, transzhumanizmus és az ökológiai fordulat egyaránt megkérdőjelezi az emberközpontú világképet, és az életet hálózatos, interspecifikus vagy digitális terekben értelmezi. Az élet így nem rögzített entitás, hanem diszciplínákon átívelő konstrukció, melyet formálnak génszerkesztési eljárások, mesterségesintelligencia-modellek, információelméleti keretek és ökológiai kihívások.

E változó jelentésmező megragadásához különösen releváns Bruno Latour technotudomány-fogalma, mely szerint a tudomány és a technológia nem elkülönülten működik, hanem egy közös, dinamikus folyamat részei, melyben egymás működését kölcsönösen alakítják (Latour 1999). A technotudomány így nem pusztán kutatási infrastruktúra, hanem az ismeretelmélet és valóságformálás aktív terepe. E fogalom révén az élet sem marad meg a biológiai adottság szintjén, hanem olyan konstrukcióvá válik, melyet technológiai eszközökkel újra lehet szerkeszteni, manipulálni és kiterjeszteni.

A mesterséges életformák, biológiai szimulációk és biodigitális rendszerek megmutatják, hogy a természetes élet csak egyike a lehetséges életformáknak. A DNS-alapú kódolás, az adatbázisokból működő biológiai algoritmusok, vagy az agy–számítógép interfészek megjelenése mind arra utal, hogy az élet új határait már nem a biológiai sejtmembránok, hanem a hálózati architektúrák és számítástechnikai platformok jelölik ki.

A következő alfejezetek ezeket az új értelmezési horizontokat járják körül: foglalkoznak a biotechnológia társadalmi következményeivel, a genetikai manipuláció bioetikai dilemmáival, az élet digitális és információelméleti megközelítéseivel, valamint azokkal az ökológiai és filozófiai nézőpontokkal, melyek újragondolják az emberi és nem emberi élet viszonyát.

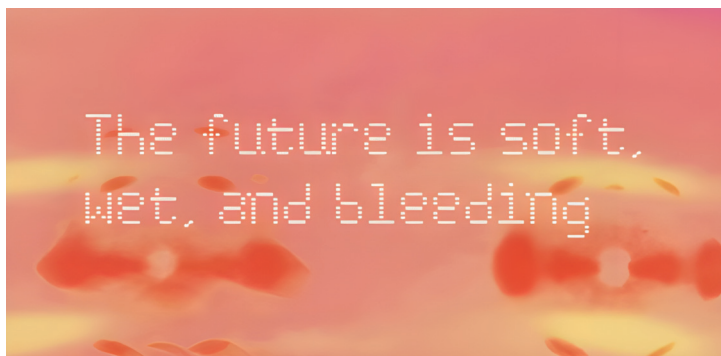
A következő alfejezetekben szereplő példák nem egy adott tudományág vagy technológiai paradigma teljes spektrumát kívánják lefedni, hanem

azokat a metszéspontokat emelik ki, ahol a biotechnológia, az információelmélet és a kulturális képzelet az élet fogalmának újraértelmezését eredményezik. A válogatás szempontja az volt, hogy láthatóvá váljanak azok a pontok, ahol a biológiai test, az emberi képességek és az ökológiai viszonyok egyfelől technikai, másfelől etikai, esztétikai és társadalmi kérdésekké is válnak. A példák ezért nem pusztán tudományos innovációkat reprezentálnak, hanem érzékeny zónákat: ahol az élet meghatározása a tét, és ahol a technotudományos beavatkozás identitást, normát és jövőképet is formál.

3.4.1. Génszerkesztés és bioetikai kihívások

Az elmúlt évtizedben a génszerkesztés területén olyan technológiai újítások jelentek meg, melyek alapvetően átalakították az élő szervezetek genetikai állományába való beavatkozás lehetőségeit. Az olyan eljárások, mint a CRISPR-technológia vagy a génhajtás, nemcsak az orvosi és

*A jövő puha, nedves és
vérezik.
Soft Genes,
Los Angeles-i kutató-
stúdió, események,
Instagram-hirdetés.
2025*



mezőgazdasági alkalmazások körét bővítették ki, hanem új kérdéseket is felvetettek az élet formálhatóságáról, irányíthatóságáról és jövőbeli alakulásáról. E technológiák elterjedése egyúttal összetett bioetikai és ökológiai dilemmákat is felszínre hozott, melyek újraértelmezik a természetes és a mesterséges közötti határokat fogalmát.

A CRISPR-Cas9 forradalma

A 2010-es évek elején forradalmi áttörést hozott a génszerkesztésben a CRISPR-Cas9 technológia, mely lehetővé tette a DNS-célpontok nagy pontosságú és költséghatékony módosítását. A módszert Jennifer Doudna és Emmanuelle Charpentier fejlesztette ki 2012-ben, munkájukért 2020-ban kémiai Nobel-díjban részesültek – példátlanul gyors elismeréssel,

ami a technológia radikális hatását tükrözi az orvostudományra, mezőgazdaságra és biotechnológiára egyaránt (Doudna és Sternberg 2017).

A CRISPR nemcsak tudományos, hanem etikai és társadalmi szempontból is új korszakot nyitott: a genetikai hibák korrigálásától kezdve az örökletes tulajdonságok tervezett módosításáig terjedő lehetőségek egész sorát vetette fel. A technológia különösen ígéretes az örökletes betegségek terápiájában, de egyúttal képessé tesz arra is, hogy hosszú távon beavatkozzunk az evolúciós öröklés mechanizmusaiba – akár teljes populációk genetikai jövőjét is módosítva.

Az ilyen irányú lehetőségek azonban súlyos bioetikai dilemmákat és társadalmi vitákat generálnak. Az *Unnatural Selection* című 2019-es dokumentumfilm-sorozat érzékletesen mutatja be a génszerkesztés hatásait, a biohacker mozgalmak felívelését, és azt a kérdést is felveti: vajon ki dönthet arról, milyen legyen az emberi öröklés jövője?

Élet mint evolúció programozás és az ökológiai felelősség

A génhajtás (*gene drive*), vagy irányított öröklés, olyan genetikai technológia, mely lehetővé teszi, hogy egy specifikus genetikai módosítás a természetes öröklési arányokat torzítsa azáltal, hogy saját magát másolja be a homológ kromoszómapár megfelelő helyére. Így a módosított gén – például egy CRISPR-alapú gene drive rendszer esetén – a heterozigóta egyedben is képes homozigóta állapotot létrehozni, aminek eredményeképp az utódok közel száz százaléka öröklő a beírt szekvenciát. Míg a klasszikus mendeli öröklés során egy génnek körülbelül ötven százalékos esélye van az utódba kerülni, a génhajtással ez az arány drasztikusan megnőhet, lehetővé téve egy genetikai módosítás gyors elterjedését egy populáción belül néhány generáció alatt (Esvelt et al. 2014).

A technológia legígéretesebb alkalmazása a fertőző betegségek terjedésének kontrollálása: például olyan *Anopheles* szúnyogok létrehozása, melyek képtelenek hordozni az évente 600 ezer ember, főleg gyerekek halálát okozó malária kórokozóját, vagy akár elpusztítják a nőstény utódokat, ezzel összeomlasztva a populációt (Gantz et al. 2015). Hasonló kísérletek folynak invazív fajok, például rágcslók vagy szúnyogok kiiktatására, melyek ökológiai és gazdasági károkat okoznak szigetek vagy védett élőhelyek esetében.

Ezek a technikák azonban etikai és ökológiai kérdések hosszú sorát vetik fel. Egyrészt a technológia visszafordíthatatlansága súlyos kockázatot jelent: ha egy módosított gén egyszer elterjed a természetben, annak hatásai globális

ökoszisztémák szintjén is beláthatatlanok lehetnek. Másrészt az ilyen mértékű beavatkozás az evolúciós folyamatba radikálisan új felelősségi struktúrákat követel meg – hiszen nemcsak egyes egyedek, hanem teljes fajok jövőjéről dönthetünk laboratóriumban. A *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine* 2016-os jelentése szerint a génhajtással végzett beavatkozásokat csak rendkívüli óvatossággal, szigorú nemzetközi ellenőrzés mellett szabad alkalmazni, különösen az ökológiailag érzékeny régiókban (National Academies 2016). Kevin Esvelt, a génhajtás egyik korai fejlesztője, szintén hangsúlyozza, hogy a nyílt társadalmi vita, az átláthatóság és a helyi közösségek bevonása nélkül e technológia alkalmazása elfogadhatatlan kockázatokat hordoz (Min et al. 2017). Ez nem csupán biotechnológiai lehetőség, hanem egy újfajta evolúciós programozás is, mely az emberi döntéshozatalt közvetlenül összeköti a bolygó genetikai jövőjével.

3.4.2. Az élet előállítása: reprodukció, öröklés és mesterséges élet

A kortárs technológiák már nem csupán megfigyelik vagy értelmezik az életet, hanem képesek aktívan belenyúlni annak létrejöttébe, öröklődésébe és anyagi hordozóiba. A reprodukció és öröklés hagyományos biológiai folyamatai egyre inkább mesterségesen alakíthatóvá válnak, miközben a természetes és a technikai közötti határvonalak fokozatosan elmosódnak. A mesterséges élet előállítása, a gének célzott szerkesztése vagy épp a terhesség testből való kiszervezése nem csupán biotechnológiai áttörések, hanem filozófiai és etikai kihívások is: ki hozhat létre életet, milyen feltételek között, és milyen normarendszerek szerint?

E fejezet a kortárs biotechnológia három radikális irányát vizsgálja: a szintetikus biológia és mesterséges élet technikai lehetőségeit; a gén-szerkesztés körüli társadalmi és erkölcsi dilemmákat; valamint az ekto-genezis – azaz a méhen kívüli embriófejlődés – jövőbeli perspektíváit. Ezek az irányok egyaránt érintik az élet kezdetének technológiai kontrollját, az örökség és tervezés kérdéseit, valamint a szülői szerepek, testhasználat és identitás újraértelmezését. Mindez nemcsak a biológiai adottságok átalakításáról, hanem az élő jelentésének és társadalmi beágyazottságának újraszabásáról is szól. Az élet nemcsak biológiai, hanem biopolitikai konstrukcióként is újrendeződik.

Mesterséges élet és a szintetikus biológia programozhatósága

A XXI. század elejére a biotechnológia és a szintetikus biológia olyan új szemléletet hozott, mely az életet programozható, újratervezhető

rendszerként értelmezi. A genetikai információ manipulálhatósága már az 1990-es évektől megmutatkozott a génmódosított növények elterjedésében, Dolly bárány 1997-es klónozásában, majd a 2003-ban befejezett humán genom-projektben, mely először tárta fel teljes részletességgel az ember genetikai térképét (Jasanoff 2005).

A legnagyobb fordulóponthoz Craig Venter kutatócsoportja hozta el, melynek tagjai 2010-ben létrehozták az első mesterséges DNS-sel rendelkező baktériumot (*Mycoplasma mycoides* JCVI-syn1.0), ami képes volt önállóan működni és osztódni (Gibson et al. 2010). Ezzel bebizonyosodott, hogy az élet laboratóriumi körülmények között is létrehozható. A szintetikus életmodellek elmosni látszanak a természetes és mesterséges közötti határt – felvetve, hogyan értelmezhető az élő fogalma egy olyan világban, ahol az élet előállítása technológiai eszközökkel is lehetséges (Bedau és Parke 2009; Ginsberg et al. 2014).

Génszerkesztés, designer baby és a genetikai jövő

A CRISPR-technológia megjelenésével a genetikai betegségek megelőzése mellett a genetikai javítás és optimalizáció lehetősége is megnyílt. A *designer baby* fogalma olyan gyerekeket jelöl, akiknek genetikai állományát előre meghatározott jellemzők – például intelligencia vagy külső jegyek – alapján szerkesztik. Egyes kutatók ezt az emberi egészség védelmének eszközeként látják, míg mások szerint veszélyes precedenst teremthet egy osztályalapú genetikai jövőkép számára, melyek az olyan, korábban tárgyalt XX. századi disztópiákban is felbukkantak, mint a *Szép új világ* vagy a *Gattaca*.

Ez a dilemma azonban nem új: Jürgen Habermas (2003) és Michael Sandel (2007) már a CRISPR előtti időszakban is figyelmeztetett a genetikai kontroll emberképre és társadalmi igazságosságra gyakorolt hatásaira. A technológia pusztán új eszközt adott egy régóta létező etikai probléma végrehajthatóságához.

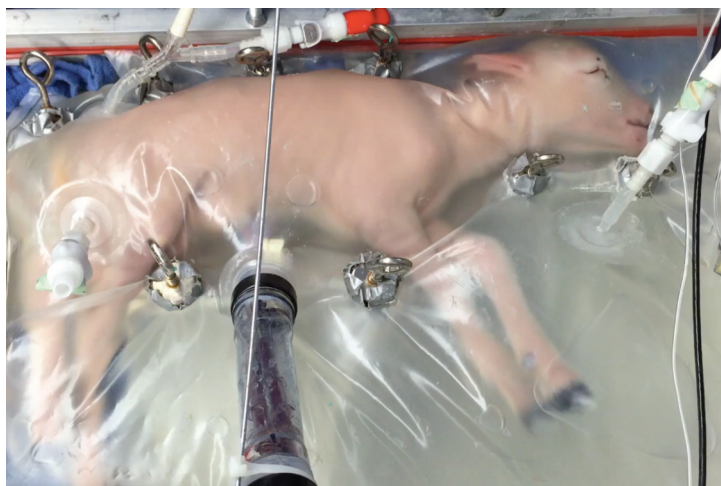
Az első drámai fordulat Ho Csien-kuj (He Jiankui) kínai kutató 2018-as beavatkozása volt: két emberi embrióban végzett csíravonal-génszerkesztést, mely örökletes módon befolyásolta a sejtvonalakat. A cél a HIV-vel szembeni rezisztencia kialakítása volt, ám a beavatkozás engedély és átláthatóság nélkül történt – ezzel átlépve azt a határt, melyet addig tudományos tabuként kezeltek. A csíravonal-szerkesztés nemcsak az érintett egyénre, hanem minden jövőbeli leszármazottra is hatással van, ezért az orvosi kezelés keretein túl az emberi örökség alakítását is jelenti. A nemzetközi közösség a technológia kiforratlansága

és a szabályozás hiánya miatt zárta ki ezt az alkalmazást – a tiltás tehát normatív, nem technikai jellegű. Ho Csien-kujt három év börtönbüntetésre ítélték, és globális tiltakozás kezdődött (Cyranoski 2019).

Az eset nyomán ismét reflektorfénybe kerültek azok az etikai dilemmák, melyek nemcsak a génszerkesztés lehetőségéről, hanem annak morális elfogadhatóságáról szólnak. Az *Unnatural Selection* című sorozat és a *Human Nature* (Bolt 2019) dokumentumfilm is hangsúlyozza: a technológiák használatát mindig konkrét érdekek, értékrendek és társadalmi kontextusok alakítják. A génszerkesztés eszköz – kalapács, mellyel lehet szöveget beütni, de ölni is. Az alkalmazásának hatása túllép az egyéni döntések szintjén, és kollektív, biopolitikai következményekkel jár. A normák meghatározása mindig hatalmi kérdés is: egy technológia büntethetősége nem annak természetéből, hanem a köré épülő társadalmi és jogi rendszerből következik.

Ektogenezis és a reprodukció technikai újratérképezése

Az ektogenezis – vagyis az embrió teljes vagy részleges kifejlődése a méhen kívül – az emberi szaporodás biológiai, technológiai és etikai újragondolásának radikális terepe. Bár a fogalom már a XX. század elején megjelent (Haldane 1924), a mesterséges méh technológiájának fejlődése nyomán ismét a tudományos és filozófiai viták fókuszába került.



*Mesterséges méh,
ami több koraszülött
báránnyt tartott életben.
Képernyőkép Alan
Flake és munkatársai-
nak videójából, 2017
Nature Communion*

A mesterséges méh lehetősége nem csupán orvosi szempontból – például a koraszülöttek túlélési esélyei – jelentős, hanem a szülés biológiai lokalizációját, a nemi szerepek természetességét és a szülői testhez

fűződő viszonyt is újraértelmezi. Több feminista gondolkodó is a reprodukív egyenlőség eszközeként üdvözölte (Firestone 1970; Smajdor 2007), ám e technológia kiszervezi a terhesség testi tapasztalatát, és új kontrollformákat hozhat létre a reprodukció körül (Lewis 2021).

A technológia jelenleg főként állatkísérletek szintjén létezik. A 2017-es Biobag-kísérlet során koraszülött bárányokat sikerült életben tartani egy steril, bioanyagú, amnionfolyadékot cirkuláltató burookban (Partridge et al. 2017). Bár ez még nem jelenti az emberi ektogenezis megvalósulását, máris átrendezi a test, a születés és az anyaság fogalmait.

Ez a diszruptív technológia nemcsak a biológiai nemhez kötött szülői szerepeket alakítja át, hanem az élőhöz való viszonyt is algoritmizálható és laboratóriumi rendszerek keretei közé helyezi. Az ektogenezis példája annak, miként válhat a test nemcsak hordozóvá, hanem helyettesíthető interfésszé – egy új médiumává az élet létrejöttének.

3.4.3. Civil biotechnológia és biohacking

A biohacking az élő testtel való kísérletezés olyan technokulturális formája, mely az informatikai hackelés mintájára az élet rendszereibe történő közvetlen beavatkozást jelöli. Spektruma a táplálkozási és kognitív folyamatok finomhangolásától a genetikai önkísérletezésen át a testbe ültetett digitális interfészekig terjed. Nem egységes módszertanról vagy ideológiáról van szó, hanem különböző technikai, biológiai és filozófiai hozzáállások metszéspontjáról, ahol a test egyszerre működik kísérleti felületként, adatplatformként és kritikai térként (O’Riordan 2017).

A biohacker alakja olyan személyt jelöl, aki saját testén keresztül kutatja az egészséget, az érzékelést, az identitást és a működés optimalizálhatóságát, gyakran intézményes kereteken kívül, civil gyakorlatként. A beavatkozások közé tartoznak például az RFID-chipek, mágneses implantátumok vagy bőr alá ültetett LED-ek (*grindhouse biohacking*), valamint a DIY CRISPR-technológiával végzett génszerkesztés. Egyesek NFC-alapú chipet használnak ajtónyitásra vagy fizetésre – Svédországban ez a gyakorlat már tömegesen elterjedt –, így a test átalakul hordozható interfésszé, élő adatkapcsolati egységgé.

A biohacking gyakorlatok három nagyobb, részben átfedésben működő irányzat köré csoportosíthatók: a technobiológiai beavatkozások – például génszerkesztés, implantátumok és szövettechnológia –, az életmódoptimalizálásra és hosszú élettartamra törekvő gyakorlatok, valamint a tudatos, gyakran spirituális testgyakorlatok. E három

irány közös vonása a test újratervezésére való törekvés, az élet működésének algoritmizálható és manipulálható rendszerként való felfogása (O’Riordan 2017).

Genetikai önrendelkezés és Josie/Josiah Zayner

A civil biotechnológia egyik legismertebb alakja dr. Josie Zayner, aki a NASA szintetikus biológusaként a Marsra szánt mikrobák fejlesztésén dolgozott, majd szakított az intézményi tudománnyal, hogy a génszerkesztést hozzáférhetővé tegye a nyilvánosság számára (Zayner 2018). 2016-ban megalapította a The ODIN nevű vállalkozást, mely CRISPR-alapú, otthoni használatra szánt génszerkesztő készleteket forgalmaz. Az ilyen típusú biohacking nemcsak technológiai kísérletezés, hanem aktivista gyakorlat is, mely a biológiai tudás decentralizálását és társadalmi újragondolását célozza meg (Ledford 2010).

Zayner nyilvános előadásokon és online platformokon végzett saját testén génszerkesztési beavatkozásokat – például izomnövekedést fokozó gének injektálásával –, hogy demonstrálja: a biotechnológiai tudás nem kizárólag szakértői privilégium, hanem az egyéni döntéshozatal és felelősség része is lehet. Akciói provokatívák és edukatívák egyszerre, céljuk a biológiai önrendelkezés fogalmának újragondolása, valamint annak megkérdőjelezése, hogy ki rendelkezhet a test felett (Keulartz 2020).

*Embryo Corporation.
Josie Zayner új
cégének weboldala,
2025*



Engineering the impossible.

A new era of biotechnology starts here.

●●●●

We push the boundaries of genetic engineering to transform imagination into biology. Our work doesn't just change what's possible—it redefines it.

From Myth To Reality

Designing the world's first true unicorn

A Zayner köré szerveződő DIYbio (Do-It-Yourself Biology) mozgalom a biológiai tudást és a genetikai kísérletezés eszközeit kiemeli az akadémiai

és ipari laboratóriumok kizárólagosságából. A közösségek célja a tudomány demokratizálása, a hozzáférés kiszélesítése és a biológiai test saját kísérleti terepként való újragondolása. A résztvevők – gyakran garázlaborokban vagy közösségi biohacker terekben – különféle kísérleteket folytatnak, a radikális állampolgári tudomány eszméjét követve.

Zayner – aki korábban Josiah néven élt, és nyilvánosan vállalta genderátmenetét – 2022-ben megalapította The Embryo Corporation nevű vállalatát, mely a mesterséges reprodukció, a biológiai öntervezés és az ektogenezis határterületein működik, aktivista és spekulatív szemlélettel. Munkássága ráirányította a figyelmet a DIYbio mozgalom politikai és etikai dimenzióira is: ki dönthet arról, mi megengedett egy emberi testen? Ki férhet hozzá a tudáshoz és az eszközökhöz? És milyen következményekkel járhat a biológia ilyen mértékű privatizálása? Ezek a kérdések különösen relevánsak egy olyan korban, ahol a biotechnológia egyre inkább egyéni választássá válik – miközben döntéseink következményei nem elszigetelten jelennek meg, hanem közösségeket, társadalmi egyenlőséget és az ökológiai egyensúlyt is érintik.

Grindhouse biohacking: a test mint technológiai platform

A grindhouse biohacking az emberi testbe történő közvetlen technológiai beavatkozások radikális formája, mely során biohackerek különféle implantátumokat ültetnek saját bőrük alá érzékelés, adatkezelés vagy interfészként való működés céljából. Ilyen beavatkozások közé tartoznak a mágneses ujjimplantátumok, a LED-ek, valamint az NFC- vagy RFID-chipek, melyek lehetővé teszik például az ajtónyitást, fizetést vagy adatok tárolását. A grindhouse biohacking a testet nemcsak mint biológiai entitást, hanem mint nyitott interfészt, kísérleti médiumot és adatkapcsolati platformot kezeli – egy olyan aktív térként, melyben az egyén nemcsak viseli, hanem működteti és újraformálja a technológiát (Wexler 2017; Thacker 2005).

A Tesla-nyitás RFID-chippel az egyik legismertebb példája ennek a típusú biohackingnek, és valóban dokumentált eset: egy amerikai biohacker, Amal Graafstra (a Dangerous Things alapítója) 2019-ben egy Tesla Model 3 indításához szükséges NFC-chipet – az autó kulcskártyájából kinyert adatokat – ültetett be a saját karjába, így képes lett saját testével nyitni és indítani az autót (Liptak 2019). A beavatkozás egy szubdermális, üvegborítású chip beültetésével zajlott, steril körülmények között, de nem orvosi rendelőben (Graafstra 2019). Ez a példa nemcsak a technológiai interfészek testbe integrálására, hanem az autonóm technológiai testmódosításra is rávilágít –

a biohacker itt nem csupán felhasználó, hanem saját testébe kódolt kiterjesztés fejlesztője és hordozója is.



*A Dangerous Things
chipje és annak belövője.
A Dangerous Thing
weboldaláról,
<https://dangerousthings.com/>*

A svédországi RFID-implantátum-használat a biohacking egyik legismertebb társadalmi szintű példája. A Biohax International nevű svéd cég, melyet a biohacker Jowan Österlund alapított, már 2017 óta több ezer embert látott el NFC-chippel, amit leggyakrabban vonatbérletként, irodai beléptetőként, fitnesszterem-hozzáférésre, mobilfizetésre vagy akár digitális névjegyként használnak. A chipeket a kéz hüvelykujj és mutatóujj közötti bőrszövetébe ültetik. A svéd vasúttársaság már 2017-től tesztelte a rendszeres utasok NFC-chipes beazonosítását. Az utasok a testükbe ültetett chippel érintik meg a kalauz olvasókészülékét, mely beolvassa a digitális utazási jogosultságot. E gyakorlatokban a test egyfelől hordozófelület, másfelől aktív adatkapcsolati interfész, mely új értelmezési horizontokat nyit a test, a technológia és az identitás viszonyában.

A grindhouse biohacking határai nem korlátozódnak csupán praktikus, technológiai funkciókra vagy adatkezelési célokra. Egyes beavatkozások kifejezetten az érzékelés és a testtapasztalat kiterjesztését célozzák, sok esetben művészeti vagy konceptuális szándékkal. A test itt nem csupán fizikai hordozófelületté, hanem érzékelőberendezéssé és performatív médiummá válik.

Neil Harbisson, az egyik legismertebb kiborgművész, aki színvakságban szenved: a koponyacsontjához rögzített antenna segítségével képes a színeket – köztük az infravörös és ultraibolya tartományokat is – hangrezgésekké alakítani, és így hallja a színfrekvenciákat (Harbisson 2012). Ez az eszköz nem csupán az érzékelés technikai kiterjesztéseként működik, hanem identitáspolitikai állításként is: Harbisson hivatalosan is elismertette az antennát teste részének, és azóta a kiborgként való



*Neil Harbisson-portré.
Fotó: Hector Adalid*

Létezés társadalmi és jogi elismeréséért folytatott küzdelem egyik meghatározó alakjává vált. Moon Ribas, Harbisson művésztársa és a Cyborg Foundation nevű kezdeményezés társalapítója, a lábába ültetett szenzorral érzékelte a föld szeizmikus mozgásait, így a globális földrengéseket valós időben érzékelte és integrálta saját testmozgásába – például táncperformanszok során (Ribas 2016).

E kísérletek túlmutatnak a test kibernetikai vagy interfészként való értelmezésén: a természetes és technikai érzékelés közti határt feszegetik, és új viszonyt javasolnak az emberi test, a technológia és a környezet között. Ezek a beavatkozások nemcsak biohackként, hanem érzéki-esztétikai tapasztalatgenerátorként is működnek, melyek révén a test nemcsak kibővített, hanem újraformált perceptuális lényként jelenik meg.

Longevity – hosszú élet

A biohacking egyik jelentős irányzata nem genetikai vagy interfészes beavatkozásokkal operál, hanem az életminőség és élettartam optimalizálására összpontosít. Ez az önirányított testfejlesztés a metabolikus és hormonális működés finomhangolására törekszik: idetartozik a precíziós táplálkozás, az intermittáló böjt, a ketogén diéta, az NMN (nikotinamid-mononukleotid) és más longevity-szerek használata, a tesztoszteronpótlás, valamint az alvásciklusok és az idegrendszeri regeneráció nyomon követése.

E gyakorlatok közös hátterét adja a *quantified self*, azaz az önmérő mozgalom, melyben az egyén a saját testét adatforrásként kezeli. Algoritmusok, applikációk és biológiai szenzorok révén valós idejű visszajelzések alapján próbálja optimalizálni testi folyamatait – az önmenedzsment célja itt nemcsak a hosszabb élet, hanem a kontrollált anyagcsere és a jó közérzet adatvezérelt előállítás is. A biohacking e formája gyakran egy neoliberalizált testképben gyökerezik, mely a testet fejlesztendő erőforrásként kezeli, különösen a kiegészítés és az öregedés késleltetésének szolgálatában.

Életmeghosszabbítás és öregedésgátlás

A longevity-mozgalom és a hozzá kapcsolódó biotechnológiai fejlesztések újfajta életprogram körvonalait rajzolják meg: a cél már nem a betegségek megelőzése, hanem az életpálya biológiai határainak átrendezése, az öregedés technikai uralhatóságának kiterjesztése. A Google-leányvállalat Calico, az Altos Labs (Jeff Bezos támogatásával),

valamint a radikális biohacking-protokollt követő Bryan Johnson Blueprint-programja nemcsak a sejtszintű öregedés lassítását célozza, hanem a halandóság újraírását is technológiai narratívákba ágyazza. A kutatások fókuszában olyan molekuláris mechanizmusok állnak, mint a sirtuin fehérjék, az epigenetikai órák vagy az autofágia szabályozása. A metformin, a rapamycin vagy az NMN a *geroprotektív* hatás ígértét hordozzák, bár embereken való hatékonyságuk továbbra is vitatott (Barzilai et al. 2016). Ez a program újra előtérbe helyezi azokat az etikai feszültségeket, melyek a társadalmi hozzáférés, az egyenlőtlenség és a test fejleszthetősége köré szerveződnek. A biológiai idő átalakítása nem pusztán személyes döntés, hanem politikai és kulturális újrendeződést is generálhat.

E technológiai ígéretek egy globális demográfiai trendbe illeszkednek, mely az előregedő társadalmak kihívásait igyekszik új módon kezelni. A kérdés azonban továbbra is adott: kinek az életét hosszabbítjuk meg, milyen árakon, és milyen normatív testképre alapozva?

Szomatodiverzitás és wellnessfetisizmus

A biohacking és az életmeghosszabbítás diskurzusai gyakran egy idealizált testkép köré szerveződnek, mely az egészséget, fiatalságot és funkcionalitást esztétikai és morális kategóriaként értelmezi. A *wellnessfetisizmus* ebben a kontextusban nemcsak az egészségkultúra túlbujánzása, hanem a neoliberais testeszmény egyik fő motorja is: az egyéni felelősség, az önirányítás és az állandó önoptimalizálás válik a jó élet feltételévé (Davies 2017).

A szomatodiverzitás – a testi különbségek spektrumának elismerése – ezzel szemben azt hangsúlyozza, hogy a test nem mérhető és univerzálisan optimalizálható, hanem biológiailag, társadalmilag és kulturálisan is beágyazott. A biohacking domináns irányzatai többnyire figyelmen kívül hagyják azokat a testeket, melyek nem illeszkednek a fiatal, egészséges, fehér férfitest normájába – legyen szó fogyatékoságról, hormonális eltérésekről vagy marginalizált identitásokról (Kafer 2013).

Az optimalizált test árnyékában: A szer

A biohacking kultúrájának kritikai reflexióját kínálja Coralie Fargeat 2024-es filmje, a *The Substance* (A szer), mely az öregedésgátló iparág és a női test normatív kontrolljának sötét oldalát mutatja be. A főszerepben Demi Moore önzonosan, saját testtörténetét is

reflektálva jeleníti meg az idősödő televíziós személyiséget, aki egy titokzatos biotechnológiai kezelés révén fiatalabb és tökéletesebb változatát kelti életre.

A film a test optimalizálásának és leválaszthatóságának illúzióját állítja szembe a testi önazonosság kérdésével, miközben radikálisan kérdőjelezi meg a fiatalság mint tőke ideológiáját. Moore Cannes-ban az *Uncertain regard* kategóriában elnyerte a legjobb színésznő díját – nem csupán színészi teljesítményéért, hanem mert egy régóta tabusított témát: az öregedő női test médiaképtelenségét és bioipari kisajátítását emelte be a kulturális tudatosság centrumába. A *The Substance* narratív és vizuális szinten is élesen reflektál a biohacking és a longevity-ideológia által favorizált, algoritmizálható, kontrollált és fiatal test eszményére.



*A The Substance
két főszereplője,
Margaret Qualley
és Demi Moore
a cannes-i bemutatón.
Fotó: Gisela Schober
Getty Images, 2024*

Testtudatosság, technospiritualitás és szomatikus technikák

A biohacking harmadik – gyakran háttérbe szorított – ága azokra a szomatikus és spirituális gyakorlatokra koncentrál, melyek a testtel való együttműködést, érzékelést és intimitást helyezik előtérbe. Idetartozik a jóga, légzéstechnikák, meditáció, hidegterápia, pszichedelikus anyagok mikrodozírálás vagy olyan mozgásformák, mint a Feldenkrais- és az Alexander-módszer. E gyakorlatok nem a test manipulálását, hanem annak belakását célozzák – gyakran egy tágabb ökológiai vagy spirituális keretben.

Ez az irányzat gyakran reflektál a nyugati orvoslás fragmentált testképére, és a testet relációs, holisztikus entitásként kezeli. A hangsúly nem az optimalizáción, hanem a figyelmen, a jelenlétben és a regeneráción van – szemben a biohacking technológiai fétisével.

3.4.4. Transzhumanizmus: az ember technológiai meghaladása

A XXI. század elejére az emberi test és tudat technológiai átalakítása már nem a tudományos-fantasztikum birodalmába tartozik, hanem a kortárs biotechnológiai, neurotechnológiai és információelméleti fejlesztések révén egyre inkább a jelen valóságává válik. A különféle technológiák – az agy–gép interfészek, a szövetnövesztés, a kognitív fokozók vagy épp a krionika – közös horizontja a transzhumanizmus, mely egyszerre filozófiai irányzat, technológiai program és politikai mozgalom.

A transzhumanizmus olyan filozófiai és technológiai irányzat, mely az emberi képességek technológiai eszközökkel való kiterjesztésére és meghaladására törekszik. Alapvető célja, hogy az emberi korlátokat – például a betegséget, az öregedést vagy a halált – olyan új technológiákkal haladja meg, mint a mesterséges intelligencia, a génszerkesztés vagy a kiberbiológia. A transzhumanista gondolkodók szerint az emberiség immár nem pusztán passzív alanya az evolúciónak, hanem aktív formálója lehet saját fejlődésének. A transzhumanista vízió egyik legprovokatívabb eleme a halhatatlanság ígérete, mely a biológiai test technológiai meghaladásán és a tudat digitalizálhatóságán keresztül képzelel el az emberi lét radikális kitágítását.

A transzhumanizmus eszmerendszere elsősorban Nick Bostrom és Ray Kurzweil munkásságán keresztül vált ismertté. Bostrom (2005) a transzhumanizmust olyan etikai projektként fogalmazza meg, mely szerint az emberiségnek nemcsak lehetősége, hanem morális kötelessége is, hogy fejlett technológiák révén javítsa és meghaladja saját biológiai állapotát. Kurzweil (2006) a technológiai szingularitás fogalmával írja le azt a jövőbeni pontot, amikor a mesterséges intelligencia túlszárnyalja az emberi intelligenciát, és gyökeresen átalakítja az emberi lét feltételeit. Mindkét gondolkodó szerint a biológiai ember pusztán egy átmeneti fázis a technológia által facilitált evolúcióban, melynek végpontja egy újfajta poszthumán létező lehet.

A XXI. század elején ezek az elképzelések egyre több gyakorlati formát is öltenek: a hosszú élet kutatásaitól a test–technológia integrációig. Max More, a transzhumanizmus egyik legismertebb amerikai teoretikusa, a mozgalom alapelveit az extropizmus fogalma köré szervezte, mely szerint az ember képes lehet folyamatos önjavításra, fejlődésre és végső soron biológiai határainak meghaladására (More 2013). Az általa vezetett mozgalom nemcsak filozófiai célkitűzéseket, hanem konkrét kutatási és életmód-stratégiákat is felmutat: ilyen például a krionika, a radikális élethosszabbítás vagy az ember–gép interfészek fejlesztése.

Feleségével, Natasha Vita-More-ral közösen a transzhumanista kultúra és művészet egyik legismertebb képviselőivé váltak.

A transzhumanizmus nemcsak elméleti irányzatként, hanem politikai mozgalomként is megjelent: 2002-ben megalakult az amerikai Transzhumanista Párt, melynek célja a technológiai fejlődés társadalmi integrációjának előmozdítása. A párt egyik legismertebb elnöke a magyar származású Istvan Zoltan, aki 2016-ban az Egyesült Államok elnökválasztásán is indult, kampányát a transzhumanista eszmék terjesztésének szentelve. Istvan futurisztikus Halhatatlanság busz (*Immortality Bus*) turnéja világszerte ismertté tette a mozgalmat.

A biohacking és a transzhumanizmus közös célja az emberi test és képességek átalakítása, a kiindulópontjuk, eszközkészletük és társadalmi beágyazottságuk azonban eltérő. A biohacking – különösen a *DIYbio* és *quantified self* irányzatai – civil, decentralizált, gyakran alulról szerveződő gyakorlatokat jelent, melyek az egyéni önkísérletezésre, önrendelkezésre és a tudás demokratizálására épülnek. A transzhumanizmus ezzel szemben egy átfogó, filozófiai és technológiai jövővízió, mely gyakran intézményi, vállalati vagy elit technológiák révén képzei el az emberi korlátok meghaladását. A két irányzat között azonban léteznek átfedések: például az életmeghosszabbítás vagy az agyi augmentáció területén, ahol a biohackerek és a transzhumanista programok gyakran hasonló technológiákat alkalmaznak – eltérő társadalmi keretben, célokkal vagy önértelmezéssel.

A transzhumanizmus egyik legmarkánsabb gyakorlati aspektusa az emberi képességek technológiai úton történő kiterjesztése. E kezdeményezések célja, hogy az emberi test és elme működését olyan technológiákkal támogassák, melyek révén új élettartam, érzékelés vagy kognitív kapacitás érhető el – gyakran a biológiai határok átlépésével. A transzhumanista vízió technológiai manifesztációi a *neurotechnológia* és *agy-gép interfészek*, *testaugmentáció*, *szövetnövesztés* és *xenotranszplantáció*, *kognitív enhancement* vagy a *krionika* stb.

A transzhumanista technológiák nemcsak lehetőségeket, hanem mélylenszántó dilemmákat is hordoznak. A hozzáférés egyenlőtlenségei, az új normalitások kialakulása, a mentális autonómia veszélyeztetése, az emberi méltóság újradefiniálása mind olyan kérdések, melyeket Sandel (2007), Fukuyama (2002) vagy épp Sophie Wexler (2022) is hangsúlyoznak. A transzhumanista eszmék gyakorlati következményei könnyen elvezethetnek egy olyan jövőhöz, melyben a javított, kiterjesztett egyének és a természetes emberek között radikális különbségek alakulnak ki – nemcsak fizikai és mentális képességeikben, hanem társadalmi és politikai lehetőségeikben is.

3.4.5. Transzhumanizmus technológiai

A transzhumanizmus egyik legmarkánsabb gyakorlati aspektusa az emberi képességek technológiai úton történő kiterjesztése. E kezdeményezések célja, hogy az emberi test és elme működését olyan technológiákkal támogassák, melyek révén új élettartam, érzékelés vagy kognitív kapacitás érhető el – gyakran a biológiai határok átlépésével. A transzhumanizmus technológiai horizontja olyan spekulatív és jövőorientált irányokból épül fel, melyek radikálisan újraformálják az emberi test, tudat és identitás fogalmát. Idetartozik például a digitális tudattovábbítás (*mind uploading* vagy *whole brain emulation*), melynek célja az agy teljes struktúrájának digitális leképezése és szimulált környezetben történő futtatása. A nanotechnológia sejtszintű regenerációra irányuló fejlesztései mesterséges nanobotokat alkalmaznak, melyek képesek a szervezetet belülről helyreállítani, például a rákos sejtek célzott eliminálásával. A mesterséges tudat vagy szuperintelligencia létrehozása olyan posztumán entitások megjelenését vetíti előre, melyek már nem kötődnek az emberi testhez (AGI, ASI), és közvetlen kapcsolatban állnak a technológiai szingularitás gondolatával. A teljes testprotézisek és mesterséges testek fejlesztése során olyan humanoid robottestek válnak lehetségessé, melyekbe a tudat vagy annak lenyomata áthelyezhető, kiborg testcseréket hozva létre. A génszerkesztés immár nemcsak betegségek megelőzését célozza, hanem extrém emberi tulajdonságok – például szuperintelligencia, UV-látás vagy gyorsabb sebgyógyulás – létrehozását is. A virtuális halhatatlanság és a metaverzum-alapú posztumán létformák az egyéni identitás, tudat és élményvilág digitális térbe való áttételének lehetőségét vizsgálják, idekapcsolódik a Digital Immortality fogalma is. Az antiszeneszencia, vagyis az öregedési folyamatok teljes blokkolása olyan mechanizmusokon alapul, mint a sir-tuin fehérjék aktiválása, a telomeráz enzimek modulálása vagy a mesterséges sejtciklus-menedzsment. A neuroetika és a moráltechnológia keretében az agyi beavatkozások révén az érzelmi válaszok vagy az empátia technológiai szabályozása kerül előtérbe. A funkcionális telepátia és a kollektív tudathálózatok, például a *brain-to-brain*, agy-agy interfészek (BBI), a *shared mind*, megosztott tudat típusú kísérletek irányába mutatnak. Végül a posztbiológiai evolúció spekulatív formái – mint például a szilíciumalapú vagy kvantumalapú intelligenciákba való átalakulás – a transzhumanista gondolkodás legmerészebb jövőképeit képviselik. Ahogy ebből is látszik, a transzhumanista technológiák spektruma rendkívül széles. A jelen szöveg nem kíván teljes körű technológiai leltárt nyújtani, sokkal inkább azokra a fejlesztési irányokra összpontosít, melyek egyrészt már jelenleg is klinikai, kulturális vagy társadalmi hatással bírnak, másrészt élesen vetik fel a test, az élet és az önazonosság fogalmainak újraértelmezését. Az itt tárgyalt példák így nem pusztán

illusztratívák, hanem kulcsterepei annak az átalakulásnak, mely a humán és a technológiai között meglévő határ újrarajzolásához vezet.

Neurotechnológiák és agy–gép interfészek

Az elmúlt két évtizedben a neurotechnológia olyan gyors fejlődésen ment keresztül, hogy mára közvetlen interfészek jönnek létre az agy és a számítógépes rendszerek között. Az agy–gép interfész (*brain–computer interface*; BCI) olyan technológiai architektúra, mely képes az idegi aktivitást rögzíteni, dekódolni és digitális műveletekké alakítani – gyakran valós időben. Az olyan vállalatok, mint a Neuralink (Elon Musk cége), invazív agyi implantátumokat fejlesztenek, melyek közvetlenül kapcsolódnak az agykéreghez, lehetővé téve a gondolatokkal történő vezérlést. 2024 elején a Neuralink első emberi kísérletében egy paralízisben szenvedő páciens gondolattal tudott kurzort mozgatni egy képernyőn (Drew 2024). Az implantátum, melyet Telepathy néven is emlegetnek, hatvan-négy mikroszálon keresztül olvassa az idegi aktivitást – ezzel az agy nemcsak élmények és tudatfolyamatok hordozójaként, hanem aktív vezérlőegységként jelenik meg.

*Neuralink eszköz,
a cég katalógusából*



*A Black Mirror
agy chipje.
Képernyőfelvétel
a sorozatból*



A technológia gyakorlati céljai közé tartozik a bénult emberek kommunikációs képességeinek helyreállítása, az emlékezet támogatása Alzheimer-kór esetén, traumatikus emlékek módosítása PTSD-ben, vagy épp a gondolatokkal vezérelt digitális műveletek. Az agyi beavatkozások nemcsak olvasni, hanem írni is képesek az idegrendszerbe: az elektromos stimuláció például mélyagyi stimuláció formájában már régóta alkalmazott módszer, de a jövőbeli implantátumok valós idejű befolyásolást is lehetővé tehetnek. A tudat ezzel nemcsak megfigyelhető, hanem módosítható komponenssé válik, újradefiniálva az autonómia és önazonosság határait.

A neurotechnológiák fejlesztései etikai és politikai kérdéseket is felszínre hoznak. A gondolatok, érzelmek vagy döntések digitalizálhatósága új dimenzióba helyezi a gondolatszabadság, mentális integritás és digitális autonómia kérdéseit. Kate Crawford és Vladan Joler (2018) arra figyelmeztetnek, hogy a digitális testadatok – így az agyból nyert minták – adatgazdasági értékévé válnak, ezek piacosítása súlyos etikai és jogi problémákat vet fel.

A kérdés tehát nemcsak az, hogy technikailag mire vagyunk képesek, hanem hogy milyen szabályozási, jogi és etikai keretrendszer tudja ezeket a fejlesztéseket mederben tartani. Jelenleg a legtöbb országban a neurotechnológiai fejlesztések nem tartoznak önálló jogi kategóriába, és az agy mint adatforrás még nem esik specifikus védelem alá. Marcello Lenca és Roberto Andorno (2017) szorgalmazza az úgynevezett *neurorights*, azaz idegjogok nemzetközi bevezetését annak érdekében, hogy az emberek az agyi működésükhöz és gondolataikhoz fűződő jogaik tekintetében is védelmet élvezzenek.

A technológia kettős arcát jól mutatják a kísérleti eredmények: a Neuralink egyik bemutatóján például egy sertés agyába ültetett implantátum valós időben követte az állat orrmozgását (Musk 2020), míg más esetben motoros válaszokat lehetett kívülről kiváltani, például a láb megemelését. Ez az aktus rávilágít arra, hogy a terápiás célú alkalmazások és az irányító potenciál között egyre elmosódottabb a határ. A neurotechnológia tehát nemcsak a gyógyítás, hanem a kontroll, előírás vagy szankcionálás eszközevé is válhat – különösen kormányzati, katonai vagy vállalati kontextusban. Az elme és technológia közvetlen összekapcsolása így nem csupán technológiai, hanem mélyen biopolitikai kérdésként is értelmezendő.

A neurotechnológia és a tudat digitalizálásának kulturális feldolgozása már évek óta jelen van a spekulatív fikcióban. A *Black Mirror* című sorozat több epizódja – például az *Arkangel*, a *White Christmas*, a *San Junipero* vagy a *Black Museum* – olyan jövőbeli technológiákat vizionál, melyek

képesek a tudat archiválására, másolására vagy új kontextusba helyezésére. Ezek a narratívák nemcsak disztópikus figyelmeztetések, hanem kritikusan vizsgálják a digitális identitás, a mesterséges emlékezet és az érzékelés technológiai kitágításának pszichológiai és etikai következményeit. Az *Arkangel* (S4E2) epizódban egy agyi implantátum révén a szülő valós időben figyelheti gyereke érzékelését, és kiszűrheti a zavaró tartalmakat – a gyerek szeme előtt elhomályosodnak a stresszt kiváltó képek, például egy vérző kutya vagy egy vita. Az epizód így érzékletesen mutatja meg, miként alakul át a nevelés a teljes kontroll felé, és hogyan torzulhat a tapasztalat és emlékezet szerkezete technológiai úton. A *White Christmas* (Special Episode) és a *Black Museum* (S4E6) az elme digitális másolhatóságát, illetve annak kiszolgáltatottságát tematizálja: a tudati másolatok izolálása, fenyítése vagy kihasználása az etikai visszaélések radikálisan új formáit tárja fel.

A *San Junipero* (S3E4) a tudat halál utáni, posztbiológiai túlélési lehetőségét tematizálja egy szimulált valóságban, ami egyfajta virtuális mennyországgént jelenik meg. Közvetlenül reflektál a *mind uploading*, az elme feltöltésre a hálózatba és a digitális halhatatlanság transz-humanista elképzeléseire. Ezek a történetek spekulatív módon vizsgálják az agy–technológia összekapcsolásának hatásait az élmény, az identitás és az önrendelkezés fogalmaira. Az efféle kulturális képzeletbeli tér nemcsak illusztrálja a technológiai tendenciákat, hanem azok affektív és társadalmi dimenzióit is érzékenyen tárja fel.

Teljesítményfokozás: genetikai és kognitív augmentáció

Az emberi képességek technológiai javítása nemcsak a test, hanem az elme területén is központi kérdéssé vált. A kognitív augmentáció célja a gondolkodás, memória, figyelem vagy kreativitás növelése olyan beavatkozások révén, mint a nootropikumok (például modafinil, racetamok), melyek gyógyszeres úton serkenthetik a mentális teljesítményt (Bostrom és Sandberg 2009). Míg a digitális augmentáció – például mesterséges asszisztensek vagy memóriafelhők – az ember–gép kapcsolat új lehetőségeit nyitja meg (Goertzel és Pennachin 2007).

Ezzel párhuzamosan a genetikai alapú teljesítményfokozás is egyre nagyobb figyelmet kap: a sportteljesítmény vagy az intelligenciával összefüggő képességek öröklött jellemzőinek célzott módosítása – például CRISPR-technológiával – már nem pusztán elméleti lehetőség (Gyngell, Bowman-Smart és Savulescu 2019). A genetikai és kognitív enhancement gyakorlatai ugyanakkor új típusú pszichológiai,

társadalmi és etikai kérdéseket vetnek fel: ki férhet hozzá ezekhez az eljárásokhoz, milyen következményekkel járhatnak az identitásra, és hogyan változik meg a természetes emberi képességek jelentése (Fukuyama 2002; Sandel 2007).

Szövetnövesztés és xenotranszplantáció – a test biotechnológiai újratervezése

A regeneratív medicina és a szövetnövesztés gyakorlata az élő test biotechnológiai újratervezésének egyik legsűrűbb jelentéstartományú területévé vált. A laboratóriumi körülmények között létrehozott mesterséges szövetek – például bőr, izomszövet, porc és májszerű struktúrák – nemcsak az orvosi alkalmazások számára kínálnak új megoldásokat, de felvetik az élet technikai másolhatóságának kérdését is. A szövetnövesztés nem egy sérült szerv reparálása, hanem a biológiai forma technikai utánképzése: egy újfajta mimézis, melyben az élet anyagiséga nem organikus úton, hanem mérnöki eljárások révén szerkeződik újra.

2022 januárjában a Marylandi Egyetem Orvosi Központjának sebészei David Bennett ötvenhét éves, végstádiumú szívbeteg testébe genetikailag módosított sertésszívet ültettek be. A szívet több gén-szerkesztéssel *emberbarátabbá* tették, hogy csökkentsék a kilökődési reakciót), és ez volt az első sikeres xenotranszplantáció, amikor egy ilyen állati szervet klinikai környezetben emberi betegbe ültettek be (Reardon 2022).

Az ilyen xenotranszplantáció a fajok közötti testhatárok újraértelmezésére is kényszerít. A sertésből származó szívátültetések vagy hasnyálmirigysejtek kísérleti beültetései olyan posztumán testképet vetítenek előre, melyben az emberi test nem lezárt entitás, hanem nyitott, transzgenikus platformmá válik. A xenotranszplantáció kérdése ugyanakkor nemcsak technikai, hanem etikai, immunológiai és kulturális kérdéseket is felvet: mit jelent emberi testrészként elfogadni egy másik faj szervét, és hogyan változik ezzel az emberi test identitása?

E két terület – a szövetnövesztés és a xenotranszplantáció – nem csupán a gyógyítás horizontját tágítja ki, hanem az élet és test fogalmát is új alapokra helyezi. Az élő szövet nem csupán növeszthető, de tervezhető, standardizálható és beépíthető, ezzel pedig a test maga is egy moduláris és programozható konstrukcióvá válik (Cohen 2025).

Krionika: halál mint visszafordítható állapot

A krionika a testek extrém alacsony hőmérsékleten történő tartósítását jelenti azzal a céllal, hogy a jövő technológiáival újjáéleszthetők legyenek. Az elgondolást eredetileg Robert Ettinger amerikai fizikus vetette fel 1962-ben *The Prospect of Immortality* című könyvében, melyben azt állította: a halál nem végleges állapot, hanem egy olyan biológiai folyamat, mely a megfelelő technológiai fejlettségi szint mellett akár visszafordítható is lehet. A krionika filozófiai alapja, hogy a halál nem pillanatnyi esemény, hanem időben elnyúló folyamat, mely megfelelő beavatkozással megszakítható.

A legismertebb intézmények egyike ezen a területen az Alcor Life Extension Foundation, melyet többek között Max More is vezetett. Az intézet az elmúlt évtizedekben több tucat embert és háziállatot fagyasztott le, abban a reményben, hogy a jövő orvostudománya képes lesz regenerálni és újjáéleszteni őket.

A Szilícium-völgy technológiai elitjének körében az öregedés és a halál nem elkerülhetetlen biológiai végkifejlet, hanem egy megoldandó mérnöki probléma. A krionika – mint az élet felfüggesztésének stratégiája – nem csupán spekulatív tudományos vállalkozás, hanem egy tágabb, jövőorientált életmegg hosszabbító ideológiába illeszkedik. A hosszú élet kutatásának irányvonalai ma már nemcsak tudományos laboratóriumokban, hanem startupinkubátorokban, magánalapítványokban és techóriások jövőtervező programjaiban is formálódnak.

Olyan szereplők, mint Peter Thiel – a PayPal társalapítója és a Szilícium-völgy egyik legismertebb befektetője, aki nyíltan támogatja a radikális élethosszabbítás kutatásait – nemcsak anyagi támogatói az Alcor Life Extension Foundationnek, hanem maguk is regisztráltak jövőbeli krioprezervációra. Thiel szerint: „Ha csak egymillióhoz az esélye is, hogy felélesztenek, már megéri” (Harrison Dupré 2023). Ez a bonmot jól illusztrálja azt a mentalitást, mely az emberi életet nem abszolút biológiai adottságként, hanem megoldandó technológiai feladatként kezeli. A krionika az extrém hosszú élet vagy potenciálisan a halhatatlanság egyik jövőbeli eszközévé válhat.

A krionika mélyreható filozófiai és jogi kérdéseket is felszínre hoz. Az egyik központi dilemmát a halál definíciója jelenti: a hagyományos orvostikai szemlélet szerint a halál az agyműködés vagy a szív-működés visszafordíthatatlan leállását jelenti, ám a krionika hívei szerint a halál nem egy végleges állapot, hanem inkább technológiai határkérdés. A test és az agy fagyasztása révén megőrizhető lehet az egyén információs

mintázata – különösen az agyban tárolt emlékek és személyiség –, és a jövőben új technológiák képesek lehetnek annak visszaállítására vagy újraindítására.

Ez a felfogás közvetlenül próba elé állítja a jogi halál fogalmát is: ha valakit lefagyasztanak, vajon halottnak vagy élőnek számít? Van-e joga az *alvónak* a tulajdonához, az örökléshez vagy a személyes döntéshozatálhoz? Milyen jogállása van egy olyan személynek, akit fagyasztott állapotban tárolnak, de esetleg visszahozható az életbe?

Emellett felmerül az élethez való jog és annak időbelisége is. A kionika implicit módon azt sugallja, hogy az élet joga nemcsak a jelenlegi biológiai működéshez kötött, hanem kiterjeszthető lehet egy jövőbeni visszatérés lehetőségére is. Ez újradefiniálja az élet és halál közötti határt – nem biológiai, hanem információelméleti és technológiai alapokon.

Röviden: a kionika nem pusztán egy spekulatív orvosi kísérlet, hanem újfajta antropológiai és jogi paradigma kezdete, mely arra kényszerít minket, hogy újragondoljuk az emberi élet határait, a halál jelentését, és az élő test időhöz és jöghöz való viszonyát.

A kiborgtest és az emberi határok újraírása

A transzhumanista technológiák előretörése nem csupán az emberi képességek kiterjesztését, hanem az emberi test és identitás mélyreható újragondolását is elindította. A kortárs filozófia és technotudomány határterületein egyre gyakrabban jelenik meg az a felismerés, hogy a test nem lezárt biológiai entitás, hanem plasztikus, átjárható és újra-tervezhető rendszer, mely technológiai komponensekkel bővíthető, sőt, részben vagy egészben helyettesíthető.

Donna Haraway klasszikussá vált *Kiborg-kiáltványában* (1985) a kiborgot nem csupán technológiai hibridként, hanem kritikai figuraként határozza meg, mely elutasítja a modernitás bináris oppozícióira épülő gondolkodást: természet/kultúra, ember/gép, nő/férfi. A kiborg nemcsak az ember és gép egyesülése, hanem egy új ontológiai pozíció, mely a határok elmosásán keresztül teszi lehetővé az identitás újraértelmezését. Ezzel Haraway már a nyolcvanas években megelőlegezte azokat a kérdéseket, melyeket ma a transzhumanizmus és poszthumanizmus vet fel (Haraway 1991).

A technológiai hibriditás ma már nemcsak elméleti lehetőség, hanem gyakorlati valóság: az intelligens protézisek, agyi implantátumok, érzékelővel ellátott bőrimplantátumok, retinacipek és neurális interfészek olyan kiborgtesteket hoznak létre, melyekben az emberi

és gépi komponensek elválaszthatatlan egységben működnek (Hayles 1999; Gray, Mentor és Figueroa-Sarriera 1995). Ezek nem pusztán rehabilitációs eszközök, hanem a test meghosszabbításának és újradefiniálásának eszközei.

Az emberi test technológiai kiterjesztése egyúttal az önazonosság és a tudat fogalmát is újrapozicionálja. A kiborg nemcsak test, hanem érzékelőrendszer, adatplatform és hálózati csomópont is, mely a külvilág és a belső működés között mediál (Clough 2018). Ebben a kontextusban az emberi szubjektum nem autonóm egység, hanem összehangolt rendszer – élő és nem élő, biológiai és digitális elemek dinamikus konfigurációja.

A kiborggá válás nem csupán technológiai, hanem politikai és etikai aktus is: új kérdéseket vet fel az önrendelkezés, a hozzáférés és a normalitás kapcsán. Ki számít egészségesnek vagy érvényesnek egy olyan világban, ahol a test technológiailag modulárisra válik? Hogyan értelmezzük az egyén felelősségét egy olyan környezetben, ahol a döntések részben algoritmikus szinteken születnek (Barfield és Williams 2020)?

A kiborg mint gondolkodási modell lehetővé teszi, hogy kritikusan viszonyuljunk az emberközpontú, bináris és normatív testképhez. Ugyanakkor egyre világosabbá válik, hogy ez a technológiai újraszervezés nemcsak felszabadító lehetőségeket kínál, hanem újfajta kiszolgáltatottságokat és függőségeket is létrehoz. A test nemcsak kiterjesztett, hanem leképezett, szabályozott és visszacsatolt entitásként is működik, előkészítve a kvantifikált én, a digitális test és a testadatmező logikáját (Andrejevic 2020).

A kiborgtest tehát nemcsak jövőbeli fantázia, hanem az adatalapú, technológiailag szabályozott jelen előképe. Az ebben megtestesülő poszthumanista koncepció nem pusztán a gép és ember közti határt mossa el, hanem az élő és az élettelen, a természetes és mesterséges, az individuum és hálózat közti különbségek újragondolását is lehetővé teszi. Innen már egyenes út vezet ahhoz a kérdéshez, hogyan válik maga az élő is adathordozóvá, modellezhető mintázattá és algoritmizált rendszerré – ez a következő alfejezet tárgya.

3.5. Az élő mint adat

Az élet fogalmának kortárs filozófiai és tudományelméleti átalakulása, valamint az új technológiák térnyerése alapjaiban formálja át az élő rendszerekkel kapcsolatos viszonyunkat. A természet, az élőlények, sőt maga az emberi test és tudat is olyan rendszerré válik, mely megfigyelhető, mérhető, leképezhető és szabályozható. Nem pusztán újraértel-

meződik az élő fogalma, hanem a vele kapcsolatos eljárások és jogi-technológiai státuszok is átalakulnak: az élő szervezetek egyre gyakrabban jelennek meg mint biológiai adathordozók például genetikai vagy viselkedési mintázatok formájában, modellezhető struktúráként a szimulációs és prediktív rendszerekben. Az a világkép, mely az életet zárt, biológiai egységként szemlélte, fokozatosan háttérbe szorul. Helyét egy olyan felfogás veszi át, mely az élő rendszereket adatként és politikai-technológiai aktorként értelmezi – olyan entitásként, mely nemcsak leírható, hanem modellezhető, irányítható és beavatkozások célpontjává tehető a tudományos, gazdasági és jogi diskurzusokban.

3.5.1. Az emberi test, tudat és viselkedés kvantifikálása

A XXI. században az emberi test, tudat és viselkedés digitális feldolgozhatósága alapjaiban alakítja át az egyénről való gondolkodást: az ember már nem pusztán biológiai, pszichológiai és társadalmi entitásként jelenik meg, hanem adatalapú térként is, mely algoritmikusan olvasható, folyamatosan monitorozott és értelmezett rendszerként működik. A test ilyen értelemben kvantifikált mezővé válik, melynek leképezhetősége és kontrollálhatósága a modern technológiai és biopolitikai gyakorlatok egyik alappillére (Sanders 2016).

A Quantified Self – Kvantifikált én – mozgalmat 2007-ben Gary Wolf és Kevin Kelly, a *Wired* magazin szerkesztői indították útjára Kaliforniában azzal a céllal, hogy a személyes adatok gyűjtését az egyéni fejlődés és tudatosság eszközzé tegyék. A mozgalom középpontjában az önmérés és önkövetés, a *self-tracking* áll: az egyének rendszeresen rögzítik testi, mentális és viselkedésbeli mutatóikat, például pulzusszámot, alvásmintázatokat, kalóriabevitelt, hangulati változásokat, kognitív teljesítményt vagy társas interakciókat (Ajana 2020; Lupton 2016).

Ez a *lifelogging*, azaz életnaplózás nemcsak visszatekintésre, hanem az önoptimalizálásra is lehetőséget kínál: a mindennapi élet strukturált adatrögzítési folyamatává válik, ahol az önmegismerés médiuma maga az adat. Az okosórák, alvásmérők, stresszelemzők, produktivásmonitorok révén kialakul az adatalapú önápolás (*data-driven self-care*), mely új típusú szubjektumot formál: az adatok alapján értelmezett és szabályozott individuumot (Schüll 2016).

Az önmérés tehát nem csupán testi folyamatokat monitoroz, hanem az önkontroll és önértékelés digitális formájává válik. Az adat az egyéni felelősség és morális érték mércéjévé emelkedik: az algoritmikus visszajelzés új normarendszereket épít. A numerikus öntudat (*metricized self*)

az egyént folyamatos önoptimalizálásra készíti, egyben normatív viselkedési mintákhoz igazítja (Whitson 2013). A kvantifikált önismeret így digitális énerkölcstanná válik, ahol a test nem csupán érzékelhető entitás, hanem teljesítendő cél. Deborah Lupton szerint az önmérés a digitális egészség és a biopolitika metszéspontjában helyezkedik el, ahol az egészséges életmód morális kötelességgé válik (O'Neill 2016).

Ugyanakkor a test adatként való értelmezésének története jóval korábbra nyúlik vissza. Már a mikroszkóp és a röntgentechnológiák XIX–XX. századi alkalmazása is olyan fordulatokat eredményezett, melyek révén a test eddig rejtett rétegei képpé, térképpé és mérhető adattá alakíthatóvá váltak. A mikroszkóp – bár már a XVII. században is ismert volt – a XIX. századtól vált a biológia és orvostudomány alapeszközzé. Rudolf Virchow sejtpatológiai munkái vagy Ramón y Cajal idegszöveti rajzai a test tudományos feltérképezésének új dimenzióit nyitották meg.

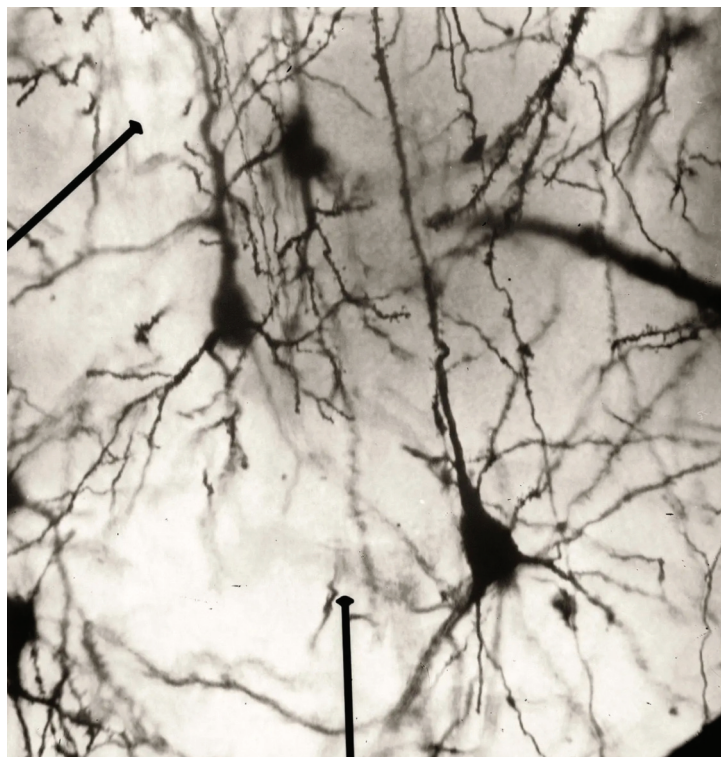


*Idegsejtek
Rudolf Virchow
Sejtkórtan című
művéből, 1858.
Kongressusi Könyvtár,
Washington,
Egyesült Államok*

Az 1895-ös röntgenfelfedezés még radikálisabban átláthatóvá tette a testet. Az első röntgenfelvétel – Bertha Röntgen kezéről – mára ikonikus képpé vált, mely egyfelől orvosi, másfelől kulturális áttörés is: a test immár nem zárt, hanem betekintheső rendszer, melybe a tekintet gépies

pontosággal hatol be. Ez a motívum az irodalomban is megjelenik, például Thomas Mann *A varázshegy* című regényében, melyben Hans Castorp röntgenképen keresztül látja meg Madame Chauchat testét – a technológia és vágy, az intimitás és kontroll sajátos összefonódásaként.

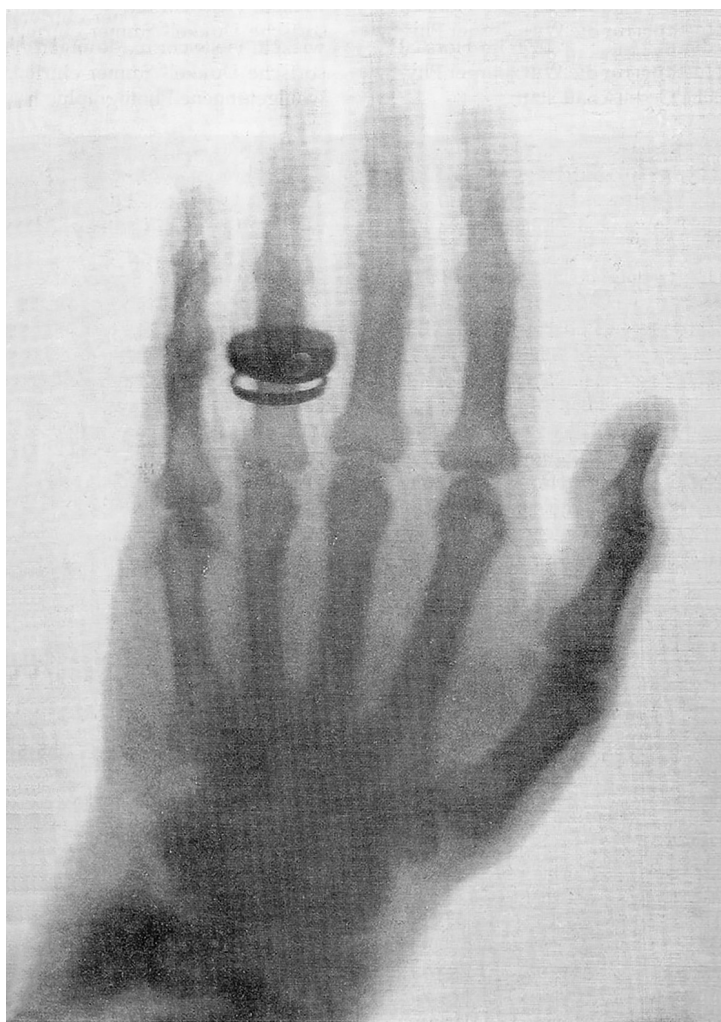
A röntgenteknika alapozta meg a későbbi képalkotási eljárásokat – a CT-t, MRI-t, PET-et –, melyek a testet immár rétegzett, standardizált, diagnosztikus struktúráként reprezentálják (Cartwright 1995). A test fokozatosan átalakult technológiailag leképezhető entitássá, mely azonosítható, értékelhető és irányítható.



Piramissejtekről készült mikrofotó Santiago Ramón y Cajal felvételén. Cajal Intézet, Spanyol Nemzeti Kutatási Tanács

A XX. század végére a DNS-szekvenálás és a humán genom-projekt (1990–2003) tovább mélyítette ezt a folyamatot. A test genetikai kód-ként való értelmezése új biopolitikai horizontokat nyitott meg: az ember immár nemcsak sejt és anatómiai, hanem információs, kódolt rendszer is (Kay 2000). A DNS-adatok hozzáférhetővé válásával – például a 23andMe vagy az Ancestry.com révén – a testből származó genetikai információ piaci termék, az identitás pedig adatbázis-összevetéssé vált. A genetikai adatok ugyanakkor bioetikai és társadalmi problémákat is generálnak. Hannah Halusker szerint a genetikai önmérés szabályozatlan

vadnyugat, ahol az egyének sokszor nem is tudják, hogy adataik gyógyszeripari cégekhez vagy bűnüldöző szervekhez kerülnek (Halusker 2020). Jennifer A. Hamilton kritikája szerint ezek a tesztek redukcionista módon, statikus és leegyszerűsítő etnicitásmodellek alapján piacositják a genetikai identitást, figyelmen kívül hagyva a populációgenetika tudományos komplexitását (Hamilton 2020).



Josef Albert repr.

Ohne Retouche.

*Wilhelm Röntgen:
Anna Bertha Ludwig,
Röntgen feleségének
bal keze.
Az első röntgenkép,
1896, Physik Institut,
Freiburgi Egyetem*

Hand des Anatomen Geheimrath von Kölliker in Würzburg.

Im Physikalischen Institut der Universität Würzburg
am 23. Januar 1896 mit X-Strahlen aufgenommen

VON

Professor Dr. W. C. Röntgen.

A nyílt hozzáférésű genomadatbázisok, mint a gnomAD vagy a dbSNP, újfajta bioinformációs ökoszisztémákat hoznak létre, melyekben kutatók, vállalatok és kormányzati szervek egyaránt részt vesznek. Ezek az adatstruktúrák új adatpolitikai kérdéseket vetnek fel: ki birtokolja a genetikai adatokat, hogyan használhatók fel, és milyen transzparencia és beleegyezés szükséges ehhez?

A DNS-alapú identitásmodellek elterjedése az orvostudomány, a populációkutatás és a személyes egészségképzés mellett a társadalmi identitás újraformálásában is szerepet játszik. A test ily módon nemcsak érzékelhető, hanem kiszámítható, profilozható és piacosítható entitássá válik.

A biometrikus természet fogalma tehát egy olyan új testkép szintézisét kínálja, melyben az emberi test adatként strukturált, technológiailag leképezett és algoritmikusan értelmezett mezővé vált – nem csupán az orvostudomány, de a digitális hatalomgyakorlás számára is.

Biometrikus megfigyelés és digitális testidentitás

A XXI. század adatintenzív technológiai rendszerei nemcsak lehetővé tették az egyének önkéntes önmérését, hanem új típusú, külső eredetű, rendszerszintű kvantifikációt is bevezettek. Ezen új konfigurációk közé tartozik az arcfelismerés, ujjnyomat-azonosítás, retina-szkennelés, a járásmintázat-analitika, a hangalapú viselkedéselemzés, valamint az ezekhez kapcsolódó viselkedésalapú prediktív algoritmusok. E technológiák közös jellemzője, hogy az emberi testet digitálisan érzékelhetővé, felismerhetővé és kategorizálhatóvá alakítják, így hozva létre az úgynevezett digitális testidentitást – azt a reprezentációt, mely a test nyers biológiai jelenlétét adathalmazként újraértelmezi (Andrejevic 2021).

A biometrikus megfigyelés nem pusztán technikai, hanem hatásmechanizmusában hatalmi jelenség is. A testből származó adatok alapján az algoritmikus rendszerek képesek előre jelezni és befolyásolni az egyén viselkedését, például rendészeti, kereskedelmi vagy munkaerőpiaci szituációkban. Ez az új működési logika az úgynevezett viselkedésalapú kormányzás, melyben a társadalmi kontroll nem tiltáson vagy engedélyezésen alapul, hanem előrejelzéseken és beavatkozásokon keresztül irányít (Van der Ploeg 2012).

A testből kinyert biometrikus adatok nemcsak biztonságpolitikai, hanem piaci célokra is hasznosulnak, a felügyeleti kapitalizmus (*surveillance capitalism*) logikáját követve (Zuboff 2019). Az adatok értékesítése,

továbbítása és kereskedelmi célú újrahasznosítása révén a test maga is adatvagyonná válik, melyen keresztül az algoritmikus rendszerek célzott hirdetések, fogyasztói profilokat és prediktív modelleket építenek.

Egyik legelterjedtebb formája az arcfelismerő technológia, mely számos országban – köztük Kínában, az Egyesült Államokban, az Egyesült Királyságban, Indiában, s a közelmúltban Magyarországon is – az állami és kereskedelmi kontroll eszközévé vált. Az ilyen rendszerek képesek valós idejű nyomon követésre, viselkedésminták elemzésére és predikciókra, melyek alapján biztonsági kockázatot, vásárlói szándékot vagy akár mentális állapotot is becsülni próbálnak (Smith és Miller 2020). A probléma ezzel nemcsak az, hogy a rendszerek gyakran hibás, torzított vagy rasszistán elfogult adatmintákon alapulnak, hanem az is, hogy jogilag és etikailag tisztázatlan módon hoznak létre új társadalmi normákat.

Az algoritmikus megfigyelés már számos esetben vezetett közvetlen társadalmi, gazdasági vagy munkaerőpiaci következményekhez. Az Amazon amerikai raktáraiban például a dolgozók testmozgását és pihenési idejét figyelő rendszer automatikus figyelmeztetéseket és elbocsátásokat generált, ha valaki a rendszer szerint nem mozgott elég hatékonyan (The Verge 2019). Kínában a valós idejű arcfelismerés és viselkedésanalitika a társadalmi hitelrendszer részévé vált: az állampolgárok pontszámait többek között közterületi viselkedésük, közlekedési szabálysértéseik vagy online aktivitásuk alapján számítják, ezek alacsony értéke korlátozhatja a hitelfelvételt, az utazási lehetőségeket vagy akár a gyerek iskoláztatását is (Creemers 2018). Az Egyesült Államokban például több egészségbiztosító algoritmikus predikciókat alkalmaz az ellátás szükségességének meghatározására. Ezek az algoritmusok a korábbi kezelések költségeit, gyakoriságát és statisztikai viszonyítási pontokat használnak a jogosultság becslésére. Egy széles körben alkalmazott prediktív rendszer a fekete pácienseket jelentősen alulértékelt, mivel a költségalapú adatok alapján alacsonyabb egészségügyi szükségletet társított hozzájuk, így kevesebb ellátásra jogosultként kategorizálta őket – a tényleges klinikai állapotuk ellenére (Obermeyer et al. 2019). Ez a példa jól mutatja, hogy a testtel kapcsolatos kvantitatív adatok nemcsak azonosításra, hanem az ellátáshoz való hozzáférés és a társadalmi értékelés eszközeivé is válhatnak, akár szankcionáló és kiszolgáltatottságot erősítő funkcióval is bírnak.

A test ily módon nemcsak megfigyelés tárgya, hanem szabályozás és belsővé tett kontroll felülete is lesz. A digitális testidentitás nem statikus lenyomat, hanem folyamatosan frissülő és algoritmikusan újraértelmezett entitás, mely a felhasználó tudta nélkül hat vissza a döntéseire, preferenciáira és viselkedésmintáira (Moore és Robinson 2016).

Az adatalapú megfigyelés tehát nem pusztán adatgyűjtés, hanem kultúraformáló és identitásalakító hatalmi technológia is.

A technológiák fejlődésével olyan új bioadatforrások is megfigyelés alá kerülnek, mint a hanganalízis, mikromimikai változások vagy testhőmérséklet-fluktuációk, melyek révén a rendszer az érzelmi állapotot, stressz-szintet és intenciókat is próbálja detektálni – akár a felhasználó tudta nélkül (Brunton és Nissenbaum 2015). Mindez új kérdéseket vet fel a digitális test és személyes autonómia viszonyáról: vajon ki rendelkezik a testből nyert adatokkal, milyen feltételek mellett történik a hozzájárulás, hogyan hat vissza az algoritmikus kategorizáció az önérzékelésre, és mennyiben korlátozza a viselkedés előrejelzése az egyén jövőbeli lehetőségeit. A digitális test reprezentáció, de hatalmi objektum is: új terepe a fegyelmezésnek, a normaképzésnek és az identitás-újraíródásnak.

3.5.2. A természeti rendszerek mint adatmodellek

Az élő rendszerek megközelítése az utóbbi évtizedekben radikális fordulatot vett: a korábbi, statikus természetképet felváltotta az adatvezérelt paradigma, mely a bioszféra dinamikus folyamatait valós idejű mérőszámokkal, hálózatos visszacsatolási hurkokkal, rendszerszintű modellekkel és nagy léptékű, bolygósztintű adatplatformokon futó szimulációkkal ragadja meg. Három egymást kiegészítő technikai-kutatási dimenzióban – a klímamodellezés és visszacsatolási hurkok, a biomérnökség és ökológiai rendszeroptimalizálás, valamint a Digital Earthtől a Planetary Computingig ívelő bolygósztintű adatplatformok területén – alkalmazzák ezt az eszköztárat a földrendszer összetett kölcsönhatásainak leképezésére. Ezek a módszerek lehetővé teszik a környezeti folyamatok korábban soha nem látott részletességű és skálájú nyomon követését és befolyásolását. Ezzel párhuzamosan azonban kérdésként vetődik fel, hogy az adatmodellekre épülő leképezések miként alakítják át a természet észlelését és szabályozását: milyen szerepet játszanak a politikai, adminisztratív döntéshozatalban, és hogyan viszonyulnak a lokális interakciókhoz vagy az értelmezési sokféleséghez.

Biomérnökség és ökológiai rendszer-optimalizálás

Az ökoszisztémák mérnöki optimalizálását a biomérnökség keretei között olyan eszközökkel végzik, mint a CLUE-S és az InVEST modell-rendszerek, melyek segítségével különféle tájhasználati forgatókönyvek mellett számítják ki az ökoszolgáltatások – például a biodiverzitás,

a vízháztartás és a talajerózió – változását (Sharp et al. 2018). Ugyanakkor a táj ökológiai folyosóit a minimális kumulatív rezisztencia (Minimum Cumulative Resistance; MCR) és gravitációs modellek vetítik térképre, hogy a folyamatos természet kapcsolatok biztosítsák az élőlények vándorlását és genetikai cseréjét (Adriaensen et al. 2003). A mikrobiális közösségek tervezett bevetésével – melyet a bioszámítás (*biocomputing*) módszerei támogatnak – az üvegházhatású gázok csökkentését és a talajélet regenerálását célozzák meg (Wright et al. 2021). Azonban a biomérnökség törekvései az utóbbi években túlléptek a mikrobiális rendszerek finomhangolásán: James Lovelock 2010-es évekbeli Gaia 2.0 koncepciója egy olyan jövőt vizionált, melyben merész beavatkozások – például génmeghajtók (*gene drive*), szintetikus fitoplanktonfarmok, transzgenikus fák vagy robotizált nanobiobotok – révén válik lehetővé a bioszféra kibernetikus szabályozása. Bár e technológiák egy része jelenleg legfeljebb laboratóriumi kísérleti fázisban van, és alkalmazásukat számos etikai és politikai vita övezi (különösen az EU-ban erős a szabályozási ellenállás), a koncepció felveti azt a kérdést, vajon ki visel felelősséget egy genetikailag módosított faj világméretű terjedéséért, milyen jogalapja van az élő rendszerek ilyen irányú karbantartásának, és mennyiben maradhat fenn a természet autonómiája, ha a Gaia 2.0 logikája szerint magunk válunk annak technológiai ügynökeivé (Esvelt et al. 2014; Bach et al. 2019; Kramer et al. 2020; Smith és Jones 2022).

E technológiák jelentős kockázatot rejtene. Donna Haraway figyelmeztet, hogy az erőforrás-optimalizációra fókuszáló modellek könnyen háttérbe szoríthatják a helyi közösségek tudását és az élményalapú, etikai megfontolásokat, így a természet helyett a kibernetikai univerzalizmus uralkodhat, ahol a technológiai logika felülírja a sokszínű, kulturális és ökológiai viszonyokat (Haraway 2016).

Föld mint információs rendszer: Digital Earth és Planetary Computing

Al Gore 1998-ban indította el a Digital Earth-elképzelést, mely a földet háromdimenziós adatplatformként képzei el: valós idejű műholdfelvételek, felszíni szenzorok és különböző térképi rétegek egyesítésével nyújt átfogó helyzetképet és elemzési lehetőségeket (Gore 1998). Ezt viszi tovább a Google Earth Engine, mely felhőalapon több mint nyolcvan petabyte-nyi geoadatot és automatizált mintafelismerő eljárásokat biztosít a táj- és klímaváltozások vizsgálatához (Google Earth Engine Team 2024).

Európában a Destination Earth (DestinE) program digitális ikerrendszeren keresztül szimulálja párhuzamosan a légkör, az óceánok, a talaj

és a bioszféra kölcsönhatásait, valós idejű és történeti adatokra támaszkodva támogatva a klíma- és katasztrófa-előrejelzést (European Commission 2021). A Microsoft Planetary Computer az Azure-felhőben egységesített geoadatokhoz, előfeldolgozott adatfolyamokhoz és interaktív vizualizációkhoz biztosít hozzáférést, így a kutatók és döntéshozók korábban soha nem látott részletességgel követhetik nyomon a környezeti változásokat (Microsoft 2025).

A digitális iker a föld esetében egy valós idejű tükrözés: folyamatosan frissülő szenzor- és műholdadatokból épít párhuzamos modellt, mely lehetővé teszi a teljes rendszer szimulációját és a beavatkozásra alapozott döntéshozatalt (Grieves és Vickers 2017). James Lovelock Gaia 2.0-ja azt hangsúlyozza, hogy a mesterségesintelligencia-vezérelt digitális ikrek nemcsak tükröznek, hanem aktívan formálják is a bioszféra önszabályozó folyamatait, így a Planetary Computing rendszerek kibernetikus partnerekké válhatnak – ami új biopolitikai és etikai dilemmákat vet fel (Lovelock 2019).

Ebben a kétirányú együttműködésben a digitális iker nemcsak adatokat gyűjt és szimulációkat futtat, hanem javaslatokat is tesz, majd közvetlenül beavatkozik a fizikai rendszerbe. Ez homogenizálhatja a helyspecifikus társadalmi és ökológiai viszonyokat (Latour 2017), háttérbe szoríthatja a helyi tudásformákat és a művészeteket (Haraway 2016), és elmélyítheti az átláthatatlanság problémáját: a fekete doboz MI-algoritmusokat sem fejlesztők, sem érintettek nem értik teljesen. Nehézzé válik a felelősség meghatározása is – ki viseli a következményeket, ha az algoritmus automatikusan beavatkozik? Továbbá egy-egy beavatkozás távlatosan váratlan ökológiai megbillenéseket is okozhat, miközben a hagyományos politikai és jogi eszközökkel nehéz ellenőrizni az algoritmusok tevékenységét.

Míg a Digital Earth típusú rendszerek ma elsősorban adatplatformokként és elemzőeszközként működnek, addig a Lovelock-féle autonóm digitális ikrek koncepciója a modell és a valós rendszer közötti aktív, visszajelzéses együttműködést helyezi előtérbe. Ez a kettősség – páratlan lehetőségek a valós idejű monitoringra és beavatkozásra, valamint jókora etikai, felelősségi és társadalmi kockázatok – adja a Planetary Computing rendszerek jelenlegi és jövőbeli kihívásait.

3.5.3. A kihalt fajok visszatelepítése és a biotechnológia ökológiai terei

A XXI. századi biotechnológia egyik legizgalmasabb, ugyanakkor legvitatottabb területe a kihalt fajok visszatelepítésére irányuló fajvisszahozás

(*de-extinction*) mozgalom. A kezdeményezés célja az az új természetvédelmi paradigma is, mely a biodiverzitás helyreállítását már nemcsak ökológiai, hanem genetikai és információtechnológiai alapon kívánja megvalósítani (Shapiro 2015).

A mozgalom egyik vezető alakja George Church, a Harvard genetikus-professzora, aki a Revive & Restore program keretében egy mamut-szerű organizmus létrehozásán dolgozik, ázsiai elefántok genetikai módosítása révén. Az elképzelés szerint az ázsiai elefánt genomjába olyan mamutgéneket illesztenek be, melyek hidegtűrést és tundrai környezethez való alkalmazkodást biztosítanak – cél egy mamut-elefánt hibrid létrehozása, mely képes lehet újra benépesíteni a sarkvidéki ökoszisztémát (Church 2020). E folyamatot látványosan mutatja be a *Genesis 2.0* című díjnyertes, 2018-as dokumentumfilm is, mely nemcsak a tudományos kísérleteket, az őslényvadászathól élő jakutföldi közösségek etikai dilemmáit is bemutatja – vagyis azokat a rendkívül megterhelő és sokszor életveszélyes helyi gyakorlatokat, amikor a permafrosztba fagyott mamutcsontokat és -agyarakat ásnak ki a fagyott talajból, gyakran hetekig vagy hónapokig tartó munkával, hogy azokat a nemzetközi fekete- és műkincspiacon relikviaként értékesítsék.

A megőrző genomika (*conservation genomics*) fogalma ebben a kontextusban új értelmet kap: a biológiai sokféleség megőrzésének egyik eszköze a genetikai információ archiválása és célzott visszaépítése. Ezzel együtt felmerül a szintetikus újjáélesztés (*synthetic resurrection*) kérdése, mely szerint egy faj nemcsak megőrizhető, de részben rekonstruálható is lehet genetikai kódja alapján (Redford et al. 2013).

E fejlesztések azonban súlyos bioetikai dilemmákat vetnek fel. Mit jelent természetesnek lenni egy olyan világban, ahol az evolúciót génszerkesztéssel visszafelé is formálni lehet? Vajon egy laboratóriumban létrehozott mamut valóban visszatért fajnak számít, vagy csupán egy új organizmus, mely csupán látszólag hordozza a múlt örökségét? Ezek a kihalási etika (*extinction ethics*) kérdései: ki dönthet arról, mely fajok térjenek vissza, milyen céllal, és milyen ökológiai kontextusban?

A Revive & Restore projekt támogatói szerint a visszatelepítés nem csupán emlékmű a kihalt fajok számára, hanem ökológiai funkció is: a mamutok például hozzájárulhatnak a tundra permafrosztvédelméhez, így klímavédelmi szerepük is lehet (Zimov 2014). Ugyanakkor kritikusok figyelmeztetnek: a természet nem egyszerűen rekonstruálható, és a múlt mesterséges újraírása jelentős morális felelősséggel jár (Sandler 2014).

A biodiverzitás így nem csupán ökológiai, hanem információs és filozófiai kérdéssé válik. Egy élőlény már nem pusztán születik vagy kihal – hanem kódolható, archiválható és potenciálisan újraalkotható.

3.6. Az élő mint politikai és jogi aktor

Az élő rendszerek nemcsak biológiai vagy ökológiai egységként jelennek meg a kortárs gondolkodásban, hanem egyre inkább politikai és jogi szereplőként is értelmeződnek. A természethez való viszony újragondolása nem korlátozódik etikai diskurzusokra: az ökológiai krízis és a földi folyamatok rendszerszintű felismerése arra ösztönzi a társadalmakat, hogy a természetet jogi, intézményi és kormányzási struktúrákban is újrapozicionálják. E szemléletváltás részeként olyan fogalmak kerülnek előtérbe, mint a természet jogalanyiséga, a bolygószintű felelősség vagy a földi intelligencia. Ezek a gondolatok nemcsak az emberi szubjektum helyzetét kérdőjelezzik meg, hanem azt is, hogy kik – vagy mik – tekinthetők politikai közösség és döntéshozatal résztvevőinek a XXI. században.

3.6.1. *A természet mint jogalany és az új politikai ökoszféra*

A természet jogalanyiséga – azaz hogy olyan hagyományosan passzív, emberi kizsákmányolás tárgyaként kezelt entitások, mint a folyók, az erdők és a hegyek is jogi státuszú entitásként léphessenek fel – ma már nem csupán utópisztikus gondolat, hanem számos országban jogi realitássá vált. Ez az újfajta ökológiai és jogfilozófiai gondolkodás gyökeresen eltér a modernitás emberközpontú paradigmájától, mely szerint kizárólag az ember bír erkölcsi és jogi státusszal.

A *természeti szerződés* című 1990-es művében Michel Serres már radikálisan felvetette, hogy az emberiség társadalmi szerződéséből eddig hiányzott a természet. Serres szerint a természetet nemcsak védelemre szoruló tárgyként, hanem aktív, jogokkal felruházott szereplőként kell elismerni. Ez az ökojogi elmélet arra törekszik, hogy a természet ne csupán morális, hanem jogi tekintetben is részt vegyen az emberi döntések alakításában – például azáltal, hogy képviselőt kap a bíróságokon vagy a törvényhozásban.

A gyakorlatban is megjelentek e paradigma áttörései. Új-Zélandon a maori közösség hosszú politikai és spirituális küzdelme után 2017-ben a Whanganui folyó hivatalosan is jogi személlyé vált – hasonló státusz-

ban, mint egy vállalat vagy természetes személy. A folyót képviselő két gyám közül az egyik a maori közösség tagja, a másik a kormány képviselője. Hasonló precedensek születtek Kolumbiában (az Atrato folyó esetében), Ecuadorban (a természet alkotmányos jogalanyiségének rögzítésével), valamint Indiában, ahol a Gangesz és Dzsamúna folyók számára próbáltak jogi személyiséget biztosítani, bár ezeket a döntéseket később a bíróság visszavonta.

Bruno Latour politikai ökológiája is ezen új jogi és filozófiai horizont irányába mutat. A *Facing Gaia* című 2017-es művében Latour az ökológiai krízisre adott válaszként egy új parlamentet javasol, melyben nemcsak emberek, hanem nem emberi létezők is képviselést kapnak. Ez az elképzelés a hagyományos demokratikus rendszert kívánja kiterjeszteni a bioszféra egészére, újradefiniálva a politikai közösség határait.

Ezek az új politikai-ökológiai elképzelések alapvető vitákat váltanak ki a jogelméletben is: ki beszélhet a természet nevében? A probléma abban áll, hogy bár a természet nem bír emberi nyelvvvel vagy tudattal, jogi képviselése mégis lehetséges lehetne – hasonlóan a gyerekekhez vagy cselekvőképtelen személyekhez. A kérdés tehát nemcsak jogi, hanem ontológiai és etikai természetű is: képesek vagyunk-e újraértelmezni a jog alanyait úgy, hogy azok túlmutassanak az emberi faj határain?

A természet jogalanyiségének elismerése nem pusztán szimbolikus aktus, hanem gyakorlati következményekkel is jár. Ha egy erdő, folyó vagy más ökoszisztéma jogalannyá válik, akkor perelhetővé válik például szennyezés vagy pusztítás esetén, és jogi védelmet élvezhet anélkül, hogy emberi hasznossága lenne az alap. Ez az elmozdulás a modern jog egyik legmélyrehatóbb átalakulását vetíti előre, mely egy új politikai ökoszféra alapjait teremtheti meg.

3.6.2. Planetáris kormányzás és földi intelligencia

A XXI. század ökológiai kihívásai már nem kezelhetők kizárólag nemzeti vagy regionális szinten. Az *antropocén* fogalma – mely szerint az emberiség geológiai léptékű hatással bír a föld rendszereire – arra készteti a tudományos, politikai és filozófiai közösségeket, hogy újragondolják a planetáris felelősség és kormányzás fogalmait (Crutzen 2002; Chakrabarty 2009). E gondolatkörből nőtt ki a bolygósztintű felelősségvállalás (*planetary stewardship*) irányzata, mely az emberiséget kollektív felelősként azonosítja a föld rendszersztintű stabilitásáért – különösen a klíma, a biodiverzitás és az ökológiai határok védelmében (Steffen et al. 2011).

Az Egy egészség (*One Health*) koncepció – mely az emberi, állati és környezeti egészséget összekapcsolt rendszerként kezeli – rávilágít arra, hogy a globális közegészségügy nem választható el a bioszféra integritásától. Ugyanígy, a Föld-rendszer kormányzásának (*Earth System Governance*) elméleti kerete (Biermann 2014) arra törekszik, hogy új intézményi formákat találjon a bolygósztintű problémák – például a klímaváltozás vagy a járványok – demokratikus és igazságos kezelésére.

A planetáris kormányzás eszméje a politikai mellett filozófiai kérdéseket is felvet. Bruno Latour (2017) és Donna Haraway (2016) munkái a földi létezés új ontológiáját vázolják fel, amikor is az emberi szubjektum helyét a többszereplős földi intelligencia veszi át: élőlények, technológiák és környezeti rendszerek közös együttműködésén alapuló cselekvésformák. E gondolkodásban a kormányzás túlmutat az emberi intézményeken, a Gaia típusú komplexitásszabályozás, melyben a föld önszabályozó rendszerként működik (Lovelock 1979).

Ez a bolygósztintű nézőpont új jogi és erkölcsi kérdéseket is felvet: ki képviseli a földet, ki beszélhet a természet nevében, és hogyan lehet a globális ökoszisztémákat demokratikusan és felelősen kezelni? A planetáris intelligencia nem egy mesterséges szuperelme, hanem egy hibrid együttműködés, mely az emberi tudás, technológia, ökológiai érzékenység és politikai cselekvés integrációját követeli meg.

3.7. Poszthumanizmus és ökológiai fordulat

A poszthumanista gondolkodás keretében az élet fogalma radikálisan új értelmezéseket kap, melyek túlmutatnak az emberközpontú és szigorúan biológiai megközelítéseken. Rosi Braidotti szerint a poszthumanizmus korszakában az élet poszt-antropocentrikus módon válik érthetővé: a globális technotudomány és kapitalizmus hatására az emberi szubjektum elveszíti korábbi központi szerepét, és helyébe egy kiterjesztett, hálózatos szubjektum lép (Braidotti 2013). Ez az új szemlélet megköveteli az antropocentrizmus meghaladását, és a transzfajok közötti szolidaritás elismerését, mely azon alapul, hogy minden élőlény anyagi valósága beágyazott, testileg megélt és más fajokkal szimbiózisban létező (Braidotti 2022). Az élet többé nem hierarchikusan elválasztott humán és nem humán szférákra bomlik, hanem egy közös ökológiai tér részeként jelenik meg, ahol az ember is csak egy a sok faj közül.

Donna Haraway ugyancsak az emberközpontú világkép meghaladására ösztönöz, de más hangsúlyokkal. Haraway az utóbbi években

a többfajú együttélés és az emberi–nem emberi kapcsolatok új narratíváit helyezte előtérbe. Azt javasolja, hogy az antropocén helyett a chthulucén kifejezést használjuk korszakunk jelölésére – olyan időszakra utalva, melyet az emberek, állatok, növények, mikro-bák és mesterséges entitások elválaszthatatlan összefonódása jellemmez (Haraway 2016). A chthulucén Haraway szerint a többfajú történetek és az együtt válás gyakorlataiból szövődik össze, melyben az emberi és nem emberi létezők egyaránt részt vesznek a közös világ alakításában. Ez az elképzelés a kapcsolatok teremtésén (*making kin*) alapul: az emberi faj feladata rokonságot vállalni és felelősségteljes együttműködést kialakítani más élőlényekkel a bolygó fennmaradása érdekében. Az ilyen többfajú perspektíva alapjaiban kérdőjelezi meg a természet és technológia, az élő és élettelen hagyományos szembeállítását.

Timothy Morton ökológiai filozófiája tovább mélyíti az antropocentrizmus kritikáját, különös tekintettel a globális ökológiai válság érzékelésére. Morton bevezette a hiperobjektum fogalmát olyan jelenségek leírására, mint a klímaváltozás vagy a radioaktív hulladék, melyek térben és időben óriási mértékben szétoszló entitások, így meghaladják az emberi érzékelés és felfogás hagyományos kereteit (Morton 2013). Egy hiperobjektum – például a globális felmelegedés – nem lokalizálható egyetlen pontban, mégis állandó kölcsönhatásban áll velünk, és lokális hatásai révén folyamatosan érezteti jelenlétét. Morton szerint az ilyen jelenségek kihívást intéznek az emberi kivételesség és kontroll mítosza ellen: ráébresztenek, hogy léteznek olyan erők és folyamatok, melyekhez képest az emberi idő- és térszála parányi. A sötét ökológia (*dark ecology*) koncepciójában Morton amellet érvel, hogy szembe kell néznünk az ökológiai krízis nyomasztó és bizonytalan valóságával, ahelyett hogy idealizált, zöld narratívákkal próbálnánk megnyugtatni magunkat (Morton 2016).

Az iménti poszthumanista és ökológiai perspektívák együttesen egy paradigmaváltást jeleznek az élet fogalmának értelmezésében. Az élet többé nem rögzített, kizárólag biológiai kategória, hanem folytonosan újraszerveződő hálózat, mely magába foglalja az emberi testet, a technológiai rendszereket és a többi fajt egyaránt. Ez a szemlélet összhangban áll a korábbi fejezetekben bemutatott technológiai fejleményekkel is. A transzhumanizmus és a szintetikus biológia terén láthattuk, hogy az emberi élet technológiai úton történő meghaladása vagy módosítása immár nem pusztán sci-fi felvetés, hanem reális kutatási irány (Thacker 2010; Zayner 2021). A CRISPR és más génszerkesztő eljárások, az agy–gép interfészek, a mesterséges intelligencia vagy épp a szimulált életformák mind hozzájárulnak ahhoz, hogy elmosódjon a természetes és mesterséges közötti

határ. A poszthumanista diskurzus ezeket a fejleményeket etikai és filozófiai kontextusba helyezi: felteszi a kérdést, mi tekinthető élőnek egy olyan világban, ahol a DNS-kód éppúgy programozható, mint egy szoftver, és ahol az élet digitális formái (például evolúciós algoritmusok vagy tudatszimulációk) is megjelenhetnek.

Vajon létezhet-e élet tisztán digitális vagy mesterséges közegben, biológiai hordozó nélkül? Szükségszerű-e a szénelapú, organikus test az élet feltételeként, vagy a szilícium és a bitek világa is életre kelthet önálló entitásokat? Hol húzódik a határ a természetes evolúció és a mesterséges tervezés között?

E kérdések nyomán a kortárs elméletben megjelenik a biomédia fogalma is. A biomédia arra utal, hogy az élet egyfajta médiumként is felfogható: információk hordozója és továbbítója, melyben a biológiai és digitális konvergál (Ascott 2003; Hauser 2008). Az élő szervezetek – különösen a genetikai kód és az idegrendszeri jelek szintjén – médiummá válnak, melyek adatokként olvashatók és manipulálhatók. Ez a megközelítés összhangban van azzal, amit a 3.5. fejezetben láttunk az élő mint adat kapcsán: az emberi test, a tudat és a viselkedés kvantifikálhatóvá vált, a természetes rendszerek pedig szimulációk és modellek formájában digitális reprezentációt kapnak. A poszthumanizmus elméleti keretet ad ennek a folyamatos átalakulásnak, és felhívja a figyelmet arra, hogy az élet új definícióit nemcsak a laboratóriumokban, hanem a filozófiai és kulturális diskurzusokban is meg kell alkotnunk.

Összességében elmondható, hogy az élet fogalmának XXI. századi újraértelmezése egy ökológiai és poszthumanista fordulat része. Ennek lényege az emberi kivételesség mítoszának lebontása és egy hálózati szemlélet kialakítása, melyben az ember, a technológia és a többi élőlény kölcsönösen formálják egymást. A természet ebben az új keretben már nem passzív háttér vagy erőforrás, hanem aktív politikai és jogi aktor – ahogy a 3.6. fejezet tárgyalta, jogi személyként és kollektív döntéshozás részeként jelenhet meg. Ugyanakkor a technológia sem pusztán eszköz, hanem az élet újraszerkesztésének és kiterjesztésének része, egyben az emberi önértelmezés kihívója. A poszthumanizmus és az ökológiai gondolkodás így együtt alakítja ki azt a komplex látómezőt, melyben az életet ma értelmezzük. Ebben a látómezőben az élet egyszerre biológiai, információs és etikai-közösségi konstrukció. A természet pedig – klasszikus fogalmát meghaladva – információs rendszerré és közös entitássá válik, melyet immár nem kívülállóként szemlélünk, hanem melynek mi magunk is részei és alakítói vagyunk.

3.8. Az anyag, mint viszony – újmaterialista szemlélet és kritikai anyagökológia

A XXI. századi elméleti gondolkodásban egyre hangsúlyosabbá válik az a szemléletváltás, mely a reprezentációs megközelítéseket háttérbe szorítva az anyagot nem statikus háttérként, hanem érzékeny, relációs és eseményszerű működésként értelmezi. Az újmaterializmus nem az anyag leképezését vagy jelentéssel való felruházását helyezi középpontba, hanem annak ontológiai aktivitását, válaszképességét és befolyásolhatóságát. Ez a fordulat túllép azon a klasszikus filozófiai hagyományon, mely az anyagot passzív hordozónak vagy nyers alapanyagnak tekintette, és olyan gondolkodási keretet javasol, melyben az anyag maga is cselekvő, érzékelő és viszonyteremtő szereplőként van jelen. Az újmaterializmus tehát nemcsak a természet filozófiai újragondolását, hanem a tudás, az érzékelés és a cselekvés új episztemológiai alapjait is kijelöli (Coole és Frost 2010).

A materialista fordulat különböző elméleti irányzatokat és szerzői álláspontokat kapcsol össze. Karen Barad kvantumontológiája az anyagot nem zárt entitásként, hanem folyamatosan alakuló, intra-akciókban létrejövő viszonylatként írja le, melyben a megfigyelés, a tudás és az anyagi események nem választhatók el egymástól (Barad 2007). A világ Barad értelmezésében nem előre adott objektumok összessége, hanem kölcsönös formálódás és időbeli érintkezés. Ezt a viszonyalapú ontológiát Jane Bennett *vibráló anyag* fogalma nyitja tovább, mely az élettelen dolgokat is érzékeny, hatóképes résztvevőkként értelmezi (Bennett 2010). Az ilyen gondolkodás nemcsak újfajta természetfogalmat alapoz meg, hanem az ember–nem ember viszonyokat is áthangolja.

Az újmaterialista megközelítés különösen termékeny a kortárs biodesign és bioesztétika területén, ahol a forma nem előre rögzített struktúra, hanem anyag és környezet közös válaszaként jön létre. A disszertációban bemutatott példák – a selyemhernyók által szőtt terek, a baktériumkultúrákkal készült vizuális munkák vagy a gomba-alapú szerkezetek – nem csupán technológiai kísérletek, hanem ontológiai állítások is: az anyag érzékel, alkalmazkodik, viszonyokat hoz létre, és önálló tapasztalati minőségekkel bír. A forma ebben az értelmezésben nem lezárt végeredmény, hanem relációs konfiguráció, mely a növekedés, bomlás és válaszképesség idejében szerveződik. A kritikai anyagökológia ebben a kontextusban nem esztétikai stílusirányzat, hanem érzékenységi viszony: az anyaggal való együttműködés nemcsak tervezési, hanem etikai és episztemológiai viszony is (Karana et al. 2020).

A materialista fordulat egyik következménye, hogy a természet nem elvont fogalomként vagy leképezendő tárgyként jelenik meg, hanem mint élő, sűrű és aktív médium. Ez a médiumfogalom nemcsak technikai, hanem érzéki és relációs keretként működik: a test, a tér, a környezet és az anyag viszonylatai nem választhatók szét. Az újmaterializmus így nem zárja ki a poszthumanista és ökológiai gondolkodás politikai vagy filozófiai szempontjait, hanem azok érzéki és tapasztalati alapjait teszi láthatóvá. Az emberi test, a tervezési folyamat és az anyag közötti kapcsolat nem leképezhető struktúraként, hanem relációként, változó és átmeneti konfigurációként értelmezhető.

Ebben a keretben az anyag nemcsak hordoz, hanem viszonyokat generál. A természet fogalmának kortárs újraírása így nemcsak biopolitikai vagy technológiai következményekkel jár, hanem érzékelésméleti és affektív elmozdulásokat is jelent: az élő nemcsak látható, hanem átélhető, nemcsak modellezhető, hanem válaszképes is. Az újmaterialista szemlélet ezért nem elméleti alternatíva, hanem tapasztalati keret: olyan világérzékelés, melyben az anyag maga is közvetít, reagál és alakít.

IV. A TERMÉSZET UTÁNZÁSA MINT MÉDIUMTÖRTÉNET – A BIOMÉDIA KULTURÁLIS ELŐZMÉNYEI

A természet és az élő rendszerek képi, tárgyi és technikai leképezése nem csupán esztétikai, hanem episztemológiai, spirituális és politikai gyakorlat is. A mimézis – az utánzás, modellezés, leképezés és újrászervezés komplex alakzata – a kultúrtörténet egyik legrégebb és legdinamikusabb elve, melyen keresztül az ember érzékeli, értelmezi és újraalkotja az őt körülvevő világot. E fejezet célja, hogy bemutassa: a biomédia kortárs jelenségeinek – az élő rendszerek médiumként való felfogása, a test és technológia összeolvadása, a biológiai formák digitális és materiális újrászervezése – hosszú esztétikai és elméleti előtörténetük van.

A fejezet művészettörténeti és designelméleti példákon keresztül vizsgálja, hogyan jelent meg az élő, a természetes és az organikus különböző történeti korszakokban – mint modell, mint spirituális közvetítő, mint tudományos objektum vagy mint nemzeti és ideológiai konstrukció. Az őskori animamimikritől a középkori theomimikrin, klasszikus antropomimikrin és az újkori episztemomimikrin át egészen a modernista biomorfizmusig és funkcionális biomimetikáig kirajzolódik

egy olyan vizuális és gondolati hagyomány, mely nem csupán képet alkot a természetről, hanem formálja is annak kulturális értelmét.

A biomédia nem a semmiből született. Az, hogy az élő test képes médiumként működni, hogy a természet leképezése tudás-, hatalom- és érzékelésformáló gyakorlattá válik, a mimézis különböző történeti típusain keresztül válik értelmezhetővé. A fejezet tehát nemcsak előtörténet, hanem kritikai horizont is: azt mutatja meg, milyen kulturális és episztemológiai örökségek fonódnak bele a kortárs biomédia-gondolkodás anyagába – és hogyan változott meg az élő reprezentációja a barlangrajztól a mikroszkopikus illusztráción át a szürrealista biomorf szobrászatig.

4.1. Bevezetés a mimetikus stratégiák és természetfelfogások történetébe a művészet és design területén

Az élő rendszerek művészeti és tervezői megjelenítése esztétikai formaadáson túl kulturális világmagyarázat is. Az emberi kultúra hajnalától kezdve a művészeti és tervezői gyakorlatok szoros kapcsolatban állnak az élet megértésének és formálásának kérdéseivel – legyen szó annak alakíthatóságáról, rendjéről, törekénységéről vagy misztériumáról. A természetet utánzó vagy azzal versengő technikai és esztétikai gyakorlatok már az antikvitás óta a techné és a physis, az emberi alkotás és a természeti rend feszültségében mozognak. A mimézis e kettő közti dinamikus közvetítőként működik: egyszerre jelent tanulmányozást, utánzást és teremtést. A művészet és a design történetében a természet utánzása nem egyetlen stílushoz vagy korszakhoz köthető jelenség, hanem újra és újra megjelenő alkotói stratégia – gyakran épp a természet fogalmának újradefiniálásán keresztül. Az élő és az élettelen, a természetes és a mesterséges, az emberi és a nem emberi, a kultúra és a természet közötti határvonalak újraértelmezése a művészet és a design egyik alapvető feladata volt – és maradt – az idők során.

A természethez való viszonyulás a művészeti és tervezői gyakorlatokban sosem volt pusztán vizuális kérdés: inkább egyfajta érzékelési és kulturális konstrukció. W. J. T. Mitchell szerint „a természet nem médiumtól független látvány, hanem vizuális diskurzus tárgya, mely mindig képi konstrukcióként jelenik meg” (Mitchell 2002). Barbara Maria Stafford szintén hangsúlyozza, hogy a természet soha nem jelenik meg önmagában – mindig technikai és esztétikai reprezentációkon, képeken, modelleken vagy diagramokon keresztül válik hozzáférhetővé. Ahogy Stafford tételezi: „a természet képei nem csupán tükröznek, hanem formálnak is” (Stafford 1994). Érvéle szerint a természetről alkotott képek

nem semleges tükrözései a valóságnak, hanem aktív alakítói annak, ahogyan a természetet érzékeljük, értelmezzük és rendszerezzük. A kép itt nem az igazság másolata, hanem érzékelésformáló médium, mely szelektál, kiemel, stilizál vagy éppen dramatizál bizonyos elemeket. Amikor tehát egy növény, egy test, egy táj képe megjelenik, az nemcsak megmutat valamit, hanem közben létre is hozza azt a természetfogalmat, melyben gondolkodunk. A természetkultúra fogalma éppen ezt a közvetítettséget emeli ki: azt, hogy a természetet nem objektív valóságként, hanem társadalmilag és technikailag konstruált médiumként érzékeljük.

Ez a fejezet a művészettörténeti és designelméleti folyamatokon keresztül vizsgálja, hogyan alakult a természet, az élő és az organikus rendszerek kulturális szerepe, miként változott az ember pozíciója ezekhez a dinamikus rendszerekhez képest. Az egyes korszakok vizuális és anyagi kultúrája nem választható el azoktól a tudományos és filozófiai változásoktól, melyek a természet megismerését, reprezentációját és alakítását új alapokra helyezték – összekapcsolva az érzékelés, az anyagság és az élő létformák esztétikai, technikai és ontológiai kérdéseit.

4.2. Az utánzás alakzatai: mimézis és természetrepresentáció a művészet történetében

A természethez való viszony történetileg változó és kulturálisan meghatározott mintázatai a művészetben mindig is az utánzás, azaz a mimézis valamely formájában öltenek testet. Az utánzás itt nem csupán stilizált képi másolatot jelent, hanem azt a mélyebb kísérletet, hogy a művészet – eszközein keresztül – hozzáférést találjon az élőhöz: annak rendjéhez, logikájához, vagy épp szellemi és isteni jelentéséhez.

A mimézis klasszikus esztétikai fogalma mára összetett, sokrétű tipológiává alakult, melyben a természethez való viszony különböző szimbolikus, tudományos, technikai vagy éppen ökológiai jelentéstartalmakat hordoz. Henry Dicks elméleti rendszerében a természet utánzásának négy fő típusa különül el – a theomimikri, az antropomimikri, a biomimikri és a pantomimikri –, melyek nem kizárólagosan követik egymást, hanem gyakran átfedik, újraértelmezik és kiegészítik az előző korszakokat (Dicks 2023). Janine Benyus biomimikri-felfogásával összhangban e tipológia nemcsak stilisztikai kérdésként, hanem filozófiai és etikai stratégiaként is értelmezhető: a természet mint modell, mint mérték és mint mentor nemcsak inspiráció, hanem kritikai reflexió is a művészeti és tervezői gondolkodás számára (Benyus 1997). Dicks rendszerében a theomimikri az isteni vagy transzcendens rend utánzását jelenti, mint a vallási szimbolika vagy szakrális természetábrázolás, az antropomimikri az emberi test és elme struktúráit tükrözi vissza

a természet értelmezésében, a biomimikri a természeti rendszerek tudományos megfigyelésére és technikai hasznosítására épül, míg a pantomimikri a természet komplex, sokszor nem emberközpontú vagy nem reprezentálható aspektusait kívánja visszaadni, gyakran ökológiai, rendszerszintű vagy spekulatív eszközökkel.

Az alábbi alfejezet ezeket a mimetikus viszonyokat követi végig a művészettörténet hosszú ívén, őskori szimbolikus ábrázolásoktól kezdve egészen a kortárs bioart és spekulatív biodesign gyakorlatokig. Célja, hogy feltárja, miként jelent meg a természet mint referencia, modell, médium vagy kihívás az ember művészeti és tervezői gyakorlatában, és hogyan tükröződnek ezekben a stratégiákban az adott korszak élethez való viszonyulásai, világértelmezései és technológiai képzetei.

4.3. Animamimikri: az élő világ szellemi és vizuális megidézése

A korai vizuális kultúrák – őskori barlangrajzok, szertartási tárgyak, idolkok vagy totemikus ábrázolások – nem csupán a túléléshez kapcsolódó funkcionális célokat szolgálták, hanem az élő világ szellemi jelentésrétegeit is megragadták. Ezek az ábrázolások nem másolni akarták az állatokat vagy növényeket, hanem rituális médiumként működtek: közvetítők voltak ember és természet, ember és állat, ember és szellemvilág között (Clottes 2016; Lewis-Williams 2002).

Ez a világgép mélyen animisztikus: az élőlények – emberek, állatok, növények – közös, szellemileg átítatott létformák részei, melyek között nincs ontológiai hierarchia, csak különböző formákban megnyilvánuló erők (Ingold 2000; Harvey 2006). A művészet ebben az összefüggésben nem reprezentáció, hanem közvetítő gyakorlat: egyfajta transzmediális tapasztalat, melyben az ember nemcsak ábrázolja, hanem megszólítja és részévé válik a természetes és spirituális rendnek.

Ez a megközelítés nem illeszkedik teljes egészében Dicks mimetikus tipológiájába, mely a természet utánzását négy fő kategóriába sorolja – theomimikri, antropomimikri, biomimikri és pantomimikri –, ám ezek elsősorban történeti és technikai diszkurzusokra épülnek. Az őskor, valamint a természeti népek vizuális kultúrája e rendszeren kívül esik, mivel az utánzás nem stílári vagy technikai kérdés, hanem spirituális és performatív viszonyulás.

Erre a protomimikri korszakra javasolt egy kiegészítő kategória bevezetése: az animamimikri, mely azt a szakrális mimetikus logikát írja le,

ahol a természet utánzása nem a megfigyelésen vagy az esztétikai modelláláson alapul, hanem a természet szellemi rendjének megidézésén. Itt a kép médiumként viselkedik, mely nem passzív hordozó, hanem aktív közvetítő, részese egy dinamikus élővilág-hálózatnak (Abram 1996).

Olyan példák, mint a kb. Kr. e. 10 000-re datált Göbekli Tepe domborművei és állatábrázolásai – kígyók, ragadozók, madarak –, nemcsak valósi ikonográfiát jelenítenek meg, hanem egy komplex világmodellt is közvetítenek, melyben az állatok szellemi, cselekvő erőként jelennek meg. Ez a világ nem antropocentrikus, hanem ökospirituális: az ember és az állat egyaránt ugyanannak a kozmikus rendnek a résztvevője, egy közös, szakrális ökológia szereplőjeként (Schmidt 2010).



*Vaddisznófigura,
Göbekli Tepe.
Fotó: Vincent Musi,
Nat Geo Image
Collection*

Hasonló logika érvényesül például a lascaux-i barlang bika ábrázolása vagy a különféle sámánisztikus totem formában is. Ezek az animamimikri logikáját követik: nem pusztán reprezentálnak vagy utánzó gesztust hajtanak végre, hanem mediális szerepük van – olyan képi aktusok, melyek képesek kapcsolatot teremteni az élő szférájával. Ebben az értelemben nem különül el egymástól a kép és a biológiai világ: a vizuális forma is a hatás és részvétel eszközeként válik egy élő, relációs hálózatban.

4.4. Ókor: természet és rend vizuális és technikai formálása

Az ókori civilizációk művészeti és tervezői gyakorlatai új szakaszt nyitnak a természethez való viszony kulturális kifejezéseiben. Míg az őskorban az élő világ még elsősorban szakrális és szellemi entitásként jelent meg, az ókorban a természet imitációja fokozatosan egy kozmikus

és társadalmi rend leképezésévé válik – legyen szó a természeti formák stilizált vizualitásáról, vagy az organikus rendszerekből inspirálódó technikai megoldásokról.

4.4.1. A természet mint kozmikus szimbólum és szervezőelv az ókori Közel-Keleten

A mezopotámiai, egyiptomi és perzsa művészetekben a természet nem illuzionisztikus módon jelenik meg, hanem stilizált szimbólumrendszerek formájában: papirusz, lótosz, csillagképek, állatalakok – mind kozmikus jelentéssel bíró elemek (Assmann 2001, 52–56). Ezek az ábrázolások nem a természet másolatai, hanem rituális funkcióval bíró reprezentációk, melyek a világrend és az isteni jelenlét megidézésére szolgálnak. Henry Dicks elméleti keretében ez a mimézis a theomimikri kategóriájába sorolható, ahol az utánpótlás célja nem a valóság leképezése, hanem a transzcendens rend vizualizálása.



*Mezopotámiai
Lamasszu,
szárnyas, emberfejű,
bika-testű védelmező
szellemek.
Irak, c. Kr. e. 721–705,
Louvre, Párizs,
Franciaország*

Fontos azonban kiemelni, hogy ezek a kultúrák nem csupán képi vagy szimbolikus módon jelenítették meg a természetet, hanem szervezeti és technikai struktúráikban is annak működésére rezonáltak. Mint arra Nosonovsky rámutat, a korai államok – például Egyiptom – társadalmi és technikai rendszerei ökoszisztéma-szerűen működtek: a vízgazdálkodási hálózatok, várostervezési elvek és építészeti megoldások a természet ciklikusságát és rendszerszerűségét tükrözték (Nosonovsky

2018). E szemlélet korai példája egy rendszerszintű, funkcionális biomimetikának, mely még nem a modern technológiai leképezés, hanem a kozmikus renddel való együttélés logikáját követi.

Hasonlóképp, az ornamentika – stilizált állatmotívumok, növényi formák – nem egyszerű díszítés, hanem a természet mélyebb rendjének absztrakt vizuális megjelenítése. A ciklikusság, növekedés és transzformáció elvei ezekben a formákban már nem a természet közvetlen leképezéseként, hanem rituálisan strukturált geometriai nyelvként jelennek meg. Ez a mimetikus formafelfogás előrevetíti a későbbi keleti pantomimikri-irányokat, de itt még a kozmikus és vallási jelentésrtegek dominálnak.

4.4.2. Antropomimikri és kozmikus rend: a klasszikus görög–római mimézis modelljei

A görög–római kultúrákban a természet utánzása új mimetikus horizontot nyit meg: megjelenik az anatómiai pontosság, a geometrikus arányosság, valamint az illuzionisztikus térábrázolás esztétikája. A természet imitációja nem pusztán formakövető, hanem egy racionálisan értelmezett kozmikus struktúra megértésére és újrateremtésére irányul.

A klasszikus görög szobrászatban – például Polükleitosz *Doryphoros*ában vagy Praxitélész Hermész-szobraiban – az emberi test válik a természet reprezentációjának elsődleges médiumává, nem csupán biológiai, hanem metafizikai jelentéssel bíró entitásként (Pollitt 1972). Az idealizált testek nemcsak esztétikai formák, hanem kozmikus arányrendszerek is, melyek az antropomimikri mintázatát követik: az ember testi és mentális struktúrái szolgálnak a természet és a világmindenség értelmezésének alapjául.

A püthagoreus és platóni arányelvek – mint az aranymetszés vagy a zenei harmonikus osztások – nem csupán filozófiai konstrukciók, hanem olyan strukturális megközelítések, melyek a természetben megfigyelt geometrikus rendet átültették az építészet, szobrászat és zene szerkesztési elveibe (Barker 2007).

Az Arisztotelész-féle mimézisfelfogás különösen világosan tükrözi ezt a szemléletet. A *Poétikában* Arisztotelész nem pusztán utánzásként, hanem a valóság eszmei rendjének esztétikai feltárásaként írja le a művészet szerepét. A művész nem másol, hanem újrarendez: kiszűri a lényegest, és az ideális rendet tárja fel – így a mimézis egyfajta értelmező, metafizikai hozzáférés a létezéshez (Arisztotelész 1984).

Ebben az értelemben a természet utánzása nem formai, hanem intellektuális aktus is, mely a valóság mögötti struktúra – az eidosz – megmutatására törekszik.

Az építészet területén ugyanez a szemlélet tükröződik Vitruvius *De Architectura* című munkájában, mely szerint az építészet alapelvei – szimmetria, arányosság és stabilitás – az emberi test szerkezetéből származtathatók. A híres Vitruvius-féle ember, aki Leonardo da Vinci ikonikus rajzán is megjelenik, nemcsak esztétikai eszmény, hanem funkcionális analógia: az épületek statikája, az oszloprendek súlyelosztása, valamint a kupolák és boltívek teherbírása mind a test biomechanikáját követi. Ez a klasszikus antropomimikri példája, ahol az ember mint természet alkotta szerkezet szolgál technikai és filozófiai modellként (Vitruvius 2003).

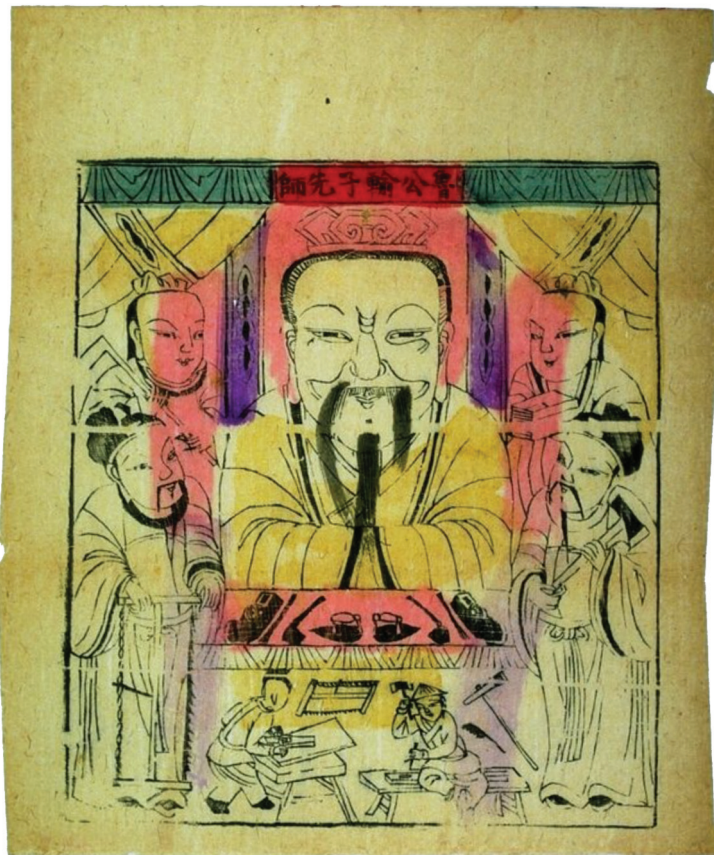
A természet utánzása itt tehát nem pusztán vizuális reprezentáció, hanem filozófiai és technikai modellálás is: a mimézis a valóság struktúráinak feltérképezése és újraformálása, mely egyszerre szolgálja az esztétikai, erkölcsi és mérnöki célokat. Ebben rejlik a klasszikus görög–római mimetikus szemlélet összetettsége és időtálló hatása.

4.4.3. Hibrid mimetikus rendszer az ókori Kínában

Az ókori Kínában egy sajátos mimetikus rendszer bontakozik ki, mely nem az észlelés formai leképezésére, hanem a természet működésének belső ritmusára és etikai törvényszerűségeire koncentrál. A taoizmus és konfucianizmus filozófiájában a természet nem utánzandó objektum, hanem követendő viselkedésmód: a tao mint elv a világ önszerveződésének és változásának alapja, melyhez a művészetnek nem illusztratív módon, hanem rezonancián keresztül kell kapcsolódnia (Ames és Hall 2003). E gondolkodás szerves része a qi (csi; 气) fogalma, mely az élő világban áramló életenergia: nem anyagi vagy formális, hanem dinamikus és relációs erő, mely a természet és az ember közötti kapcsolatok finomhangolását teszi lehetővé. A művészi gyakorlat feladata nem a külső formák másolása, hanem a qi áramlásának érzékelése és közvetítése – egy intuitív, tapasztalati módon történő ráhangolódás a világ belső logikájára.

Ez a megközelítés szoros rokonságban áll Freya Mathews mély biomimikri-felfogásával, mely szerint a természethez való valódi közeledés nem technológiai leképezést, hanem ontológiai és pszichokulturális áthangolódást igényel. Az embernek nem megfigyelőként, hanem a természet résztvevőjeként kell működnie. A cél nem pusztán a természet formáinak utánzása, hanem az élő világ ritmusainak és működésének belső átélésén alapuló együttműködés (Mathews 2011).

A kínai tájképfestészet ezért nem a látvány, hanem az élmény és a kozmikus viszonyok ábrázolására törekszik. Itt a mimézis nem reprezentáció, hanem meditatív és rendszerszintű: a pantomimikri irányába mozdul el, ahol a természet komplexitása nem leképeződik, hanem megtestesül (Cahill 1993).



*Lu Ban,
az asztalosok istene,
XX. század. Kína,
fametszet papíron.
University of Michigan
Museum of Art,
Anna Arbor,
Egyesült Államok*

A kínai technikai kultúrában gyökerezik egy olyan bioinspirált megközelítés, ahol a természet nem pusztán formai utánzás tárgya, hanem funkcionális mintázatok tárháza. Lu Ban, a Kr. e. V. században élt legendás mesterember, a kínai építészet és mérnöki tudás mitikus alapfigurája, aki számos kézműves innováció szimbolikus ősatya, számos olyan eszköz feltalálását tulajdonítják neki, melyek természeti megfigyelésekre épültek (Needham 1965). Egy történet szerint Lu Ban felesége figyelte meg, hogy eső idején a gyerekek lóuszleveleket tartanak a fejük fölé. A levelekről a víz lepergett, és azok rugalmas szerkezete természetes védelmet nyújtott. Ez inspirálta az első, selyemből készült hordozható esernyő megalkotását, mely a növényi struktúrák

vízlepergető és flexibilis tulajdonságait követte. Egy másik elbeszélés szerint Lu Ban megvágta a kezét egy fogazott szélű fűlevéllel – ez a tapasztalat vezette arra, hogy olyan fűrészt tervezzen, melynek e növényi mintázat alapján hatékony vágóéle van. Ezek a találmányok – az esernyő és a fűrész – nem mitikus díszítőelemekből, hanem közvetlen empirikus megfigyelésekből születtek.

Ez a bioinspirált szemlélet jól illeszkedik a taoista és konfuciánus gondolkodáshoz, ahol a természet nem másolandó tárgy, hanem megfigyelés és tanulás forrása. A technikai újítás ebben a felfogásban nem utánzás, hanem tapasztalati megértésből fakadó együttműködés: a természet szerkezete itt nem csupán forma, hanem működési modell is. Ez a természet mint modell és mérték értelmezése közeli kapcsolatban áll Janine Benyus biomimikri-felfogásával, melyben a természet nemcsak inspirációs forrás, hanem kritikai és etikai tanítómester is (Benyus 1997).

Az ókori kínai gondolkodás és gyakorlat tehát leginkább egy hibrid mimetikus rendszerként írható le, melyben a pantomimikri dominál, de szervesen kiegészül theomimetikus elemekkel, mint a tao kozmikus rendként való felfogása, továbbá filozófiai mély-biomimetikus dimenziókkal, melyek a természethez való etikai és ontológiai viszonyulásban nyilvánulnak meg, valamint mérnöki és bioinspirált, protobionikus megközelítésekkel is, melyek a természet szerkezeti és funkcionális működéséből kiinduló technikai leképezésre törekednek.

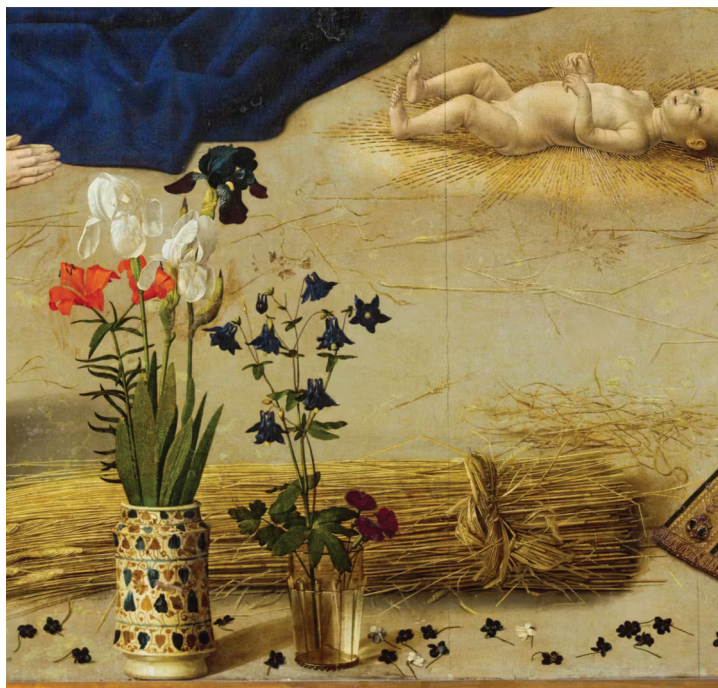
Mindezek alapján az ókor mimetikus stratégiái kulturálisan és filozófiaiag eltérő utakat járnak be, mégis közös jellemzőjük, hogy a természet reprezentációja túlmutat az esztétikán: a rend, az energia, az arány, a szellemi struktúra és a technikai leképezés egymással összefonódó viszonyait jelenítik meg – a theomimikri, antropomimikri, biomimikri és pantomimikri változatos kombinációiban.

4.5. Középkor: a természet mint isteni rend és allegória

A középkor művészeti és design gyakorlatában a természet nem önmagáért, hanem az isteni rend tükréként jelenik meg. A világ a Teremtő által alkotott, hierarchikus rendszerként értelmeződik, ahol minden földi létező – az állatok, növények, égitestek – szimbólumaként vagy jeleként működik egy magasabb, transzcendens rendnek.

Ez a szemlélet a theomimikri kategóriájába tartozik (Dicks 2023), mely szerint a természet utánzása nem a világ formai hűségének reprodukciójára, hanem annak szakrális struktúrája megidézésére és közvetítésére irányul.

A középkori keresztény világkép szerint a természet Isten második könyve – olyan szimbólumrendszer, mely olvasható, értelmezhető, és szellemi igazságokat közvetít. Ebben a felfogásban a természethez való viszony nem csupán episztemológiai, hanem transzcendens jelentőségű is. A theomimikri tehát itt azt jelenti, hogy a természet utánzása az isteni rendhez való kapcsolódás egy módja – a természet formáinak és működésének tanulmányozása révén az ember a teremtett világ metafizikai szerkezetéhez hangolódik. Az ember nem a természet uraként, hanem alárendelt részeseként jelenik meg a teremtett világban. A természet egésze egyfajta isteni könyvként, liber naturaeként olvasható, mely az üdvösség és a hit igazságait közvetíti. A középkori bestiáriumok, kódexillusztrációk és székesegyházak díszítőmotívumai nem az élővilág pontos reprezentációját célozzák, hanem az allegorikus értelmezés eszközeiként szolgálnak. A szarvas az áhítatot, az oroszlán Krisztust, a pelikán az önfeláldozást jelképezi – a természet ábrázolása itt képírásként, nem pedig természeti leképezésként működik (Clark 2006).



Virágok
Részlet Hugo van der Goes Portinari-oltárának középső táblájáról, kb. 1476-ból; az Uffizi Képtárban, Firenzében. A szétszórt ibolyák Krisztus alázatát jelképezik; a haranglábvirágok a Szentlélek hét ajándékát jelentik meg, mellyel Krisztus születésekor meg lett áldva. Az albarellóban (kerámiakorsó) elhelyezett virágok királyi színekben pompáznak, utalva arra, hogy Krisztus Dávid izraeli király királyi vérvonalából származott.

A középkori mimézis nem a természet imitációjára törekszik, hanem annak szakrális struktúráját állítja középpontba: a természet formáit olvasható, metafizikai jelrendszerként alkalmazza. A román és gótikus katedrálisok ornamentikájában a természet nem pusztán díszítés: a növényi és állati motívumok – akantusz, szőlőinda, galamb vagy hal –

kozmosz és eszkatológiai jelentésekkel telítettek. Az architektúra egészében a rend, a szimmetria és a hierarchia az isteni világ struktúráját tükrözi. A természet tehát nem az anyagi világ másolataként, hanem egy teológiai logika vizuális manifesztációjaként jelenik meg – a világ nem képe, hanem lényege szerint utánozott valami, ami a klasszikus mimézisfogalmat a szimbolikus gondolkodás irányába fordítja el. A késő középkori németalföldi táblaképek és kódexillusztrációk külö-



Luttrell-zsoltároskönyv,
Anglia, kb. 1325–1340.
British Library,
Add 42130, fol. 186r

nösen élesen mutatják a természet szimbolikus használatát. A precíz, mikroszkopikus részletesség Jan van Eyck és Rogier van der Weyden munkáiban nemcsak naturalisztikus ábrázolás, hanem allegorikus és morális jelentéstartalmak hordozója is: a lilium például Szűz Máriát, a kutya a hűséget, az alma pedig a bűnbeesést szimbolizálja. A kéziratok alsó zónáiban elhelyezett *bas-de-page* jelenetek groteszk, hibrid vagy allegorikus alakjai nem a világ formáinak másolására, hanem azok spirituális vagy morális újraértelmezésére szolgáltak (Camille 1992). A természet itt nem leképezett, hanem teológiailag értelmezett – a theomimikri egyik legösszetettebb, ikonográfiai szinten működő megnyilvánulása.

A középkori gondolkodásban a természet média is: közvetítő az ember és Isten között. A természet tanulmányozása, a teremtett világ rendszerezése – például Hildegard von Bingen látomásaiban vagy Albertus Magnus természetfilozófiájában – teológiai cselekedet: olyan tudásgyakorlás, mely a világ szakrális rendjének feltárására irányul (Newman 1987; Flanagan 1998; Weisheipl 1980). Ez az értelmezés szoros kapcsolatban áll a theomimikri mélyebb filozófiai jelentéséhez, mely itt metafizikai aktus.

4.5.1. A középkori herbáriumok: gyakorlati és spirituális tudás

A herbáriumok létrejötte új módon egyesítette a természettudományos megismerést és a hitalapú allegorikus értelmezést. A *Pseudo-Apuleius Herbarius* (IV–VII. század) stilizált rajzokkal és részletes leírásokkal segítette a kor orvosait és szerzeteseit a gyógynövények



Mandragóra
betakarításának
ábrázolása láncra
kötött kutyával,
IX. század.
Pseudo-Apuleius-
kézirata, Kassel

felismerésében és alkalmazásában. Későbbi példa, a gazdagon illusztrált a *Tacuinum Sanitatis* egészségkönyv – eredetileg az XI. századi arab *Taqwīm as-Sihha* – XIV–XV. századi itáliai másolataiban minden

növény termesztésének, betakarításának és orvosi felhasználásának lépései színes miniatúrákkal váltak jól követhetővé. Hildegard von Bingen *Physicájában* (XII. század) a gyógynövények spirituális és gyógyító szerepét emelte ki, megerősítve a természet isteni eredetébe vetett hitet. Ezek a művek egyszerre szolgáltak gyakorlati, orvosi és allegorikus tudás forrásként, és egyben a középkori mimézis botanikai dimenzióját mutatták be. Ezek a herbáriumok a kora újkori enciklopédikus rendszerezés előfutáraiként is értelmezhetők, hiszen az élővilág gyakorlati és allegorikus ismereteit egyszerre gyűjtötték egybe.

A középkor theomimikri-alapú szemlélete egyszerre értelmezte a természetet isteni jelek rendszereként és gyógyító rendként: a forma, a jelenés és a funkció minden megnyilvánulása az isteni rend tükröződése – legyen szó katedrálisról vagy herbáriumról.

4.6. Újkor: a természet mint kép, gép és gyűjtemény

A természethez fűződő viszony a kora újkortól kezdve nemcsak filozófiai és tudományos, hanem technikai, vizuális és politikai fordulatokon megy keresztül. A természet nem csupán megfigyelt világ, hanem ábrázolható, tipizálható, feltárható és strukturálható rendszerként jelenik meg. Ez a szemléletváltás olyan képkötő és rendszerező gyakorlatokat hív életre – az anatómiai boncolástól a taxonómián és a wunderkammereken át a mikroszkopikus illusztrációkig –, melyek nem pusztán reprezentációk, hanem a tudás, a hatalom és az értéktermelés képi technológiái.

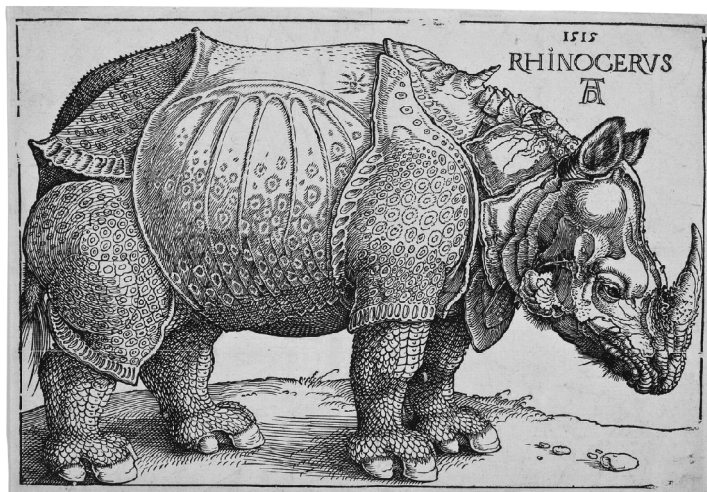
A reneszánszban a természet utánzása visszanyúl az antik eszményekhez, ám új hangsúlyt kap az empirikus megfigyelés és a rendszerező szemlélet. A XVII–XVIII. században a természet objektíválása, törvényszerűségeinek feltárása válik központivá: a leképezés már nem csupán művészi, hanem mérnöki és tudományos gyakorlatként is értelmezhető. A barokk művészetben tovább él a természet szimbolikus és teológiai jelentéstartalma, de a dinamizmus és drámaiság révén megjelenik az affektív mimézis: a természet érzelmi hatásainak megjelenítése. Ezzel párhuzamosan kialakul a természet racionalizálása, osztályozása és standardizálása – ez a kartográfia, anatómia, botanikai illusztráció és enciklopédikus ábrázolás korának mimetikus szemléletét jelöli. A természetet a korábbi metafizikai rend helyett egyre inkább megismerhető, rendszerezhető és modellezhető entitásként kezeli – a mimézis tehát egyfelől leképezés, másfelől megértési és technikai aktus is.

E vizuális fordulat nem függetleníthető az egyre erősödő biopolitikai racionalitástól, mely az élő testet – legyen az emberi vagy nem emberi – szabályozható, feltérképezhető és adminisztrálható entitásként kezeli. A boncolás, az anatómiai atlasz, a katalogizáló rajz vagy az enciklopédikus illusztráció egyszerre eszközei a tudományos megértésnek és a test feletti kontroll performatív gyakorlásának.

Ezekkel párhuzamosan körvonalazódik egy korai biokapitalista logika is, mely a természeti formák, élő organizmusok és anatómiai képek kereskedelmi, vizuális és episztemológiai értéként való működését teszi lehetővé. Margócsy Dániel kutatásai például arra világítanak rá, hogy a XVIII–XIX. századi illusztrációk nemcsak tudományos dokumentumok, hanem a látványosság, a hitelesség és az eladhatóság metszéspontjai is – előképei annak a vizuális és gazdasági kettős kötésnek, melyet a XX–XXI. századi biokapitalizmus teljesít ki.

4.6.1. A természet mint gép és kép – az illusztráció és a boncolás technológiai racionalitása

A kora újkorban a természethez fűződő viszony gyökeresen átalakul: a középkori szimbolikus értelmezések helyét fokozatosan átveszi az empirikus megfigyelésre és rendszerezésre épülő szemlélet. Ez a fordulat nem csupán filozófiai és tudománytörténeti változást hoz, hanem vizuális is: megszületik a tudományos illusztráció, mely a természet pontos, tipizáló és elemző ábrázolását tűzi ki célul. A mimézis itt már nemcsak esztétikai, hanem episztemológiai és technikai gyakorlat is, mely a természet feltárásán és újraszervezésén alapul.



*Albrecht Dürer:
Orrszarvú, 1515.
Fametszet,
British Museum*

Albrecht Dürer munkái – mint a *Mezei nyúl* (1502), a *Nagy fűcsomó* (1503) vagy az *Orrszarvú* (1515) – analitikus részletességgel közelítik meg az állati és növényi formák leképezését. Ezek a művek előfutárai a tudományos illusztrációnak, miközben megőrzik a művészi komplexitást és a természet iránti csodálat humanista attitűdjét.

Leonardo da Vinci rajzai túlmutatnak a pusztán dokumentáción: a természet megfigyeléséből kiindulva elméleti és mérnöki következtetése-



Andreas Vesalius:
De humani corporis
fabrica.
Decima muscularum
tabula, Bázeli, 1543

ket von le, melyek révén a biológiai formák tervezhető struktúráként tárolnak fel. Az 1505 körül keletkezett *Madarak röptéről* szóló kódex (*Codex on the Flight of Birds*) a madarak repülésének tanulmányozásán keresztül



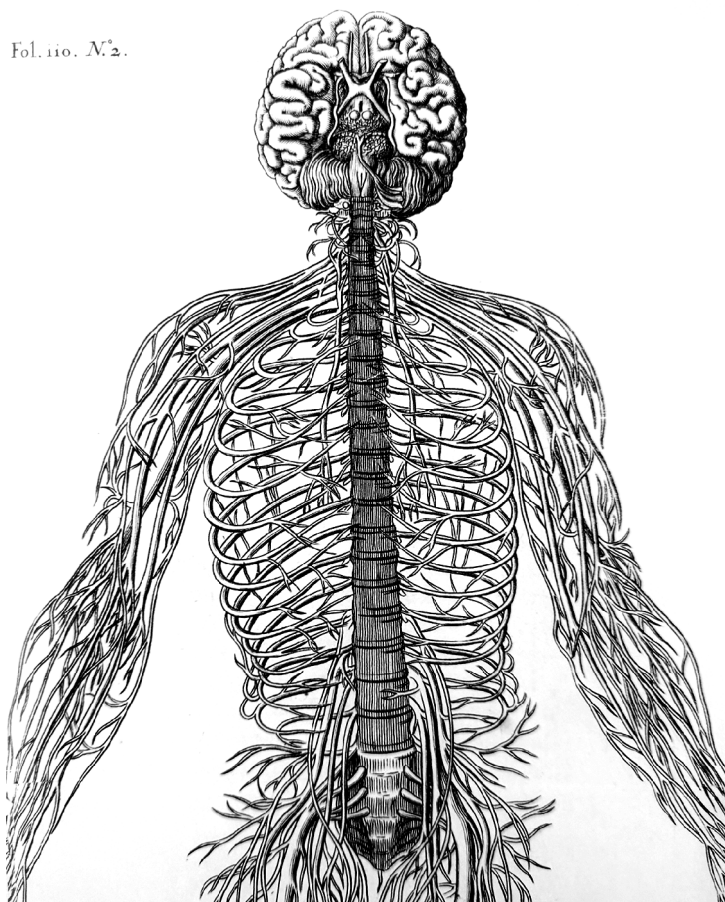
Johann Remmelin:
*Visio Prima a Catoptrum
Microcosmicum.*
Kézzel színezett példány,
1698. Old Library,
Magdalen College,
University of Oxford,
Arch.C.II.5.5.
Fotó: Sawnie Smith

próbál repülő szerkezeteket konstruálni. Hasonló megközelítés érvényesül anatómiai rajzaiban is – különösen a szív működését ábrázoló sorozatokban, ahol Leonardo a vér áramlását, a kamrák működését és a szelepek mechanikáját elemzi. Itt a természet mimézise már nem ikonográfiai vagy dekoratív gyakorlat, hanem technikai, funkcionális és elméleti rekonstrukció – a design és a biológiai struktúra metszéspontján.

Ezt az újfajta mimetikus racionalitást erősítik meg a korai anatómiai illusztrációk is. Andreas Vesalius *De humani corporis fabrica* című 1543-as

műve az orvostudományban és a képi reprezentáció történetében is fordulópontot jelent (Vesalius 1543). A boncolás alapján készült metszetek nagy pontossággal mutatják be az emberi test izomzatát, csontvázát és szerveit, miközben új vizuális esztétikát hoznak létre. Ambroise Paré hadisebész illusztrációi, valamint Johann Remmelin metszetei a *Catoptrum Microcosmicum* című művében kihajtható rétegekben jelenítik meg az emberi testet, új módokat kínálva a test vizuális rendszerezésére (Remmelin 1695). A rétegzett ábrázolás lehetővé teszi a test belső szerkezetének részletes és dinamikus tanulmányozását, támogatva a test bontható és tudományosan megismerhető modellként való értelmezését, miközben esztétikai értéket is hordoz (*Thinking 3D Project* 2025).

Fol. 110. N.º 2.



René Descartes:
De homine.
Az agy és az idegek
ábrája. 1662, Leiden

Ezek az illusztrációk, Vesalius és Remmelin munkái egyaránt, nem csupán tudományos dokumentumok, hanem vizuális technológiák, melyek újfajta racionalitást tükröznek: a test immár rejtélyes szimbólum helyett mechanikus struktúráként jelenik meg, mely feltárható, megérthető és

rendszerezhető. A test ebben az értelemben anatómiai tárgy mellett reprezentációs modell is; a mimézis a természet technikai és grafikus újraszervezésének aktusává válik.

A boncolás történeti gyakorlata nem csupán az orvosi ismeretek bővülését szolgálja, hanem újfajta látásmódot is teremtett a test és a természet ábrázolására. A feltárás aktusa a szó szoros értelmében betekintést nyújtott a természet belső rendjébe, s ezáltal olyan képi módszerek alakultak ki, melyek rétegződésen, szekcionalitáson és vizuális rendszerezésen alapultak. Katharine Park és Jonathan Sawday kutatásai szerint a boncolás a testet nemcsak anatómiai, hanem esztétikai és metafizikai térként is kezelte: a test feltárása egyben a természet és az ember viszonyának újraértelmezése lett (Park 2006; Sawday 1995). A boncolások során készült illusztrációk tehát egyrészt dokumentáltak, másrészt szemléletet formáltak – előkészítve azt a modern vizuális racionalitást, mely a testet mint mechanikus és értelmezhető rendszert láttatja.

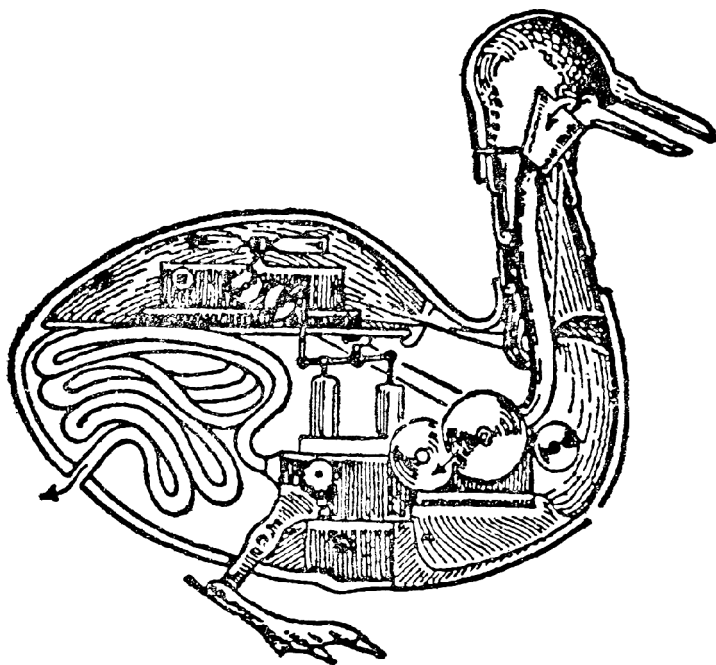
Descartes *Traité de l'homme* (Az emberről szóló értekezés) című 1647-es művében az idegrendszer és az érzékelés működését már mechanikai modellek segítségével próbálja leírni. A test mint gép felfogása itt explicit módon megjelenik: a szervezet fluidumok és csatornák révén reagál az ingerekre, miként egy hidraulikus mechanizmus. Julien Offray de La Mettrie *L'homme machine* című 1748-as írása ezt az elképzelést radikalizálja: az emberi test működését kizárólag materiális és mechanikus alapokon értelmezi. Bár e gondolatmenet közvetlen hatása a biomédiára korlátozott maradt, fontos előképül szolgál a természet technicizálható, modellezhető és reprezentálható voltának későbbi biomimetikus elképzeléseihez. Ez a vizuális racionalitás tehát nemcsak a természet ábrázolásának új módjait hozza létre, hanem előkészíti azokat a gondolati és képi modelleket is, melyek a test, a természet és a technika viszonyát újraformálják a modernitás küszöbén.

4.6.2. Az élő gépek és a biomimetika előképei – Jacques de Vaucanson emésztő kacsája

Az újkor végére olyan műszaki találmányok és iparművészeti formák jelennek meg, melyek már implicit módon biomimetikus logikát követnek: a természet működése, szerkezete és dinamikája az inspiráció forrásává válik. Kiemelkedő példa Jacques de Vaucanson munkássága, aki a XVIII. században biomechanikus automatákat alkotott – a modern robotika és bionika előfutáraként. Leghíresebb alkotása az *emésztő kacska* (*Canard Digérateur*, 1739), mely nemcsak mozogni tudott, hanem csőrét használta, evett, emésztett, majd ki is ürítette

a lenyelt táplálékot. A szerkezet részletesen modellezte a madár emésztőrendszerének egyes funkcióit (Riskin 2016).

A mimézis itt nem csupán esztétikai vagy ikonikus, hanem technikai és biológiai is: a természet szervezőelveinek gépies ábrázolása válik a tervezés alapjává. Vaucanson filozófiai inspirációját Descartes és La Mettrie mechanisztikus testkoncepciója adta: az élő szervezeteket – köztük az emberi testet – gépként értelmezték, melynek működése technikailag rekonstruálható (La Mettrie 1748). Automatái így nemcsak mérnöki bravúrok, hanem filozófiai állítások is voltak – demonstrációk arra, hogy az élő mozgás pusztán mechanikai elveken is alapulhat.



*Jacques de Vaucanson:
Az emésztő kacs, 1739*

Ez a gondolkodásmód a redukcionista természetszemlélet megtestesítője: az élőt a gép működési logikájára visszavezethető, analizálható rendszerként kezeli, háttérbe szorítva az élet komplexitásának és emergenciájának kérdéseit. A kacs emésztőrendszere nemcsak látványossággént szolgált, hanem egyben a fiziológiai funkciók – táplálékfelvétel, lebontás, kiválasztás – strukturális értelmezését is kínálta. Ebben a műszaki és anatómiai megközelítésben a természet már nemcsak inspirációs forrás, hanem működésként értett modell.

Ezzel párhuzamosan más találmányai – zenélő automaták, önjáró figurák – a természetes mozgás illúzióját keltették mérnöki eszközökkel,

a mechanikai működés és élettani utánzás egyre pontosabb imitációját célozva meg. Ez a gondolkodásmód előrevetíti a későbbi funkcionális biomimetika mérnöki szemléletét, ahol a természet már technikai újratерemtésre alkalmas, rendszerszintű jelenség.

4.6.3. A természet mint színpad – a test és a tudás vizuális performativitása

Miközben a XVIII. századi technikai utánzatok – mint Vaucanson automatái – az élő szervezetek belső működését modellezik, egy másik vizuális logika is kirajzolódik: a test nem csupán működtethető gép, hanem közszemlére tett objektum, a tudás és hatalom látványos médiuma. Az emberi test ebben a nézőpontban színpadias jelenetté válik, ahol a feltárás nemcsak tudományos, hanem társadalmi és reprezentációs aktus is. A boncolás jelenete – legyen az valós anatómiai színház vagy festett ábrázolás – nem pusztán megfigyelés, hanem ritualizált bemutató, mely a tudás megtestesüléseként a test feltárását a tekintély és a közösségi tanúságtétel eseményévé alakítja.



*Rembrandt van Rijn:
Dr. Tulp anatómiája,
1632. Mauritshuis
Múzeum, Hága*

A legismertebb ilyen vizuális kompozíció Rembrandt van Rijn 1632-es festménye, a *Dr. Tulp anatómiája*, mely nem csupán egy boncolás pillanatát örökíti meg, hanem a tudományos tekintély performatív rendjét is megteremti. A test itt nem kizárólag biológiai enti-

tás, hanem a társadalmi tudás színtere: a feltárás aktusa egyszerre szolgálja a tanulást, a reprezentációt és az orvostudomány társadalmi legitimációját. Jonathan Sawday és Katharine Park is hangsúlyozza, hogy a boncolás ebben a korban nem csupán anatómiai gyakorlat, hanem metafizikai és episztemológiai esemény, mely a test és a hatalom viszonyának újraértelmezését hozza létre (Sawday 1995; Park 2006).



*Szétszedhető Vénusz.
XVIII. századi, viaszból
készült anatómiai
modell, készítette:
Clemente Susini
(1754–1814).
Museo della Specola,
Firenze, Olaszország.
Fotó: Raffaello Bencini*

Nem véletlen, hogy számos korabeli anatómiai illusztráció és színházi előadás is hasonló dramaturgiával dolgozik. A boncolás aktusa a látás uralmán alapuló modern tudományos diskurzus egyik alapformája, melyben a test feltárása és megmutatása egyaránt tudásképző és társadalmi gyakorlat. A velencei és leideni anatómiai színházak – a modern operatív színházak előképei – nézőtereket és hierarchiát építettek a látás köré: a holttest a középpont, az orvos a fő előadó, a nézők pedig a tudás passzív, de vizuálisan bevont befogadói. A test látványa így a közös megismerés, de egyben a hatalom megjelenítésének is terepe.

Barbara Maria Stafford *Body Criticism* című munkájában azt írja, hogy ezek a képek és jelenetek nemcsak a testre vonatkozó tudást rögzítik, hanem önmaguk is a reprezentációs hatalom kritikái. Az illusztrációk, festmények és térbeli boncolási performanszok egyaránt megjelenítik és megalapozzák a tudományos hatalmat – a test láthatóvá tétele nem pusztán az igazság, hanem a kontroll és normatív rend vizuális érvényesítése is (Stafford 1994).

A XVIII. század második felében megjelenő anatómiai viaszmodellek – különösen a szülő nőket ábrázoló figurák – a test látványossá tételének új szintjét képviselik. A firenzei La Specola múzeum gyűjteményében található életnagyságú, rétegezhető Vénuszok olyan tanítótestek, melyek egyszerre szolgáltak orvosi ismeret-átadásra, esztétikai élményként és a női test reprezentációjának normatív stabilizálására. Ezek a tárgyak többek anatómiai modellekénél, biopolitikai objektumok, melyek a születés, a női test és a reprodukció feletti tudás és hatalom tárgyasult formái.

Ennek fényében a test reprezentációja – legyen az metszet, festmény vagy háromdimenziós modell – sosem pusztán ábrázolás, hanem térszervezési és hatalmi aktus. A test bemutatása: dráma, demonstráció és diskurzus egyszerre. Ez a fajta performatív vizualitás előkészíti azt a XX. századi mediális gondolkodást, melyben az élő test interfészként, médiumként és politikai felületként jelenik meg – biomédia-előzményként olvasható.

4.6.4. A természet mint katalogizálható világ – Wunderkammer, mikroszkopikus világ és taxonómia

A XVII–XVIII. századi vizuális gyakorlatok nem csupán a világ ismert jelenségeinek rendszerezésére törekedtek, hanem arra is, hogy korábban láthatatlan struktúrákat tegyenek érzékelhetővé. A mikroszkopikus képek, metszetek, festmények és gyűjtemények új érzékelési horizontokat nyitottak meg, előrevetítve egy olyan vizuális fordulatot, mely a természetet dekódolható mintázatok hálózataként értelmezi. Ez a szemlélet a XIX. századi tudományos vizualitás ornamentikus és rendszerező formanyelvét is megalapozza. Előkészíti azokat a vizuális és rendszerező szemléletmódokat, melyekben Charles Darwin gondolatai és Ernst Haeckel illusztrációi kibontakoznak.

A XVII. század közepére René Descartes és Julien Offray de La Mettrie mechanikus testfelfogása – miszerint az élő szervezet egy működtethető gép – már nemcsak filozófiai diskurzus, hanem a természet tárgyi világának újrendezésében is megjelenik. A természet megfigyelhető, gyűjthető, osztályozható és bemutatható világgá válik. Ennek egyik kulcsformája a csodakamra (*Wunderkammer*), mely a természeti világ tárgyait – ásványokat, növényeket, állati preparátumokat – esztétikai, tudományos és filozófiai elvek szerint rendezi el. A tárgyak elhelyezése és rendszerezése sajátos koncepciótérként működik: a természet strukturálható és értelmezhető univerzumként jelenik meg (Stafford 1994).

Ferrante Imperato nápolyi gyógyszerész 1599-ben publikált kabinetje ikonikus példája e gyakorlatnak. A tér falait kagylók, madárszárnyak, csigák és szárított növények borítják; a polcokon elhelyezett minták ásványok, tengeri élőlények és természetes kuriózumok. Ezek az elrendezések nemcsak dekorációk, hanem a tudás vizuális rendszerei – a természet archívumként szerveződik újra egy térben.

*Ferrante Imperato
csodakamrája, 1678.
Metszet.
Ferrante Imperato
Múzeum, Nápoly*

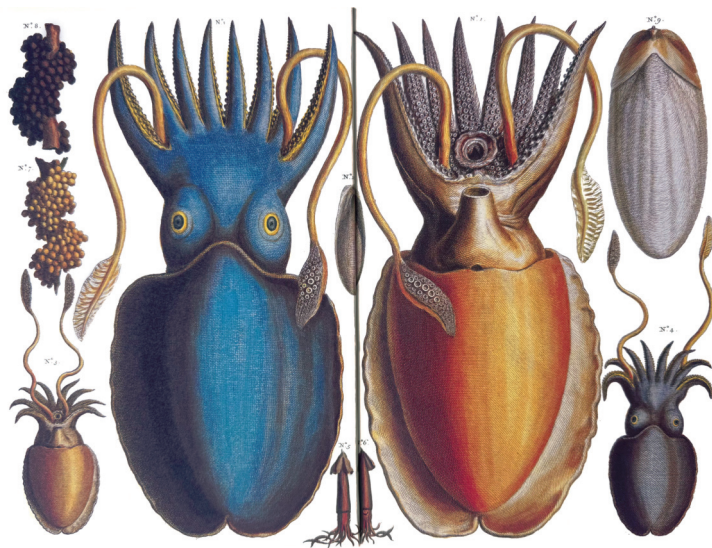


A XVII–XVIII. századi gyűjteményes terek nem csupán a világ sokféleségét dokumentálták, hanem sajátos episztemológiai és esztétikai rendszerek szerint szerveződtek. A tárgyak elhelyezése, kapcsolata és bemutatása olyan térbeli rendet alkotott, mely a természetet értelmezhető univerzumnak tárta a szemlélő elé. Ezek a kabinetek az emberi kíváncsiság és a megismerés térképeiként működtek, miközben reprezentációs eszközeivé váltak egy adott világképeknek.

Ahogy Massimo Listri fogalmaz, a kabinetek „nem a világ lenyomatai, hanem a gondolkodás és az érzékelés esztétikai konfigurációi” (Listri 2019). E szobák falainak ornamentikája, a polcokon sorakozó kagylók, csontvázak, kristályok és preparált állatok rendszere nem dekoratív háttér, hanem vizuális elrendezésbe szervezett elmélet. A kabinet a világ egy szeletét nem utánzasként, hanem olyan megfigyelési mezőként jeleníti meg, mely strukturálja a természetet és új értelmezési horizontokat nyit. A látás, a rend és a kíváncsiság hármasa határozza meg ezt az intermedialis teret, mely egyszerre esztétikai látványosság, tudományos eszköz és filozófiai elrendezés.

A mikroszkopikus illusztrációk hasonló episztemológiai gyakorlatként működnek. A mikroszkóp feltalálása nyomán Robert Hooke *Micrographia* című 1665-ös munkája új világot tár fel: rovarszemeket, növényi sejtfalakat ábrázol olyan részletességgel, mely korábban láthatatlan volt (Escardó 2021). Ezek a képek egyszerre esztétikai kompozíciók, tudományos dokumentumok – a bioinspiráció és rendszerezés határán, valamint egy új hatalmi pozíció lehetőségét kínálják fel a néző számára. A mikroszkóp által készített kép részben technikai bravúr, ugyanakkor egy olyan szemléleti művelet, mely újrarajzolja a világ megismerésének határait. Újraosztja a világ megismerhetőségének horizontját. A látás kibővítése egyúttal a természet feletti ellenőrzés kiterjesztése is – olyan biopolitikai előkép, mely az élő rendszerek átvilágíthatóságának modern ígéretét alapozza meg.

Albertus Seba *Thesaurusa* vagy hivatalos nevén *Locupletissimi Rerum Naturalium Thesauri Accurata Descriptio*, az 1734 és 1765 közt kiadott monumentális természetrajzi enciklopédia, mely egyszerre tudományos dokumentáció és művészi alkotás. A színezett rézkarcok pontosan ábrázolják a természeti világ sokszínűségét, miközben esztétikai és látványossági elemeik révén növelik a képek vizuális vonzerejét. Margócsy Dániel szerint az illusztrációk hiteles tudományos információkat köz-



Albertus Seba:
*Locupletissimi Rerum
Naturalium Thesauri
Accurata Descriptio.*
Szépiák, 1734–1765

vetítenek, látványossággként működnek, és jelentős kereskedelmi értékkel bírnak, így formálják a természetről alkotott közgondolkodást és érzékelést. A képek forgalmazása szélesebb közönséghez juttatja el a tudományos ismereteket, ezáltal a természettudomány társadalmi kontextusban is megjelenik. Seba műve a biokapitalizmus vizuális

és kereskedelmi gyakorlatainak előfutára, és a *Thesaurus*, valamint hasonló kötetek a tudomány, esztétika és piac összefonódásaként komplex kulturális objektumként működnek, alakítva a természet reprezentációját és társadalmi jelentőségét (Margócsy 2014).

A gyűjtemények és illusztrációk tehát a design, a tudás és a térszervezés összefonódásait tükrözik. Az objektumok nemcsak informálnak, hanem affektív és konceptuális módon strukturálják a természetet mint megismerhető világot. Janina Wellmann szerint e képek vizuális elméletformálóként is működnek: meghatározzák, hogyan gondolkodunk az életről mint ritmusról és folyamatról (Wellmann 2021).

*Id. Jan Brueghel:
Az Édenkert az ember
bukásával, 1612.
Szépművészeti
Múzeum, Budapest,
Magyarország*



A vizuális taxonómia esztétikai párhuzamai festészeti példákban is megfigyelhetők. Id. Jan Brueghel művei – például a *Velencei virágpiac* (1607) vagy *Az Édenkert az ember bukásával* (1612) – naturalista részletességet és allegorikus kompozíciót egyesítenek. A képek önálló vizuális taxonómiaként működnek: rendszerezik, értelmezik és közvetítik a természet struktúráit.

4.6.5. A természet érzéki ritmusa – a rokokó biomorfizmus és esztétikai organikuság

A XVIII. század elején kialakuló rokokó formanyelv különleges módon viszonyul a természethez: annak érzéki hatása, organikus mozgása és dekoratív kifejezőereje érdekli. A természet formakincsét – a kagyló, inda, virág, hullámzó víz vagy spirális elágazás motívumait – ritmizálja és absztrahálja. Ebben az értelmezésben a természet formai elv és

esztétikai impulzus. A mimézis itt érzéki és stilisztikai játék, mely a természet belső mozgásait és vizuális dinamikáját transzformálja.

A francia és németalföldi rokokó képző- és iparművészet és belsőépítészet e megközelítés kiváló példája. A festészetben Antoine Watteau *fêtes galantes* jelenetei, François Boucher álomszerű tájain vagy Jean-Honoré Fragonard képei, a palotabelsőkben, mint a müncheni Amalienburg vagy a salzburgi Schönbrunni kastély Tükörtermében vagy Juste-Aurèle Meissonnier enteriőr- és bútortervei a természet folyamatos áramlását jelenítik meg csavart, burjánzó, egymásba olvadó formákkal. Kagylók, indák, vízcepek, növényi fürtök idézik meg a természet élményszerű, de nem konkrét leképezésre törekvő jelenlétét. Ez az ornamentális biomorfizmus a rokokó esztétika fő jegyévé válik, különösen a díszítőművészet és az iparművészet területén, ahol a természetből vett forma nem másolandó tárgy, hanem formageneráló minta.

A rokokó biomorfizmus a természethez való újkori viszony egy affektív-ornamentális pólusát jeleníti meg. Ez a szemlélet tovább él az Arts and Crafts, a szecesszió organikus formáiban, mint Gustav Klimt aranyozott, levelekkel borított kompozíciói vagy Antoni Gaudí hullámzó épületei a természet és a képzelet határmezsgyéjén. A rokokóra így korai biofil gesztusként, – a természetbe való vágyott összekapcsolódásként – tekinthetünk, mely átélhető formai tapasztalatként épül be a képzőművészetbe, de még inkább a dizájnba és az építészetbe (Snodin és Styles 2001).

A kora újkori mimézis egyszerre dokumentál, rendszerez és modellez: precíz vizuális ábrázolásokkal enciklopédikus tudást teremt, mechanikus utánzatokban rekonstruál, és a természetet morális, vallási, filozófiai és érzelmi szempontokkal gazdagított modellszerkezetként tárja fel. A kora újkori mimézis elsődlegesen tudásközvetítő funkciót töltött be: a természet dokumentálása, rendszerezése és enciklopédikus jegyekkel való leképezése volt a meghatározó törekvés. Így erre a Dicks rendszerében ugyan nem szereplő, episztemomimikri kifejezést találok a legmegfelelőbbnek. Ez a mimetikus fordulat nyitja meg az utat a modernitás biomimézise előtt.

4.7. A természet mint esztétikai, tudományos és ideológiai konstrukció a XIX. században

A XIX. század során a természet reprezentációja új hangsúlyokat kap, miközben továbbviszi és átformálja a korábbi századok ismeretelméleti és esztétikai törekvéseit. A XVIII. század végére kialakuló újkori leképezési gyakorlatok – melyek célja a természet dokumentálása, rendsze-

rezése és mechanikus modellezése – kifinomult képi és technikai eszköztárral jellemezhetők (Daston és Galison 2007; Stafford 1994). Ezzel párhuzamosan egy másik vizuális hagyomány is megerősödik, melyet a klasszicizmus határoz meg: a természetet harmonikus, rendezett és antropomorf világként jeleníti meg, az isteni arányosság és az emberi értelem tükörképeként (Gombrich 1960). Ez a kettősség – az eszmei idealizáltság és a tudományos precizitás közötti feszültség – formálja az újkor végének természetábrázolási stratégiáit (Stafford 1994).

A XIX. század elején kibontakozó romantika természetkultúrája épp azáltal válik karakteressé, hogy eloldódik e kettős örökségtől, és egyre inkább az érzelmet mozgósító tapasztalat, az idegenség és az érzéki nyugtalanság irányából közelít a természethez. Felerősödnek azok a hangok, melyek nem a természet leképezését, hanem annak belső működését, formai logikáját és hatásmechanizmusait keresik (Crary 1990). Ez az elmozdulás egyszerre vezet el a romantikus természetábrázolások fenséges melankóliájához, a tudományos katalogizálás ornamentikus esztétikájához és a szecesszió organikus minta rendszereihez (Mitchell 2002).

4.7.1. A romantikus természetkultusz: belső tájak, melankolikus horizontok és sötét fenség

A romantika korszakában a természet egy belső lelkiállapot kivetülése, egyfajta érzelmi térkép. Caspar David Friedrich festményein a táj olyan meditatív médiumként jelenik meg, mely a szubjektív tapasztalat metaforájává válik (Vaughan 1994). A természet egy nem megismerhető, kontrollálható objektum, inkább rejtelmes, végtelen és gyakran fenyegető jelenlét. A belső táj kifejezés itt nemcsak poétikus kép, hanem a természetélmény pszichológiai, fenomenológiai elmozdulását is jelzi.

A romantikus természetkép kulcsszava a fenséges, mely Edmund Burke esztétikai írásai nyomán (1757) a félelem, nagyság és lenyűgözés keverékeként értelmeződik. A fenséges nem az esztétikai rend vagy szépség kérdése, inkább azé az élményé, melyben az emberi érzékelés határai átlépődnek. Viharos tenger, végtelen hegyvidék vagy sötét erdő olyan jelenségek, melyek ebbe a kategóriába tartoznak. Kantnál a fenséges megtapasztalása során az ember átéli saját alárendeltségét a természethez képest, mégis fölébe kerekedik – nem fizikai, hanem morális értelemben. A dinamikus fenséges példája a hegység, mely félelmet kelthet, mégsem nyomja el teljesen a szubjektumot, mert az ész autonómiája képes reflektálni és távolítani. „Egy hegy, melyre fel kell nézni,

egy viharos tenger, melyre tekinteni kell – ezek nem azért fenségesek, mert szépek, hanem mert az ész túllép az érzékek meghátrálásán” (Kant 1790/2004).

A XIX. század elejétől e tapasztalat egyre sötétebb színezettel jelenik meg. Friedrich ködbe burkolózó tájai, Turner vihartól ostromolt horizontjai vagy a preraffaelita tájképek olyan esztétikát alakítanak ki, mely a természet grandiózussága mellett annak idegenségét és kiismerhetetlenségét helyezi előtérbe (Vaughan 1994). Körvonalazódni kezd egy olyan természetélmény, mely egyszerre gyönyörködtet és felkavar, sőt zaklató módon nyitja meg a világ alatti vagy világ mögötti érzékelés lehetőségét. A romantikus táj többé nem működik csupán szimbolikus térként – átalakul az emberi értelem határvidékévé: ismeretlen, fenyegető, mégis nyugtalanítóan közeli. Ezt a fordulatot a XXI. századi ökológiai gondolkodás is visszahangozza. Timothy Morton és más szerzők számára az ökológiai érzékenység nem az idill és harmónia képzeteihez kötődik, sokkal inkább a zavar és az idegenség felismerése nyitja meg ezt az érzékeny teret (Morton 2010). Így alakul ki egy olyan kritikai esztétikai hagyomány, melyben a természet nem nyugalmat közvetít, inkább kihívás elé állít – a megértés és a komfortérzet határait feszegeti (Punter 2007).

A modernitás korai szakaszában megjelenő romantikus természetfelfogás elbizonytalanító, ambivalens tapasztalatként működik: megbontja az emberi érzelmek és a külső táj közti hagyományos megfelelést, így teszi újragondolhatóvá az élő és élettelen viszonyát. Így nem csupán történeti előzmény, hanem a *sötét ökológia* egyik mélyen gyökerező esztétikai alaprétege: olyan érzékelési és gondolkodási hagyomány, mely a természet tapasztalatát zavar, idegenség és határelmény felől gondolja újra. Ahogy Morton fogalmaz: „A sötét ökológia visszahozza a habozást, a bizonytalanságot, az iróniát és az elgondolkodást az ökológiai gondolkodásba” (Morton 2010).

4.7.2. A természet mint politikai aktus: birodalmi jelkép, nemzeti táj és mitikus reprezentáció

A természet politikai és ideológiai jelentősége a kora újkortól kezdve, a kolonializmus és imperializmus hosszú időszakában formálódott, miközben a természeti világ a hatalomgyakorlás és a kulturális reprezentáció kulcsfontosságú eszközévé vált. A természetet ekkorra stratégiai erőforrássá vált, mely a gyarmati hódítások és a birodalmi terjeszkedés szolgálatába állt. A gyarmatok élővilágának feltérképezése,

rendszerezése és megjelenítése szorosan kapcsolódott a hatalmi struktúrák kiépítéséhez, ahol a természet reprezentációi a biopolitika és biokapitalizmus korai formáiként értelmezhetők.

A kolonialista expedíciók, botanikus kertek és állatkertek létrejötte Európában a természet egzotizálását és megszelídítését célozta, miközben a gyarmatok élővilágát kereskedelmi és tudományos érdekek alapján rendszerezte. Ezek a vizuális és fizikai térformák a természet árucikké válásának térbeli megtestesítői voltak, ahol a természet egyszerre volt tudományos megfigyelés tárgya, esztétikai kuriózum és piaci termék. A botanikus kertekben és állatkertekben összegyűjtött egzotikus fajok a birodalom hatalmának jelképeiként jelentek meg, a gyarmati természet egzotikusított és kontrollált képeként (Brighton Museums 2025).

A XIX. század során a nemzetállamok megerősödésével és a polgári identitásformák kibontakozásával párhuzamosan a táj a nemzeti éntudat vizuális kivetüléseként jelent meg. A természet a nemzeti múlt, a hovatartozás és az államiság allegóriája. A tájképfestészet és a természetábrázolás egyre inkább kulturális és politikai tétellel telítődik: a természet képei a nemzet, a történelem és a kollektív önazonosság leképezései. A természet mint nemzeti táj koncepciójában a közösség tükreként és szervező médiumaként kezd működni.

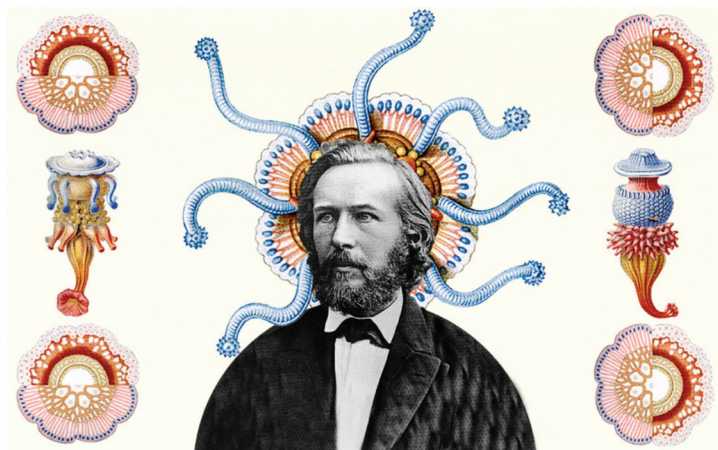
Jeanne Moskal szerint a német erdő (*Wald*) motívuma például egyszerre jelenít meg természeti adottságokat és kulturális projekciókat: az erdő a nemzeti identitás szakrális tere, melyben az archaikus értékek és a politikai eszmék egymást erősítik (Moskal 2002). A romantikus festészetben, például Caspar David Friedrich képein, egyszerre kontemplációs hely és nemzeti archeológia: a gyökerekkel átszőtt föld, a ködös mélység és a csendes magány az identitás kollektív alapszövetét jeleníti meg (Böhme 1996). Ez a táj egyszerre idéz meg természeti és történeti rétegeket: a természetet olyan organikus közösségként konstruálja, mely a néphez éppúgy tartozik, mint az időhöz vagy a földhöz. A német *Waldmythos* biopolitikai értelemben is működik – a természet a közösségi lét ideológiai alapja (Schama 1995).

A magyar tájképfestészetben is megfigyelhető egy hasonló narratív vágy. A magyar táj magyar ecsettel eszményét, vagyis a hazai természeti környezet és a nemzeti stílus összekapcsolását a XIX. század végi művészetpolitikai diskurzusok is megerősítik. A természeti környezet a nemzeti önkép és kulturális szuverenitás médiumává válik. A természet itt emlékezetpolitikai aktor: az Alföld síksága, a Kárpátok vonulatai vagy a pusztai horizontok a nemzeti karakter hordozóivá válnak (Sinkó 2000).

A XIX. század második felében a természetre irányuló nemzeti figyelem mitikus és származásközpontú jelentésekkel bővül. A Csodaszarvas és a Turul figurái ebben az időszakban kapnak új vizuális hangsúlyt. A Csodaszarvas történeti illusztrációkban és allegorikus kompozíciókban kap szerepet, míg a Turul az államiság és a védelem emblémájává emelkedik – köztéri szobrok, építészeti ornamentikák révén pedig beépül a nemzeti vizuális hagyományba (Switzer 2018). A természet mitizálása és nemzeti allegorizálása az államképzés vizuális retorikájává válik.

4.7.3. A természet vizuális rendszerezése és az esztétikai tudományosság – Haeckel és a képi taxonómia

A XIX. század végének egyik legjelentősebb vizuális fordulata a természet tudományos ábrázolásának és az ornamentika esztétikai gyakorlatainak egyre szorosabb összefonódása. Az ekkor kibontakozó új esztétikai diskurzusok már nem elégszenek meg a természet leírásával vagy illusztrálásával: a cél a formai szerveződés, a struktúrák rendszerezése és az élővilág vizuális taxonómiájának megalkotása.



Beatrice Sala
illusztrációja
John Kazior *The Beauty
and Violence of Ernst
Haeckel's Illustrations*
címen az aiga.orf-on
megjelent cikkéhez, 2021

Ernst Haeckel munkássága e tekintetben kitüntetett jelentőségű. A *Kunstformen der Natur* című 1904-ben megjelent ikonikus kötet nemcsak a biológiai formák lenyűgöző vizuális katalógusa, hanem egyúttal a természet ornamentikus mintázatainak feltárása is. Az általa megfigyelt és lerajzolt planktonok, radioláriák, medúzák vagy tengeri organizmusok mintha egy barokk díszítőművészet részletei volnának: szimmetriájuk, struktúrájuk, szerkesztettségük az esztétikai és a tudományos határterületeire helyezi ezeket az ábrákat. Haeckel példája megmutatja, miként válik a természettudományos illusztráció

egyfajta érzéki taxonómiává: a forma itt egyszerre jel és tapasztalat, a biológiai sokféleség lenyűgöző látványa és morfológiai rendszerbe szervezésének vágya.



Ernest Haeckel:
Kunstformen der Natur.
85. tábla, 1904

Haeckel kortársai közé tartozott az a Blaschka család is – Leopold (1822–1895) és fia, Rudolf Blaschka (1857–1939) –, amely üvegből készült tudományos modelleket alkotott különféle tengeri élőlényekről. A Blaschkák által készített medúzák, puhatestűek és korallok részletgazdag, színes és áttetsző modelljei egyfajta köztes pozíciót is elfoglaltak az alkalmazott művészet, tudományos reprezentáció és esztétikai tárgyalgatás között. Ezek a modellek a természeti világ leképe-

zésének alternatív útját mutatják: nem kétdimenziós illusztrációként, hanem materiális jelenléttel, plasztikusan érzékelhető formában tárják fel az organizmusok struktúráját. A Blaschkák munkássága rávilágít arra, hogy a tudományos vizualitás nem pusztán kognitív, hanem érzéki és kulturálisan szituált gyakorlat is.



*Leopold
és Rudolf Blaschka:
Lymnorea Trieda.
Üveg.
Natural History Museum,
Dublin, Írország.
Fotó: Guido Mocafico*

A Haeckel-féle rajzok és a Blaschka-féle modellek együttesen a természet reprezentációjának egy olyan hagyományát hozzák létre, ahol a formai logika, a szimmetria és az ornamentika nem csupán esztétikai érdekesség, hanem a világ megértésének módja. Ezek az ábrák és

tárgyak egyszerre rendszereznek, érzékeltetnek és elbűvölnek – a tudás és a szépség közös nyelvén szólalnak meg.

4.7.4. A természet ornamentális nyelve: szecesszió, biomorfizmus

A XIX. század végén a természet megjelenése a művészetben és design-ban új irányt vett, organikus formák, életritmusok és mozgás dinamikájának kifejezésével. Ezt a változást részben az ipari forradalom váltotta ki, mely a természetet főként erőforrásként kezelte, a tömegtermeléssel pedig uniformizált, gépies tárgyakat hozott létre, melyek gyakran távol álltak az egyéni kreativitástól és a természettől. Az ipari tömegtermelésre adott válaszként az Arts and Crafts mozgalom megőrizte a kézművesség, az egyedi alkotás és a természetből inspirált formák értékeit, hangsúlyozva a kézi munka organikus és autentikus jellegét (Muthesius 1990).

E mozgalmak szellemében bontakozott ki a XIX. század végén a szecesszió, mely a természet organikus mintázatait, életritmusát és mozgását a dekoratív formanyelv központi elemévé tette, reagálva az ipari modernitás mechanikus és uniformizáló tendenciáira. Ornamentális motívumai –

*Antoni Gaudí
Casa Batlló
cápa állkapocsra
hasonlító teraszai,
1904*



kagylók, indák, levelek, hullámzó vízformák és spirálok – nem pusztán díszítőelemek, hanem a természet komplex, élő rendszerként való újraértelmezésének vizuális megjelenítői, melyek a természet és az emberi kreativitás között teremtenek dialógust (Sembach 2001). Ezek a biomorf formák nem pusztán másolatok, hanem újraformált mintázatokként jelennek meg, egyszerre kapcsolva össze a természetet és az emberi

kreativitást. Olyan művészek, mint Gustav Klimt aranyozott, leveles kompozíciói vagy Antoni Gaudí hullámzó építészeti formái a természet organikus szerkezetét idézik meg, miközben vizuális metaforákkal gazdagítják a művészet és design világát (Whitford 1984; Bassegoda 2002). E motívumok egyúttal a természet komplexitásának, életfolyamatainak szimbolikus megjelenítői, melyek a korábbi természettudományos illusztrációkból, mint Ernst Haeckel munkái, merítenek inspirációt és információt.

A természet ornamentális nyelve tehát a természet és kultúra közötti folyamatos dialógus egyik megnyilvánulása, mely a modern és kortárs művészetben, designban tovább él. A biomorf formák révén a természet vizuális kifejezése olyan komplex és dinamikus nyelvvé válik, mely felbukkan a szürrealizmusban, inspirációt nyújt Saarinének és körének, majd a kortárs fenntartható és organikus designtörekvések számára is, hangsúlyozva az ember és természet közötti harmonikus kapcsolat fontosságát.

A XIX. század természetképében egyszerre van jelen a szubjektív, melankolikus projektivitás, a tudományos rendszerezés racionalitása és az esztétikai ornamentika bioesztétikai túlburjánzása. Ezek nem egymást kizáró minták, hanem egymásra rakódó érzékelési struktúrák, melyek előkészítik a biomédia XX. századi és kortárs formáit – különösen az epiztemomimikri és a morfológiai ornamentika irányain keresztül.

4.8. A természet esztétikai és formai leképezése a modernizmusban

A XX. század elején a természet formavilága újra központi szerepet kapott a művészetekben és a designban – immár nemcsak díszítő, hanem szimbolikus és formai struktúrákat hordozó elemként. A modernizmus alkotói számára a természet nem statikus háttér, hanem aktív formaadó elvként jelent meg, mely képes az emberi tudat és test organikus viszonyrendszereinek kifejezésére. Ezen fejezet célja annak feltérképezése, hogyan vált a természet esztétikai és érzéki tapasztalata formai forrásává a képzőművészet, építészet és design különböző területein – a szürrealista biomorfizmustól az organikus térkoncepciókig.

4.8.1. Természet mint esztétikai archívum – modernista biomorfizmus

A biomorfizmus a természet organikus formáiból – növények, testek, tájak – merített absztrakt mintázatokkal teremtett kapcsolatot a belső

világ és a külső természet között. Ez a szemlélet a szürrealizmusban vált meghatározóvá, ahol a tudattalan képi nyelve és az élővilág asszociatív formái fonódnak össze. E fejezet bemutatja, hogyan jelenik meg a természet mint intuitív inspiráció és érzelmi kód a XX. századi művészet és formatervezés ikonikus példáiban, valamint azt is, hogyan vezetett át ez az esztétikai formai kísérlet a későbbi strukturális és rendszerszemléletű biomimetikai megközelítésekhez.

A biomorf és organikus forma mint kulturális archívum

A természetes formák morfológiájának utánzása, a biomorfizmus, már domináns módon megjelent a rokokóban és a szecesszióban is. A XX.



Vaszilij Kandinszkij:
Ätmenet, 1934.
 Hilti Art Foundation,
 Schaan, Liechtenstein

századi szürrealizmus bizonyos irányzataiban szintén fontos szerepet kapott, különösen ott, ahol az alkotók az automatizmus és az intuitív kifejezés révén a tudattalan belső világot kívánták megjeleníteni (Crowther és Wünsche 2012). Ebben a kontextusban a biomorf formák – gyakran a test és a táj organikus, áramló mintázatai – vizuális metaforaként szolgáltak. Ezek az alkotások a valóságot felismerhető, ugyanakkor elmosódó és absztrahált formákban ábrázolták (Grigson 1935). Vaszilij Kandinszkij, Joan Miró vagy Paul Klee munkáiban az organikus alakzatok a belső érzések és a tudattalan vizuális kifejezőeszközeiként jelennek meg: szimbolikus és emocionális többletjelentéssel bírnak, és áthidalják a valóság és az álom, a racionális és az intuitív világ közötti határokat (Moszynska 2020; Wünsche 2012).

A szobrászatban a biomorfizmus legismertebb képviselői Hans Arp, Barbara Hepworth és Henry Moore, akik az organikus testformák és természeti képződmények absztrakciója révén dolgoztak (Arp 2011). Moore monumentális, perforált formái egyszerre idézik a tájat, a csontvázat és az emberi testet – formai világát gyakran inspirálták kavicsok, kagylók vagy anatómiai metszetek. Az ő biomorfizmusát nem a tudattalan, hanem az anyag, az erőző és az élő forma plasztikus alakulása vezette.

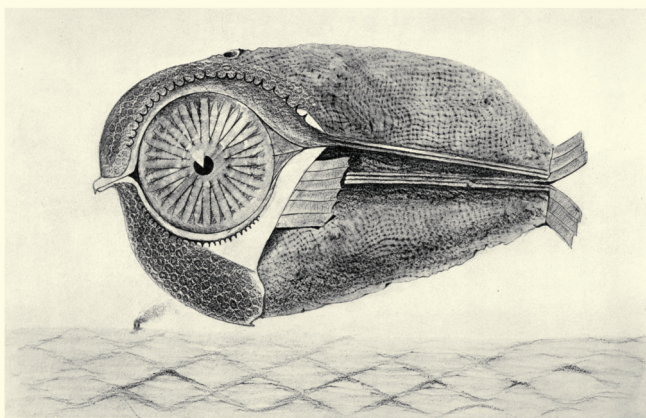
A szürrealisták a természethez való viszonyukban nem technikai inspirációt kerestek, hanem inkább a tudattalan mentális tereit vetítették ki a természetes formákra. A kagylóhéjak, gombák, gyökerek, rovarok vagy csontok a vágy és félelem érzeteit sűrítették vizuális alakzatokba. Ezek a formák ahelyett, hogy mintázatként működtek volna, az álomszerű és mítikus tapasztalatok hordozói voltak. A biomorfizmus az élőlények konkrét utánzása helyett az élőszerűség megtapasztalására épül: olyan alakzatokra, melyek élőnek tűnnek, mégsem kapcsolhatók konkrét élőlényhez.



*Henry Moore:
Ovális pontokkal,
1968–1970*

Max Ernst frottázsai – különösen az *Histoire naturelle* (Természettörténet) sorozat – a biomorf szürrealizmus egyik kulcspontját jelentik, ahol a természet már nem külső minta, hanem belső vízió, látomásos textúra, organikus mitológia (Setz 2021). Ez a megközelítés szoros párhuzamban áll a *Naturphilosophie* német romantikus elképzeléseivel, melyek a természetet egyetemességében, egységében és titokzatoságában próbálták megragadni – a szürrealista művészet nyelvén. Ez a természetfilozófiai és szürrealista válasz a természettudományos rendszerezésre, például a katalogizálásra vagy az enciklopédikus tudásra. Ernst szándékosan kiforgatja a tudományos osztályozás rendjét, és abszurd, ám szimbolikusan gazdag képekkel aláássa a racionális természet képzetét (Loye 2010). Ezáltal a természet nem tárgyiasult világgé, hanem imaginatív, projektív mezőként működik – előkészítve a posztnaturalis művészetszemlélet horizontját.

Max Ernst:
L'évadé (Szökevény).
Histoire naturelle
sorozat, kb. 1925.
MoMA, New York,
Egyesült Államok



Puha lesz és szőrös – Dalí modernitáskritikája

A XX. század első felében a robbanásszerűen növekvő városok új típusú lakhatási nehézségek elé állították az építészetet. A higiénia, funkcionalitás és tömeges lakhatás kérdéseire válaszul a modernista építészek – köztük Le Corbusier – a fehér falú, napfényes, racionálisan szerkesztett lakóépületeket tették normává. Ez az esztétika idővel nemcsak technológiai és egészségi ideálként, hanem esztétikai paradigmává nemesült, mely az ipari modernitás térbeli és formai ideológiáját testesítette meg.

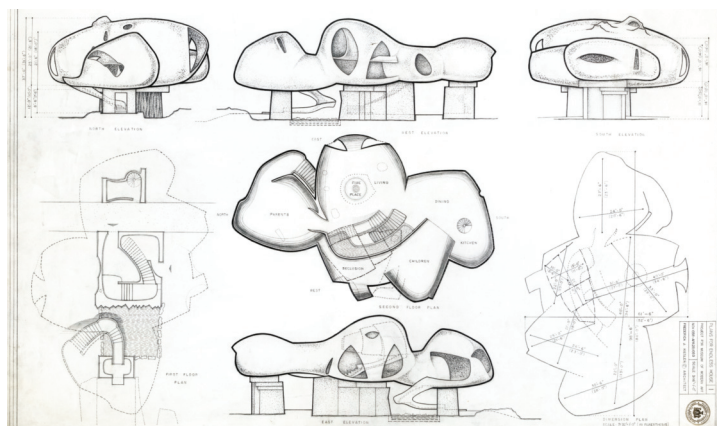
Ezzel szemben a szürrealisták – különösen Salvador Dalí – a test, az érzékiség és a pszichés élmények rehabilitációját szorgalmazták az építészeti térben is. Dalí ironikus kijelentése – miszerint a jövő építészete

„puha lesz és szőrös” – Le Corbusier térfelfogására adott válaszként is értelmezhető. A megjegyzés nem csupán egy esztétikai ellentmondás volt, hanem a modernista racionalitás kritikája is: olyan organikus térfelfogást sugallt, melyben a vágy, az ösztönök, a természet, az élet szubjektív tapasztalatai is helyet kapnak (Colomina 1992).

Organikus építészeti és design a modernitásban

Az építészetben Frank Lloyd Wright formanyelve nem a klasszikus biomorfizmushoz, hanem az organikus építészet irányzatához sorolható. Munkássága mégis előkészítette a biomorf gondolkodás kibontakozását, hiszen a természetes anyagok és formák iránti érzékenysége, a tájba simuló térkompozíciók iránti törekvése inspirációként szolgált a későbbi biomorf kísérletekhez.

A biomorfizmus egyik radikális építészeti manifesztációja Frederick Kiesler *Endless House* című koncepciója (1947–1960), mely a hagyományos lineáris és szögletes térhasználattal szemben a test belső világát idéző, szerves formákon alapuló, folytonos térélményt kínált. Kiesler szerint az ember nem derékszögekben él, ezért az építészetnek az organikus mozgás és érzékelés természetes mintázatait kell követnie – hasonlóan ahhoz, ahogyan a fazekasdarázs (*Sceliphron*) évről évre újraépíti fészkeit. Az *Endless House* nem csupán formailag volt biomorf: elméletében az épület élő organizmusként viselkedett, mely interakcióba lép lakóival és környezetével (Phillips 2017).



*Frederick Kiesler:
Endless House,
1947–1960.
Austrian Frederick
and Lillian Kiesler
Private Foundation,
Bécs, Ausztria*

Az organikus és zoomorf formák alkalmazása nemcsak a lakóépítészetben jelent meg, hanem később kifejezetten állatformákra utaló – úgynevezett zoomorfikus – épületekben is megtestesült. Ezek a formák

sokszor nem csupán esztétikai metaforák, hanem a természet és gép, test és technológia közötti határ elmosásának építészeti manifesztációi. Ahogyan Susannah Hagan megfogalmazza: „A kultúra és természet között a modernizmus által olyan fontosnak és brutálisnak vélt határvonalak újra feloldódnak – nem visszatérésként a múlthoz, hanem annak átalakításaként... Az élő szervezet és a gép közötti választóvonal fokozatosan eltűnik” (Hagan 2001). Ennek példái közé tartozik Oscar Niemeyer Niterói Kortárs Művészeti Múzeuma, mely egy lebegő medúzára vagy virágra emlékeztető formában jelenik meg, valamint Eero Saarinen ikonikus TWA-terminálja (1962), mely madárszárnyyszerű, áramló formáival ötvözi a biomorf vizualitást és a repülés technológiai metaforáját.

Az 1940-es évektől a biomorfizmus a dizájnban született újjá. Ekkor a Cranbrook Művészeti Akadémia – Eero Saarinen vezetésével – a biomorf formanyelv fontos központjává vált. Az olasz Carlo Mollino is jelentős szerepet játszott a stílus népszerűsítésében, különösen bútorterveivel, melyeket drámai, állatszerű formák jellemeztek. Saarinen, valamint Charles és Ray Eames továbbfejlesztették a biomorf formatervezést, új anyagokat – különösen műanyagot – alkalmazva, lehetővé téve szabaddabb, kísérletező formák és funkciók kialakítását. A biomorf bútortervezés a funkionalista modernizmussal szembeni emberközpontú válaszként, valamint a korszak új anyagainak és technológiáinak kreatív kihasználásaként jelent meg. A testtel és érzékeléssel való új viszony, a puhaság és organikus forma iránti vágy olyan design szemléletet eredményezett, melyben az élő forma nemcsak esztétikai, hanem pszichológiai és technikai kihívásokra adott választ.

A természetes formákhoz való viszony a modernista biomorfizmusban még elsősorban esztétikai és intuitív volt: ezek a formák az érzékelés és a belső világ kifejezésének médiumaként jelentek meg. Ugyanakkor ezek az absztrakt és szerves mintázatok – akár a szürrealista festészetben, akár a szobrászatban vagy a korai designban – már előkészítették azt a szemléletváltást, melyben a természet nem csupán vizuális inspiráció, hanem tanulmányozható, rendszerszerű és technikailag modellezhető struktúráként kezd el megjelenni. Ez a gondolkodásmód a kortárs építészetben – például a parametrikus biomorfizmus révén – tér vissza, immár digitálisan szimulált, folyamatosan változó formákban.

Biotechnika és formaalkotás – Moholy-Nagy László és a Bauhaus természetfelfogása

A Bauhaus formai kísérleteiben már a húszas évek elejétől megjelenik egy szervesebb, érzéki-testi alapú szemlélet, mely az anyaggal és ter-

mészettel való közvetlen tapasztalásból táplálkozik. A biomorfizmus ezekben a megközelítésekben nem az élőlények utánzását célozta, hanem az éloszerűség megtapasztalására épült: a formák a mozgás, tapintás és ritmus szerint kapcsolódtak a testhez és az érzékeléshez (Blaumann 2021).

Moholy-Nagy László számára a természet nem pusztán formai inspiráció, hanem dinamikus szervezőelv, mely az élet állandó változásait, átrendeződéseit tükrözi. E gondolkodásmód szoros párhuzamot mutat Raoul Francé vitalista és biocentrikus szemléletével. Francé – osztrák származású botanikus és tudománynépszerűsítő – a *biotechnika* fogalmát olyan rendszerszintű elvként vezette be, mely az élő organizmusok szerveződési, adaptív és morfológiai elveit technikai és művészeti kontextusban is alkalmazhatónak tekinti. A természet nem passzív esztétikai forrásként jelenik meg, hanem olyan komplex működési modellként, mely formálásra, új struktúrák létrehozására ösztönöz a design és az oktatás területén is (Francé 1924; Moholy-Nagy 1947; Botar 2011). Moholy-Nagy *Látás mozgásban* (*Vision in Motion*) című munkájában, valamint a New Bauhaus program pedagógiai keretei között a természet nemcsak inspirációként, hanem rendszerszervező modellként jelenik meg.

A formák belső törvényszerűségeinek keresése más Bauhaus-tanárok – így Josef Albers vagy Johannes Itten – munkásságában is hangsúlyos volt. Itten az organikus formák expresszív erejét és a természet ritmikus rendjét tekintette alapvető vizuális kiindulópontnak. A Bauhaus műhelyei – különösen az anyagkutatás és természetismeret közti párbeszéd révén – olyan pedagógiai és formaalkotási gyakorlatokat fejlesztettek ki, melyekben a természet strukturálható, tanulmányozható és alkalmazható mintává válhatott (Wick 2000).

V. A TERMÉSZET MINT MÉDIUM: MIMIKRI, ANYAG ÉS SPEKULÁCIÓ A KORTÁRS DESIGNBAN ÉS MŰVÉSZETBEN

A természet a kortárs gondolkodásban egyre kevésbé jelenik meg mint statikus háttér vagy esztétikai nyersanyag. A design, az építészet, az ökológia és a művészet határterületein újraértelmeződik: mediális, strukturáló és ontológiai szereplőként kezd működni. Ez a fejezet azt vizsgálja, miként válik a természet nemcsak inspirációs forrássá, hanem komplex rendszerek szervezőelvévé, technológiai partnerré és világképformáló erővé a XX. század második felétől napjainkig. A természet itt már interfészként működő közeg, melyen keresztül új anyagfogalmak, tervezési etikák és jövőképek artikulálódnak.

A fejezet öt nagy tematikus egységben tárgyalja a természet mint médium különböző megközelítéseit. Az első szakasz (5.1–5.1.7.) a természetet mint kritikai és ontológiai szervezőelvet mutatja be a designelméletben. Buckminster Fuller rendszerszemlélete, Papanek és McHarg ökológiai etikája, Escobar pluriverzum-koncepciója, Kossoff domíniumelmélete, Tonkinwise átmenettervezése és az ökofeminizmus gondoskodásközpontú kritikája egyaránt azt hangsúlyozzák, hogy a természet nem passzív környezet, hanem olyan közeg, mely formálja a társadalmi képzeletet, az anyaghasználatot és az időérzékelést.

A második rész (5.2–5.3.) azokat az ökológiai utópiákat, médiumlaborokat és művészeti gyakorlatokat vizsgálja, melyek a természetet nemcsak tematizálják, hanem aktívan működtetik is mint az érzékelést, gondolkodást és együttélést strukturáló közeget. A Drop City, Earthship és Biosphere 2 projektjei, a permakultúra rendszerszemlélete, a Whole Earth Catalog hálózati ökológiája, valamint Agnes Denes és a Critical Art Ensemble munkái infrastruktúra-kritikus, közösségi és intermedialis szinten kérdőjelezik meg a természethez fűződő viszonyt.

A harmadik egység (5.4–5.6.) a természetet mint technológiai modellt és mérnöki partnert tárgyalja. A biomimikri, bionika és parametrikus design példái – Frei Otto, Santiago Calatrava vagy Janine Benyus munkássága alapján – olyan építészeti és tervezési szemléletet jelenítenek meg, ahol a természet hatékonyságot, rendszerszerűséget és formaképzést kínál. E szakaszban a természet nem kontemplatív esztétikum, hanem működéselv és tervezési logika, mely épületeket, anyagokat és infrastruktúrákat szervez.

A negyedik rész (5.7–5.10.) a természetet anyagként, növesztett partnerként és adattá konvertált entitásként mutatja be. A bioalapú design, a növesztéses biodesign és a biofabrikáció – Suzanne Lee, Ecovative vagy Neri Oxman gyakorlatai révén – az élő nemcsak felhasználja, hanem kooperatív és etikai társaként kezeli. A természet itt nemcsak anyagforrás, hanem média, melyben a test, az élet és a technológia egymásba íródik. Ehhez kapcsolódnak azok az adatalapú ökológiai reprezentációk is – például Refik Anadol vagy Heather Dewey-Hagborg munkái –, melyek a természet viselkedő és leképezhető médiumként való felfogását tárják fel.

Az utolsó szakasz (5.11–5.12.) a természetet meghackelhető, majd spekulatív rendszerként vizsgálja. A szintetikus biológia és a genetikai tervezés – melyek példái a BioAcél Kecse vagy a Bolt Threads pókselyemalapú fejlesztései – technológiai realitásként írják újra a természetet, míg a spekulatív biofikciók – mint a BiteLabs

celebkolbásza, Ai Hasegawa delfinbabái vagy Margaret Atwood komplex biofikciója – kritikai jövővíziókat modelleznek. Ezek a gyakorlatok már nem a természet utánzásán alapulnak, hanem új természetek létrehozásán – itt jelenik meg legerősebben a disszertációban bevezetett ontomimikri fogalma: olyan mimetikus stratégia, mely nemcsak formát vagy tudást, hanem ontológiát, világot, fajhatárokat és létmódokat konstruál.

A fejezet egészét így az a kérdés íveli át, hogy miként válik a természet nem tárggyá, hanem médiumként működő, sokszorosítható, tanítható, érzékelhető és politikailag formálható mezővé. A mimikri fogalmi tipológiája – biomimikri, pantomimikri, episztemomimikri, animamimikri és ontomimikri – nemcsak esztétikai vagy technikai minták leírására szolgál, hanem kritikai észlelési keretet ad annak megértéséhez, hogyan képes a természet új szerkezeteket, új anyagokat és új etikákat létrehozni a kortárs design és gondolkodás médiumterében.

5.1. A természet mint szervezőelv

A természet nem csupán inspirációs forrásként vagy esztétikai nyersanyagként, hanem komplex és dinamikus rendszerek hordozójaként, azaz médiumként jelenik meg a modern és kortárs tervezési gondolkodásban. E fejezet azt vizsgálja, miként vált a természet az ökológiai design, a társadalmi átmenetek elméletei és az alternatív technológiai víziók számára nemcsak formatervezési mintává, hanem strukturális, ismeretelméleti és ontológiai szervezőelvvé. Az itt tárgyalt elméletek és gyakorlatok közös nevezője, hogy a természetet nem pusztán reprezentálandó objektumként, hanem rendezőközegként értelmezik – olyan médiumként, melyben technológia, társadalom és gondolkodás újrendeződhet.

Ez a közvetítő szerep – melyben a természet nem tárgy, hanem közeg és rendezőelv – mélyen összefügg a disszertáció korábbi fejezeteiben tárgyalt mimikrielméleti keretekkel. A biomimikri technikai hagyományától eltérően itt három egymásra rétegződő mimetikus viszony kerül előtérbe. Az *episztemomimikri* a természet megfigyeléséből és működésének leképezéséből származó tudás szerveződését és modellezhetőségét hangsúlyozza: a természet ebben az értelemben ismeretelméleti médiumként jelenik meg. Az *animamimikri* olyan affektív és spirituális ráhangolódási módokra utal, melyekben a természet-hez való viszony nem tárgyasító, hanem részvételi, testi és gyakran rituális természetű. A *pantomimikri* ezzel szemben relációs logikájú: a természetet nem másolandó formaként, hanem ökoszisztémikus

viszonyrendszerként értelmezi, melyhez az emberi alkotás is dinamikus viszonyban kapcsolódik.

E három mimikrilogika nem kizárja, hanem kiegészíti egymást: az episztemomimikri a természet tudásként való olvasatát és modellként való alkalmazását teszi lehetővé; az animamimikri az élő rendszerekhez való affektív, testi és spirituális kapcsolódást; míg a pantomimikri a környezeti viszonyrendszerekkel való relációs együttműködést hangsúlyozza. Ez a hármas megközelítés különösen termékeny az olyan design- és átmenetelméletek értelmezésében, ahol a természet nem díszítőelem, hanem strukturáló partner. A következő alfejezetek e logikák eltérő hangsúlyaival mutatják be a természet médiumként való értelmezését: Buckminster Fuller geodéziai szerkezetei és energetikai elvei főként episztemomimetikus modellek; Papanek és McHarg társadalmi-ökológiai tervezései az episztemikus és pantomimetikus rétegeket ötvözik; Escobar ontológiai pluralizmusa és Kossoff közösségelmélete az animamimikri lehetőségét is felvetik; míg az átmenettervezés jövőorientált gyakorlatai, valamint az öko-feminista gondoskodáskritika komplex módon kapcsolja össze mindhárom viszonyulást.

E példák különböző intenzitással, de mind hozzájárulnak ahhoz a szemléleti fordulathoz, melyet e disszertáció az élet mint médium fogalmával ír le: olyan felfogásról van szó, melyben a természet nemcsak megfigyelt vagy leutánczott objektum, hanem aktív, tanító, szervező, sőt világépítő szereplő. A mimikri fogalmi mezője ebben az összefüggésben nemcsak elméleti háttér, hanem érzékenyítő keret is, mely segít felismerni, miként válnak a természet struktúrái a tervezés új etikájának, formanyelvének és politikájának alapjává.

5.1.1. Buckminster Fuller absztrakt ökológiája

A XX. század közepétől a természet nemcsak formai inspirációként, hanem mint absztrakt és univerzális szervezőelv jelent meg a tervezési gondolkodásban. Ennek egyik legkorábbi és legátfogóbb példáját Buckminster Fuller víziói jelentik, aki a természeti rendszerek működését nem esztétikai, hanem strukturális, technológiai és filozófiai modellként értelmezte.

Fuller komplex rendszereket tervezett: a formák mögötti matematikai és energetikai törvényszerűségeket kereste. Munkásságának alapját a természetes formák geometriai optimalizálása adta – például a szappanbuborékok és kristályszerkezetek hatékony térkitöltési

logikája, melyet a legismertebb szerkezetében, a *geodéziai kupolában* valósított meg. A kupola nemcsak formai újítás volt, hanem ökológiai és társadalmi utópia része: minimális anyaghasználattal maximális teret létrehozni, a természet törvényeit követve (Fuller 1969).

A *Spaceship Earth* koncepciójában Fuller a földet önfenntartó, zárt rendszerként írja le, melynek működését tudományos és mérnöki racionalitással kell átlátni és támogatni. A kifejezés először az 1963-as *Operating Manual for Spaceship Earth* című előadásában jelent meg,

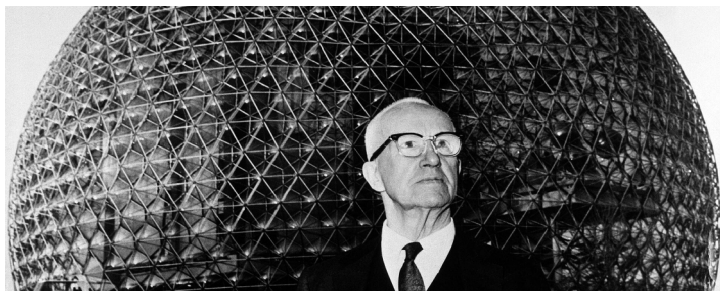


*Buckminster Fuller
a dolgozószobájában.
Black Mountain
College, 1948.*

Fotó: Hazel Larsen Archer

majd 1969-es könyvében fejtette ki részletesen. A *Spaceship Earth* nem csupán metafora: Fuller szerint az emberiség egyetlen űrhajó fedélzetén él, azaz egyetlen bolygón osztozik, és azt úgy kell működtetnie, mint

*Buckminster Fuller
a Világkiállítási dóm
előtt, 1967. Montreal,
Kanada*



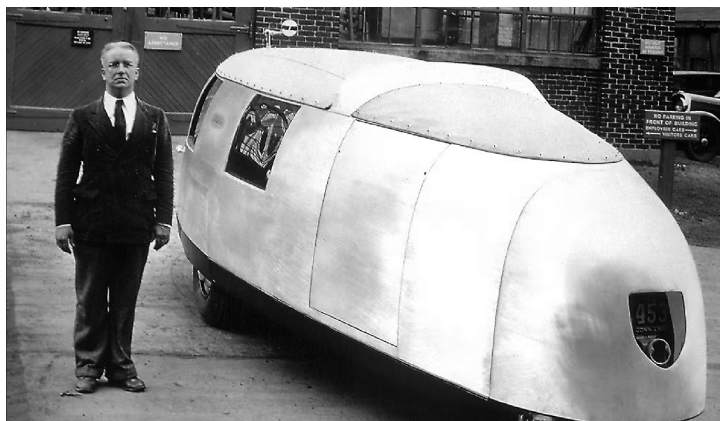
egy precíziós gépet, melynek minden rendszere egymással összefügg, mely kizárólag a Napból érkező energia révén működtethető, és minden elemében összefüggő, dinamikus rendszerként kezelendő. Ez a megközelítés nemcsak a globális ökológiai tudatosságot, hanem a felelős és együttműködésen alapuló tervezést is előfeltételként kezeli.

Filozófiájának egyik kulcsmondata – *doing more with less*, azaz *többet elérni kevesebbrel* – a természet strukturális hatékonyságát tekinti követendő modellnek. Ez az elv testesül meg geodéziai szerkezeteiben, mobilotthon-terveiben és járműkoncepcióiban, melyek a tér, anyag és energia viszonyrendszerének optimalizálására törekednek. Fuller számára a természet nem csupán formai inspiráció, hanem funkcionális és rendszerszintű tanító is.

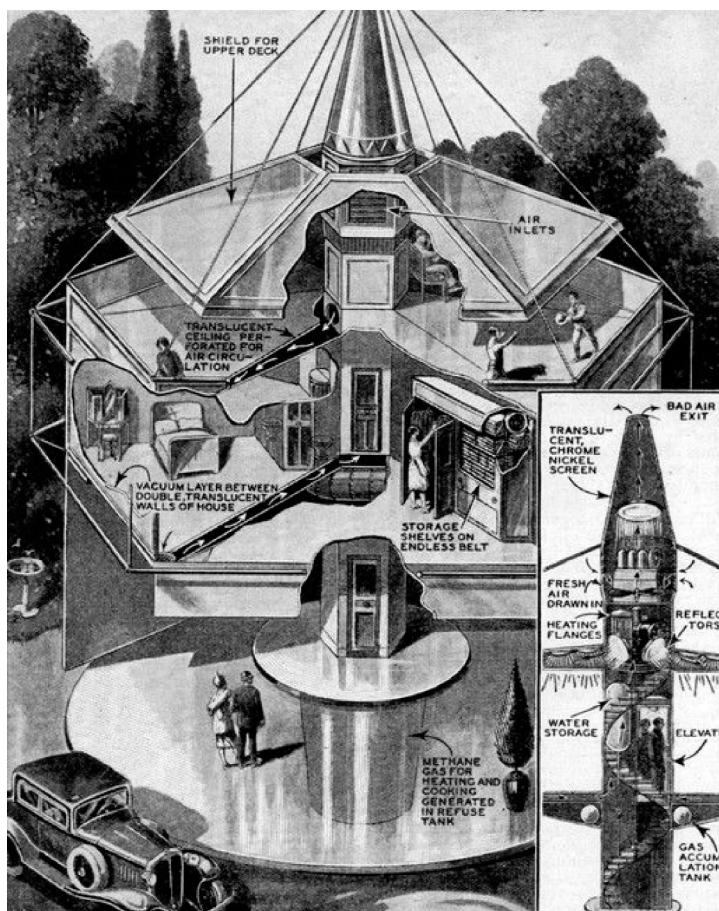
A *Spaceship Earth* nem pusztán elvont gondolat. 1982-ben az EPCOT Center megnyitásával konkrét építészeti manifesztációt is nyert: a park központjában emelkedő geodéziai kupola – mely vizuálisan Fuller szerkezeti elveit idézi – narratív élményként mutatja be az emberiség tudományos és technológiai fejlődését. Az EPCOT koncepcióját eredetileg maga Walt Disney is részben Fuller inspirációjára dolgozta ki, és a kísérleti prototípusváros víziója a globális ökológiai és technológiai szemlélet szintézisét tükrözi. Itt a *Spaceship Earth* már nemcsak filozófiai metafora, hanem oktatási és kulturális médium, mely a rendszerszintű tervezés társadalmi fontosságát is közvetíti (Marks 1960).

A *Dymaxion Autó* (1933) a mobilitás, hatékonyság és minimális ökológiai lábnyom elvén alapult. A bionikus formaalkotás nem csupán az építészetben, hanem az ipari designban is jelentkezett. Az 1930-as évektől kezdődően olyan járműtervek születtek, mint Buckminster

Fuller *Dymaxion Autója*, mely a természetes formák aerodinamikai hatékonyságát kívánta alkalmazni a közlekedésben.



Buckmesiter Fuller és a Dymaxion Autó, 1933. Buckminster Fuller-hagyaték képe



Bruckmeister Fuller: Dymaxion Ház vázlat, 1929

A *Dymaxion Ház* nemcsak aerodinamikus formájával, hanem belső szervezőelvével is előrevetíti a természet ihlette rendszerszemléletet. A természetből vett analógiák (minimális anyag, maximális struktúra) itt nem dekorációként, hanem szervezőelvként jelennek meg. Bár a ház nem került sorozatgyártásba, új normát állított fel az energiahatékony, tömeggyártott otthon fogalmában – hasonlóan a kortárs öko- és bio-nikus tervezési törekvésekhez (Krausse 2008).

A természethez való viszony nála nem utánpótlás, hanem adaptív tanulás volt: a *design science revolution* – vagyis a tervezéstudományi forradalom jelszavával hirdette a mérnöki tudás és a biológiai struktúrák egyesítését. Filozófiájában a természet modell és tanár – egyfajta rendszerszintű mentor, melyhez az emberi konstrukcióknak igazodniuk kell. Ezzel Fuller a kortárs ökoteknológiai gondolkodás egyik megelőlegezője lett (Banham 1960).

5.1.2. A társadalmi és ökológiai felelősség mint tervezési paradigma – Papanek és McHarg

A természethez való viszony újradefiniálásában kulcsszerepet játszottak azok az 1960–1970-es években megjelenő gondolkodók, akik a design társadalmi és ökológiai felelősségvállalásának kérdését állították középpontba. Victor Papanek *Design for the Real World* című 1971-es művében radikálisan elutasította a modern design elidegenedett, piacvezérelt logikáját, és a tervezést olyan tevékenységként értelmezte, melynek elsődleges célja az emberi és ökológiai szükségletek kielégítése (Papanek 1971). A design – Papanek szerint – vagy társadalmilag felelős, vagy értelmetlen.

Hasonló szemléletet képviselt Ian McHarg is, aki 1969-es *Design with Nature* című könyvében az ökológiai tervezés alapelveit fogalmazta meg. McHarg úttörő módon alkalmazta a tájökológia és földhasználati tervezés eszközeit, és hangsúlyozta, hogy az emberi beavatkozásoknak a természetes rendszerek logikáját kell követniük (McHarg 1969). Az ökológiai adatok – talaj, vízrajz, biodiverzitás – szerint nemcsak háttérinformációk, hanem a tervezési döntések alapvető rendezőelvei (Spirn 2000).

Ez az újfajta designszemlélet nem elszigetelt törekvésekből, hanem egy átfogó kulturális és kritikai elmozdulásból bontakozott ki. A designra egyre inkább úgy tekintettek, mint társadalmi jelentéssel és felelősséggel bíró tevékenységre, mely képes beavatkozni a környezeti válság és az ipari modernitás strukturális problémáiba is. Ezt hangsúlyozza

Victor Margolin designkritikus is, aki szerint a tervezés történetileg meghatározott és értékalapú gyakorlat – vagyis nem pusztán tárgyak előállítása, hanem a társadalmi viszonyok újrendezésének egyik eszköze (Margolin 2002). Ebben az értelemben az ökológiai design nem csupán fenntarthatósági válasz, hanem szemléleti és morális újrahangolás is: az emberi és természeti rendszerek közötti viszony újrafogalmazása. E két szerző gondolkodása jelentős hatással volt a társadalmi és ökológiai utópiák megfogalmazására, melyek a természetet nemcsak modellként, hanem együttélési partnerként kezdték kezelni (Margolin 2002).

5.1.3. Arturo Escobar és a pluriverzum: ontológiai átmenetek és a One-World World kritikája

Az átmenettervezés kortárs irányai nem csupán módszertani újításokat jelentenek, hanem radikális szemléletváltást is sürgetnek: nem elég a fenntarthatóság technikai menedzselése, a változás mélyebb, ontológiai szinteken zajlik. Arturo Escobar kolumbiai antropológus és dekolonialis gondolkodó ebben a tágabb keretben értelmezi az átmenet fogalmát. Ahelyett, hogy csupán jobb jövőt képzelnénk el a jelen rendszer határain belül, Escobar a világ felfogásának módjait – azaz ontológiáit – teszi kritika tárgyává.

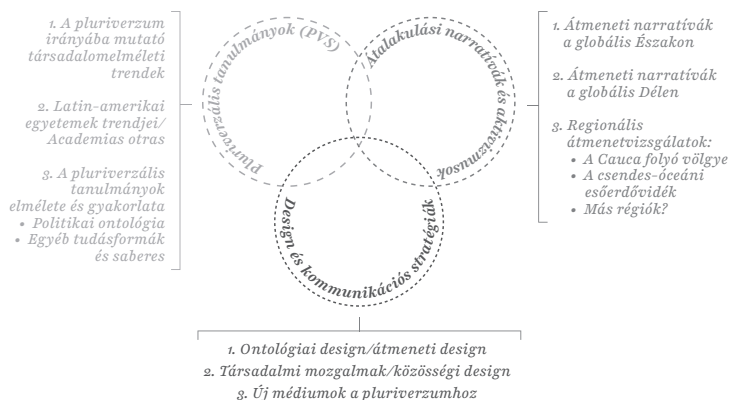
Escobar szerint a globális ökológiai és társadalmi válságok nem pusztán működési hibák, hanem a modernitás egyvilág világának (*one-world world*) következményei, mely univerzálisnak hirdetett racionalitáson, fejlődésméleteken és a természet–kultúra dualizmusán alapul. Ez az uralkodó világszemlélet – melyet a gyarmatosítás, a kapitalista modernizáció és a globalizáció terjesztett el – elnyomja a másfajta világértelmezések lehetőségét. Válaszul Escobar a pluriverzum (*pluriverse*) fogalmát vezeti be, mely a sokféle, egyenrangú világ és valóság lehetőségét állítja középpontba.

A pluriverzum eszméje egyaránt vonatkozik az ontológiai sokféleség, például közösségi, őslakos, nem nyugati világérzékelések és a kollektív cselekvés területeire is. Escobar szerint az átmenet nem egyetlen *fenntartható jövőbe* vezet, hanem sokféle, helyi tudáson és kapcsolatiságon alapuló világ felé. Ebben az értelemben a design nem a megoldások nyugati nyelvének exportját jelenti, hanem a közös világalgatózás érzékeny, kontextusfüggő gyakorlatát.

A *Design Philosophy Papers* 2015-ös különszámában Escobar párhuzamos gondolkodást képviselt a Carnegie Mellon-i Tonkinwise–Irwin–Kossoff-

féle *Transition Design Framework*höz képest. Az általa megrajzolt modell három egymást metsző terület – pluriverzális tanulmányok (PVS), átmeneti narratívák és aktivizmusok, valamint design- és kommunikációs stratégiák – szinergiájára épít. A középpontban a *design mint ontológiai gyakorlat* áll, mely képes mediálni különféle világok, tudások és közösségi jövőképzések között.

Arturo Escobar:
Az ontológiai átmenetek
három kulcsterülete:
pluriverzális tanul-
mányok, globális és
lokális átmeneti narra-
tívák, valamint design-
és kommunikációs
gyakorlatok. A metszés-
pontban az ontológiai
design áll mint a vilá-
gok közötti mediáció
eszköze, 2015.
In: "Transiciones:
A Space for Research
and Design for
Transitions to the
Pluriverse."
Design Philosophy
Papers 13 (1): 13–23.



5.1.4. Holizmus és a mindennapi élet újraszervezése mint átmeneti keret – Gideon Kossoff

A fenntarthatóság elméleteiben és gyakorlataiban egyre inkább felismerhető az igény arra, hogy a válságkezelést ne szektorális reformként, hanem mély strukturális átalakulásként értelmezzük. Gideon Kossoff (2015) ehhez kínál egy átfogó elméleti hozzájárulást, mely nem csupán kritikai kiindulópontot, hanem konkrét tervezési irányokat is megfogalmaz a fenntartható társadalmi átmenet számára. Az általa javasolt keret középpontjában a holisztikus paradigma és a mindennapi élet újraszervezése áll.

Kossoff alaptézise szerint a globális ökológiai, társadalmi és kulturális krízisek – a biodiverzitás pusztulásától a társadalmi elidegenedésig – egy fenntarthatatlan, fragmentált társadalmi-gazdasági rendszer következményei. A korábbi zöld alternatívák – mint például Bookchin libertáriánus municipalizmusa vagy a Natural Capitalism technokrata víziói – bár fontos részmozzanatokot ragadtak meg, nem kínáltak olyan integrált modellt, mely képes lett volna összekötni a gazdasági, politikai, kulturális és ökológiai dimenziókat. E hiány felismeréséből született meg Kossoff javaslata: egy transzdiszciplináris, részvételi és helyspecifikus keretrendszer, mely a mindennapi élet domíniumaira építve képes újraalkotni az ember és közösség kapcsolatát a természeti és társadalmi környezetével.

Kossoff holisztikus átmeneti kerete radikálisan szakít a technokrata fenntarthatósági modellekkel. A fenntarthatóság nem output, nem is csupán környezeti hatékonyság kérdése, hanem egy életmód- és világszemlélet-váltás következménye. A holizmus itt nem absztrakt filozófiai tétel, hanem gyakorlati irányelv, mely azt állítja: a rész és az egész viszonyát nem hierarchikusan, hanem relációsan kell újragondolni. Ez a megközelítés Henri Bortoft brit fizikus és tudományfilozófus megkülönböztetésére támaszkodik az autentikus és a hamis holizmus között (Bortoft 1996). Míg a hamis holizmus a homogenizáló absztrakciók logikájával operál, az autentikus holizmus a részek sokféleségéből kibomló egész dinamikáját hangsúlyozza, mely a mindennapi élet szintjén is megvalósulhat.

A valódi átmenet kulcsa ezért Kossoff szerint nem az egyetemes megoldásokban, hanem az autonóm, helyi közösségek által szervezett életformákban rejlik. A szükségletkielégítés belső kontrollja – szemben a külső, piaci vagy állami kiszervezéssel – teszi lehetővé, hogy a mind-ennapi élet újra szerves, egészes struktúrában működjön. E struktúrák Kossoff terminológiájában a *domíniumok*: a háztartások, szomszédságok, falvak, városok és régiók egymásba ágyazott, részben autonóm, részben egymásra utalt közösségi egységei. A domíniumok akkor válnak működőképesé, ha tagjaik aktívan részt vesznek saját szükségleteik kiellégítésében – például az élelem, az energia, a gondoskodás, az oktatás vagy a közlekedés területén.

A domíniumok holarchikus struktúrája – Koestler fogalma nyomán – ökoszisztémaszerű mintázatot alkot: minden szint egész és rész egyszerre. Ez a megközelítés ellentéte a modernitás hierarchikus rendszer logikájának, mely az alsó szinteket gyakran eszközként rendeli alá a felsőbb szintek érdekeinek. A történeti példák – mint a pre-indusztériális városok, falvak, vagy a Ladakh régióban megfigyelt együttműködési formák – azt mutatják, hogy a mindennapi élet domíniumai képesek voltak autonóm módon fenntartani komplex társadalmi viszonyokat, szoros kapcsolódással a természethez és a kulturális hagyományhoz.

Ezzel szemben a modernitás hatására ezek a domíniumok leépültek. A globális gazdasági és politikai rendszerek kisajátították a szükségletkielégítés kontrollját, és ezzel széttördelték a mindennapi élet organikus szerkezetét. A háztartások fogyasztói egységekké, a falvak logisztikai perifériákká, a városok gazdasági csomópontokká váltak, miközben elvesztették közösség-szervező funkcióikat. Kossoff szerint e domíniumok újjáépítése – nem nosztalgikus visszafordulásként,

hanem jövőorientált tervezési programként – a fenntartható társadalmi átmenet legfontosabb stratégiai lépése.

A Kossoff-féle keret összhangban áll az átmenettervezés négy alapterületével is: jövőkép, változáselmélet, szemléletmód és új tervezési módszerek. Koherens jövőképet vázol fel egy decentralizált, hálózatos, sokszínű társadalomról; implicit módon egy rendszerszintű változáselméletet kínál, mely az alulról szerveződő közösségek megerősítését tartja a változás elsődleges motorjának. Új designszerepeket is meghatároz – különösen az átmenettervezőét, aki nem megoldást importál, hanem a közösségi integráció facilitátora.

Kossoff hozzájárulása így nem csupán egy teoretikus modell, hanem egy gyakorlatias iránytű is azok számára, akik a fenntarthatóságot nem technikai optimalizálásként, hanem az emberi élet mélyreható újragondolásaként értik. A holisztikus keret – mely a mindennapokban gyökerezik – nem egyetlen világkép vagy kultúra univerzális receptje, hanem olyan pluriverzális platform, mely teret ad a különböző helyi életformák, szükségletkielégítési módok és társadalmi szerveződések kibontakozásának. Ily módon Kossoff elmélete nemcsak Escobar pluriverzum koncepciójával, hanem a fenntartható design jövőorientált, kritikai hagyományaival is összhangban áll (Kossoff 2015).

5.1.5. Átmenettervezés: kritikai jövőorientált design és ökológia – Tonkinwise és társai

Az ökológiai design – ahogyan azt Papanek, McHarg vagy Margolin hangsúlyozták – már a XX. század második felében túlmutatott a tárgyaláson: olyan rendszerszintű és morális beavatkozásként kezdett működni, mely a természet és a társadalom közötti viszony újraformálására törekedett. A XXI. század első évtizedeiben ez a megközelítés tovább mélyült és összekapcsolódott a jövőorientált, gyakran spekulatív vagy transzformatív designgyakorlatokkal.

A kortárs designgondolkodás egyik meghatározó iránya az átmenettervezés (*transition design*), mely a társadalmi rendszerek fenntartható átalakulását tűzi ki célul. Ez a megközelítés nem csupán fenntartható tárgyak vagy szolgáltatások tervezését jelenti, hanem a design szerepének újraértelmezését egy mélyebb, strukturális változást célzó folyamatban. A legmarkánsabb elméleti alapvetéseket Cameron Tonkinwise fogalmazta meg, aki szerint a design nem lehet csupán reaktív vagy esztétikai gyakorlat – minden design jövőt tervez, még ha nem is tudatosan (Tonkinwise 2015).

Az átmenettervezés a design társadalmi felelősségvállalását egy hosszú távú, rendszerszintű gondolkodással kapcsolja össze. Az ökológiai válságot nem technológiai problémaként kezeli, hanem a társadalmi képzelet és viselkedés mintázatainak újratervezésére hív. Az ökoszisztémákhoz való viszony radikális újragondolására van szükség: nem kizsákmányolható erőforrásként, hanem adaptív és együttműködő hálózatként kell őket értelmezni. Tonkinwise szerint a design jövője abban a képességben rejlik, hogy alternatív jövőképeket tegyen közösségileg megtapasztalhatóvá, vitakésszé, sőt: elérhetővé.

Az átmenettervezés etikai kiindulópontja, hogy a jelenlegi társadalmi-gazdasági berendezkedés fenntarthatatlan. A design szerepe éppen ezért nem az, hogy kozmetikázza ezt a rendszert, hanem hogy előmozdítsa a paradigmaváltást – például az ökológiai érzékenységet, a kollektív gondoskodást, vagy a szolidáris gazdaság mintáit. Ennek egyik alapfeltétele a képzelőerő visszaszerzése: a spekulatív, kritikai és transzformatív design olyan *lehetséges világokat* próbál megmutatni, melyekben az ember és természet viszonya nem uralmi, hanem együttműködő gondoskodó (Irwin 2015).

Az átmenettervezés túlmutat a tervezési módszertanon, kultúrkritikai állásfoglalás is. Reflexív módon tekint saját eszközeire, kérdésessé téve a design szerepét a modernitás ipari és környezeti kríziseiben. Ez a szemlélet illeszkedik azokhoz az ökológiai alternatívákhoz is, melyek már a XX. század végén próbálkoztak a természet és ember kapcsolatának újraformálásával – legyen szó autonóm közösségekről, ökoszisztéma-kísérletekről vagy alternatív média- és tudásrendszerekről. Az ökológiai design újabb generációja ezeket a kezdeményezéseket nemcsak inspirációként, hanem kritikai kiindulópontként is kezeli – nemcsak a jövő elképzelésére, hanem a jelen formálására is eszközként tekint.

Tonkinwise azonban nem kritikátlan a saját pozíciójával szemben sem. Több szövegében hangsúlyozza, hogy a design mint átmenetmenedzselés (*transition management*) önmagában veszélyes lehet, ha nem jár együtt a hatalmi viszonyok, ideológiai beágyazottságok és privilegizált tudásformák folyamatos reflexiójával. Különösen fontos számára, hogy a design ne váljon egy technokrata elit eszközévé, mely a jó irányú jövőt szakértői alapon előre definiálja mások helyett.

A design nem lehet pusztán opciógenerálás – írja –, hanem beágyazott, történetileg és kulturálisan érzékeny gyakorlat, mely számol azzal is, hogy bizonyos közösségeknek más jövőképei, más prioritásai lehetnek. Kritikai éle nemcsak a piacorientált zöld innováció irányába mutat,

hanem a designpaternalizmus és fehér (vagy innen nézve nyugati) megmentő-jövőkép típusú jövőgyártás ellen is.

Emellett Tonkinwise – gyakran Donna Haraway, Tony Fry és John Thackara gondolataira támaszkodva – a törődés, karbantartás és tanult mintáink lebontása (*care, maintenance* és *unlearning*) fogalmain keresztül bővíti a design etikai horizontját. Ahelyett, hogy a design folyamatos újításra és növekedésre ösztönözne, a lassú, fenntartó és kontextus-érzékeny tervezést hangsúlyozza.

5.1.6. Ökofeminizmus és tervezéskritika

A holisztikus és relációs szemléletmódok elméleti megerősítéséhez az ökofeminizmus jelentős mértékben járul hozzá, különösen a természet, test és idő fogalmainak újraírása révén. Az ökofeminizmus nemcsak egy etikai és politikai irányzat, hanem a modernitás kettéválasztó gondolkodásának – ember és természet, szellem és test, férfi és nő szétválasztásának – átfogó kritikája is. Carolyn Merchant klasszikus elemzése szerint a tudományos forradalom korában a természet élő anyából mechanikus, élettelen géppé alakult (Merchant 1980). Ez a szemlélet nemcsak a természet kisajátítását, hanem a női testek és az érzelmi-gondoskodási munkák láthatatlanná tételét is magával hozta, ezzel a modern ipari racionalitás nem csupán ökológiai, hanem genderalapú uralmi struktúrákra is épült.

Az ökofeminizmus azonban nem pusztán kritikát fogalmaz meg, hanem a természethez, a testhez és a gondoskodáshoz való viszony alternatív ontológiáit is körvonalazza. Donna Haraway munkássága – különösen a *Staying with the Trouble* (2016) – a természetet nem passzív háttérként, hanem relációs térként értelmezi, melyben az emberi és nem emberi szereplők közösen, együtt változó történetekben formálódnak. A testek ebben a keretben nem lezárt, individuális egységek, hanem mindig is másokkal való társlétezésben álló entitások: „nem önmagunkból leszünk, hanem másokkal válunk valakivé” – írja Haraway (2016). Ez a relációs gondolkodás felülírja az autonóm szubjektumra épülő modern tervezési logikákat, és a közös világalkotás nyelvét hozza be a designba.

Ezzel összhangban az ökofeminizmus egyik központi etikai elve a gondoskodás, mely nemcsak erkölcsi elvként, hanem tervezési paradigmaváltásként is értelmezhető. Susan Buckingham szerint a gondoskodás ökológiája azt jelenti, hogy a rendszerek tervezése nem az erőforrások maximalizálására, hanem a sérülékenység, kölcsönös

függés és fenntartás strukturális elismerésére épül (Buckingham 2004). Az olyan hétköznapi tevékenységek, mint a nevelés, az ápolás, a főzés vagy a háztartásfenntartás nem a termelő gazdaság peremén helyezkednek el, hanem az élhető élet feltételeit biztosítják – mind emberi, mind ökológiai szinten. A gondoskodás újrafelfedezése tehát nem pusztán etikai aktus, hanem designstratégiai követelmény: hogyan lehet fenntartható rendszereket alkotni, melyek figyelembe veszik a nemcsak materiális, hanem a kapcsolati és érzelmi szükségleteket is.

A test és természet kapcsolatának újraírása a lineáris időfogalom kritikáját is magával hozza. Alicia Juarrero (1999) komplexitáselméleti munkái arra világítanak rá, hogy az élő rendszerek nem ok-okozati láncban, hanem emergens, nemlineáris módon szerveződnek. Egy ilyen szemlélet szerint a tervezés nem előre rögzített célok felé halad, hanem önszervező visszacsatolások, tanulási ciklusok és helyi alkalmazkodások révén alakul. Ez radikálisan szembemegy a modern ipari design lineáris logikájával, mely előre meghatározott problémákra szabványos megoldásokat kínál.

Az ökofeminizmus tehát egy alternatív designlogika alapjait rakja le: kapcsolati szemléletet javasol a kontroll helyett, fenntartó és gondoskodó rendszerekre épít a technokratikus optimalizáció helyett. Nemlineáris időkezelést képvisel a fejlődésnarratívák helyett. Testi, érzelmi és ökológiai integritást kér számon a fragmentált működés helyett.

Ez a perspektíva nem csupán kiegészíti a Kossoff-féle holisztikus keretet, hanem tovább is árnyalja: testibbé, érzékenyebbé, sérülékenyebbé és relációsabbá teszi a fenntarthatóság fogalmát. Mindezzel a tervezés szerepe is újraértelmeződik: a designer nem a problémamegoldás mestere, hanem gondoskodásfacilitátor, relációs lények közötti világalkotó.

5.2. Ökológiai médiumlaborok: építészet, technológia, életforma

Az 1960-as évektől kezdve sorra jelentek meg azok a radikális kezdeményezések, melyek újraértelmezték a technológia, az építészet és a közösségi élet viszonyát az ökológiai rendszerekhez. Ezek a projektek nem csupán a fenntarthatóság technikai kérdéseit tematizálták, hanem azt is vizsgálták, miként válhat a természet nem passzív háttérrel, hanem aktív médiumként és rendszerszervező logikaként az emberi alkotótevékenység részévé.

A fejezet olyan kísérleti ökoszisztémákat és designelvű konstrukciókat vizsgál, melyek a természethez mint tudás- és formaadó entitáshoz kapcsolódnak. A Drop City geodéziai kupolái, a Biosphere 2 zárt ökológiai rendszere, az Earthship önellátó építészete, a permakultúra decentralizált mezőgazdasági stratégiái és a Low-tech Magazine infrastruktúrakritikus médiamodellje különféle módon, de egyazon kérdést vetik fel: hogyan lehet a technológiát nem uralmi pozícióból, hanem ökológiai ritmusokra és anyagciklusokra hangoltan működtetni?

E példák egyszerre működnek anyagi prototípusként, tervezési kódexként és kulturális állásfoglalásként. Nem reprezentálnak, hanem aktívan működtetik a fenntarthatóság esztétikai és gyakorlati dimenzióit – legyen szó geodéziai szerkezetekről, víz- és energiakörforgásokról, regeneratív mezőgazdaságról vagy épp napelemmel működtetett médiaplatformról.

E rendszerek egyúttal médiumelméleti laboratóriumként is értelmezhetők: olyan intermediális és ökoszisztémikus terek, ahol az építészet, a tudásmegosztás és az infrastrukturális működés nem szétválasztott szférák, hanem szoros anyagi és viselkedési kapcsolatban állnak a természettel. A bemutatott példák különböző mimetikus logikákat aktiválnak: a Drop City vagy Biosphere 2 projektjei episztémomimikriként olvashatók – olyan strukturális modellekként, melyek a természet rendszerszerűségeit szimulálják. A permakultúra és az Earthship gyakorlatai inkább animamimetikus viszonyokat nyitnak meg, melyekben az élő környezettel való együttélés affektív, rituális és közösségi módon valósul meg. A Low-tech Magazine technológiai s energetikai önkorlátozása pedig pantomimikriként értelmezhető: olyan viselkedési mintát követ, mely a természet energiakorlátaira és időstruktúráira rezonál.

E kísérleti médiumlaborok a tervezés, és az érzékelés és a társadalmi viselkedés új formáit is modellezik – a természethez való viszony nem illusztráció, hanem anyagi és elméleti együttműködés.

Drop City: geodéziai anarchia és ellenkultúra

A Drop City projekt 1965–1973 között működött az egyesült államokbeli Colorado államban, néhány fiatal művész és ellenkulturális gondolkodó kezdeményezésére. A közösség célja nem csupán az volt, hogy alternatív életformát hozzon létre, hanem hogy a kortárs építészeti és társadalmi normákat is radikálisan újragondolja. Drop City sajátos ötvözete volt a bázisdemokratikus közösség-szervezésnek, a művészi avantgárdnak és a technológiai kísérletezésnek – nem utolsósorban pedig Buckminster Fuller elméleteinek és geodéziai kupoláinak.

A tagok először Fuller-féle geodézikus, majd további, zonoéder-alapú kupolaszerkezeteket építettek, gyakran újrahasznosított anyagokból – például autókarosszériákból kivágott fémlemezektől. Ezeket a szerkezeteket passzív napenergia-hasznosítással és alapvető ökológikus megoldásokkal kombinálták. A kupola így egyszerre vált funkcionális térszervező elvvé és társadalmi állásfoglalássá: az autonómia, az újrahasználat és az önellátás szimbólumává. A Drop City építészeti teljesítményét maga Buckminster Fuller is elismerte, amikor a közösség megkapta a gazdaságilag költői megoldásokért járó Dymaxion Awardot (Sadler 2005).



*Drop City
művészkommuna.
Colorado, USA, 1969.
Fotó: Dennis Stock,
Magnum Photos*

Drop City nemcsak térbeli, hanem szemléleti laboratórium is volt. A természethez való viszonyuk a Fuller által hirdetett adaptív tanulást ötvözte a hippimozgalom organikus és spirituális világszemléletével. A közösség működése – ideértve az élelmiszer-termelést, a kollektív döntéshozatalt és a művészeti gyakorlatokat – szándékosan törekedett arra, hogy alternatívát kínáljon a kapitalista és ipari modernitás által dominált társadalmi struktúrákkal szemben.

Drop City alapfilozófiája az volt, hogy a művészetet integrálja az életbe. A közösség performatív gyakorlatai – a happeningek, a pop-art hatása, valamint John Cage és Allan Kaprow munkái – közvetlen társadalmi reakciókat kiváltó élményeseményekben testesültek meg. A cél nem csupán az önellátás, hanem a kreatív, élményalapú közösségi önkifejezés volt. A telep így lakóhelyként, és élő művészeti térként is működött. Ilyen volt az 1967 nyarán Drop Cityben megrendezett *The Joy Festival*, egy alternatív közösségi happening, ahol performanszok,

pszichedelikus zenei improvizációk, közös építkezés és szabadegyetem-szerű beszélgetések zajlottak – a résztvevők a művészetet, az ökológiát és az együttélés formáit ünnepelték, a hierarchiamentesség és a radikális kreativitás jegyében (Lorenz 2003).

Bár Drop City néhány év alatt szétesett – részben az infrastrukturális hiányosságok, részben a túlzott érdeklődés és belső feszültségek miatt –, kulturális öröksége máig hat. A DIY-építészet, az off-grid közösségek és a radikális ökodesign gondolatai jelentős részben innen származnak. A projekt példája azt mutatja, hogy a design – még ha alulról szerveződő formában is – képes lehet komplex ökológiai és társadalmi rendszerek kritikai újragondolására. Mindezt érzékletesen mutatja be a *Drop City* című dokumentumfilm is, melyben Joan Grossman és Tom McCourt interjúk és archív felvételek révén rekonstruálják a közösség eszmei és vizuális örökségét (Grossman és McCourt 2012).

Biosphere 2: ökoszisztéma-labor zárt rendszerben

A Biosphere 2 projekt 1991-ben indult az arizonai sivatagban azzal a céllal, hogy a földi élet komplex ökoszisztémáját egy teljesen zárt és mesterséges környezetben modellezze. Az üvegburkolatú kupolarendszerben különböző biomokat rekonstruáltak – óceánt, esőerdőt, sivatagot –, emberi részvétellel és önszabályozó ökológiai működésre törekedve. A kísérlet célja nemcsak a túlélés, hanem tudományos adatok gyűjtése is volt arról, miként hozható létre önfenntartó élet zárt rendszerekben – akár űrbéli kolonizáció céljára, akár a földi környezeti válság alternatívájaként (Nelson 2018).



*A Biosphere 2 épületei
az arizonai sivatagban.
Fotó: John Miller / AP*

A projekt gyökerei az ellenkulturális mozgalmak ökoutópiáiban keresendők: a Biosphere 2 egyfajta high-tech hippy kommunaként indult, a résztvevők nemcsak tudósok, hanem belső űrhajósok is voltak. Az életformájuk és viszonyaik is megfigyelés tárgyát képezték, ami médiában túlélőshow-szerű keretet kapott. Az első küldetés azonban hamar ellentmondásossá vált: oxigénhiány, szociális konfliktusok és az ökoszisztéma instabilitása miatt a kísérlet megszakadt.

Mindazonáltal a Biosphere 2 hangsúlyozta az ökológiai tanulás és visszajelzés jelentőségét: azt az alapvetést, hogy az ember a természet részeként képes csak túlélni, ha képes értelmezni és alkalmazni annak komplex dinamikáját. A rendszer egyfajta laboratóriumi földként működött, ahol az anyag- és energiaáramlások nyomon követésével előrevezetették a természet digitális és technológiai újradefiniálásának lehetőségét. Az adatvezérelt ökológiai modellezés révén a Biosphere 2 előfutára lett azoknak a rendszereknek, melyek a természetet szimulálható és optimalizálható rendszerként kezelik (Margolin 2002). A projektet ugyanakkor már korán erős kritikák érték: a teljes zártság



*A nyolc szinergista:
Mark Van Thillo,
Sally Silverstone,
Mark Nelson,
Linda Leigh,
Taber McCallum,
Roy Walford,
Abigail Alling
és Jane Poynter
a Biosphere 2 belsejében,
1990.
Fotó: Peter Menzel / Neon*

illúziója hamar megbukott, miután külső oxigénbevitelre és technikai beavatkozásokra volt szükség. További vitát váltott ki az intézményi háttere is: az Ecotechnics vállalat és Edward Bass finanszírozói szerepe mellett Steve Bannon – a későbbi alt-right ideológus – 1993-as ideiglenes vezetői szerepe jelentősen árnyalja a projekt alternatív világmodelljét. A Biosphere 2 így nemcsak ökológiai és technológiai laboratóriumként, hanem gazdasági és ideológiai allegóriaként is értelmezhető, mely megmutatja, hogyan fonódhat össze környezeti utópisztika és hatalmi struktúra.

A *Spaceship Earth* (Wolf 2020) című dokumentumfilm érzékletesen dolgozza fel a projekt spirituális, performatív és teátrális dimenzióit. Nemcsak az ökológiai gondolkodás, hanem a résztvevők identitása, rituáléi és kulturális víziója kerül fókuszba – így a Biosphere 2 nem csupán tudományos vállalkozásként, hanem rendszergondolkodási manifesztumként is értelmezhető.

Earthship: önellátás a peremen

Az Earthship-architecture (Földhajó-építészet) az 1970-es évek végétől formálódó radikális ökoépítészeti mozgalom, melyet Michael Reynolds indított el az új-mexikói Taos sivatagos térségében. A kezdeményezés célja egy olyan önellátó lakhatási forma létrehozása volt, mely nemcsak minimális környezeti terheléssel működik, hanem egyfajta ökológiai-politikai ellenállásként is értelmezhető (Mohamed 2023). Az Earthshippek off-grid rendszerei – mint a passzív napenergia-hasznosítás, esővíz-gyűjtés, szennyvízfeldolgozás és élelmiszer-termelés – a körforgásos ökológiai logikát követik, miközben a helyszínen fellelhető vagy hulladéknak számító anyagok – autógumik, üvegek, dobozok – újrahasznosítva épülnek (King 2021).

A *biotecture* néven ismertté vált szemléletmód nem csupán formai újításként jelent meg, hanem olyan életforma-kísérletként, mely a fogyasztói társadalom építészeti normáival és energetikai függőségeivel szemben egy decentralizált, autonóm és adaptív modell lehető-

*Déli és keleti nézet egy
G2 Global model
Earthship passzív
szolárházról.
Taos, Új-Mexikó*



ségét kínálta. Az Earthship így nemcsak építészeti objektum, hanem ökológiai entitás is, mely aktívan részt vesz a helyi anyag- és energiaáramlásban. A földbe félig beásott, vastag falú szerkezetek

hőszabályozása nem gépesített rendszerekre, hanem a termikus tömeg elvén működő, szinte élőként viselkedő épületeknek épül, melyek a természet utánzásán túllépve a beágyazottság új formáit modellezik (Mohamed 2023).

Bár Reynolds projektjeit kezdetben a szakma elutasította, engedélyezési nehézségekbe ütköztek, a klímaválság, a fenntarthatósági diskurzus és az ökoközösségek erősödése új relevanciát adott az Earthship koncepciónak. A Taos melletti Greater World Earthship Community például több mint száz, teljesen közműfüggetlen házból áll, közösségi föld-tulajdonnal és önszerveződő gazdasági rendszerrel (Mohamed 2023).

Az utóbbi években egy új irányvonal, a Smart Earthship City víziója kezdett körvonalazódni, mely az Earthship koncepciót intelligens városi technológiákkal ötvözi. Ebben a modellben az autonóm energiaellátás, a szürkevíz újrahasznosítása, az épület termikus tömege és a helyi élelmiszer-termelés olyan IoT-alapú rendszerekkel egészül ki, mint okostermosztátok, szenzoros napenergia-követés, vízminőség monitorozás, intelligens komposztálás és LED-alapú növénytermesztés (Mohamed 2023). Az Earthship-épületek így nemcsak reziliensek és karbonsemlegesek, hanem adaptívvá és adatalapúvá is válhatnak – az alacsony technológiai szemlélet találkozik a digitális ökointelligenciával.

A modell mellett szóló érvek között szerepel az energiafüggetlenség, a körkörös vízhasználat, az alacsony karbonlábnyom és a közösségi részvétel lehetősége. Az Earthshippek a zero közüzemi költség és a saját élelemtermelés révén valódi alternatívát kínálnak a klímatudatos lakhatás számára. Kritikusai ugyanakkor rámutatnak a helyi klímától való függőségre – például a párák, felhők vagy hideg éghajlaton nem minden rendszer működik hatékonyan –, a kivitelezés kézimunka-igényére, valamint arra, hogy a magas belépési költség és a jogszabályi környezet gyakran akadályozza az engedélyeztetést (Zars 2019; GBA 2020). Emellett a technológiai fenntartás, különösen a smart funkciók esetén, komoly infrastruktúra- és karbantartási igényt jelenthet, ami ellentmond az eredeti alacsony technológiás ethosznak (Mohamed 2023).

A jövő szempontjából a Smart Earthship City nem univerzális modellként, hanem kísérleti laboratóriumként és decentralizált lakhatási prototípusként kínál alternatívát. A városi peremzónákban, szatellitikus közösségek formájában, vagy kistelepülések önálló részeként reális lehetőségként jelenik meg. A természet logikájára

hangolt, de technológiailag érzékeny, modulárisan skálázható Earthship-városok így nem pusztán lakhatási alternatívát kínálnak, hanem a városi ökoszisztéma új értelmezését is (Mohamed 2023).

Permakultúra: etikus rendszerek tervezése

A permakultúra az 1970-es évektől kibontakozó ökológiai tervezési szemlélet, mely az emberi tevékenységeket a természet önszabályozó mintázataihoz igazítva igyekszik kialakítani fenntartható és etikus életformákat. A kifejezést Bill Mollison és David Holmgren vezették be, a *permanent agriculture*, azaz *tartós mezőgazdaság* és a *permanent culture*, azaz *fenntartható kultúra* fogalmak összevonásaként, céljuk pedig nem csupán alternatív mezőgazdasági módszerek megalkotása volt, hanem egy holisztikus társadalmi rendszer konstruálása (Mollison 1988).

A permakultúra rendszerszintű gondolkodása szerint az ökoszisztémák összekapcsolt és együttműködő elemekből állnak, melyek mintázatai a társadalmi és technológiai struktúrákra is alkalmazhatók. A modell nemcsak gazdaságilag és környezetileg fenntartható, hanem etikai alapelveket is deklarál: a föld gondozása, az emberek gondozása, valamint a megtermelt többlet igazságos újraelosztása (Holmgren 2002). Ezáltal a permakultúra nemcsak módszertan, hanem normatív vízió is egy ökológikus társadalomról.

A permakultúra tervezésében az emberi élet nem független a természeti környezettől, hanem a természet médiumán keresztül valósul meg: az élő rendszerek nem csupán erőforrásként, hanem társtervezőként jelennek meg. Ez a megközelítés túlmutat a technikai optimalizáción, és egy kognitív-morális kapcsolathálót feltételez az ember és környezete között (Ferguson és Lovell 2014). Ebben az értelemben a permakultúra a biomédia tágabb értelmezési keretébe is illeszkedik, ahol az élet nemcsak biológiai, hanem episztemológiai és etikai médiumként is értelmezhető.

A permakultúra gyakorlatai – mint az erdőkertek, passzív vízgazdálkodás, komposztálás vagy társított növénytelepítés – nemcsak funkcionális utánpótlás, hanem pantomimikriként is leírhatók: a természet viselkedésének intermediális és performatív utánpótlásai. Az ilyen rendszerek nem egyszerűen másolnak valamit a természetből, hanem a természet logikáját közvetítik más anyaghasználati, időbeli és kulturális szinteken. A permakultúra így a biomédiális gondolkodás egy materiális és viselkedésalapú aspektusát reprezentálja, ahol az élet maga válik tervezett médiumként olvashatóvá.

A permakultúra tehát nem csupán egy tervezési módszertan, hanem a természet mint médium filozófiájának gyakorlati manifesztációja: az élő rendszerek nem reprezentálva vannak, hanem intermediólisan működnek – energiát gyűjtenek, anyagokat áramoltatnak, tudást közvetítenek. E szemlélet hazai kontextusban is megtalálja ökológiai rezonanciáit: a Zsámboki Biokert vegyszermentes zöldségtermesztést valósít meg, illetve a természet logikájára épülő, közösségi alapú agroökológiai modellt is. A kert működése – közösségi napjai, oktatási programjai, tudásmegosztó eseményei – a permakultúra elveinek materiális és társadalmi szintű kiterjesztéseként értelmezhető. A Zsámboki Biokert így amellett, hogy egy gazdasági egység, lokális biomediális laboratórium, ahol az élet mint médium konkrét és fenntartható struktúrákban testesül meg.

5.2.2. Alacsony technológia, technokritika, újrahasznosítás és ökológiai médiarendszerek

A technológiai fejlődés nemcsak eszközöket, hanem világtérképezési módokat is létrehoz. A biomédia kontextusában különösen fontos megérteni, hogy a technika nem semleges háttér, hanem aktív formálója az élet, az anyag és az ökológia fogalmainak. Miközben a high-tech biotechnológiák az élet programozását és manipulálhatóságát helyezik előtérbe, egyre nagyobb figyelmet kapnak azok a low-tech irányzatok, melyek épp a technológia korlátozásán, újrahasználatán és decentralizált, közösségi formáin keresztül keresik az anyaghoz és az élőhöz fűződő alternatív viszonyokat. E technokritikai és anyag-érzékeny gyakorlatok nemcsak a fenntarthatóság esztétikáit alakítják, hanem új érzékelési és etikai horizontokat is nyitnak a design, a média és a társadalmi ökológia számára.

Low-tech

A XX. század végén megjelenő alacsony technológiai (*low-tech*) irányzatok nem csupán műszaki minimalizmust képviselnek, hanem a technológia és természet viszonyának kritikai újragondolását is. A decentralizált, javítható, energiahatékony rendszerek révén e mozgalmak – mint a Drop City, az Earthship-építészet vagy a Whole Earth Catalog köre – az ökológiai tudást materiális gyakorlatokba fordítják át, és az életet nem absztrakcióként, hanem működtetendő, anyagi rendszerként értelmezik (Illich 1973; Brand 1968; Bihouix 2020).

A low-tech szemlélet nemcsak ökológiai alternatíva, hanem technokritikai állásfoglalás is: elutasítja a modern technológia ipari és piaci determináltságát, és helyette egy relációs, közösségi és fenntartható ember–technika–természet viszonyt képvisel (Schumacher 1973; Escobar 2018). A technológia itt nem semleges eszköz, hanem morális és ökológiai következményekkel bíró médium – ugyanúgy, ahogy a biomédia kontextusában az élet is médiumként artikulálódik (Parikka 2010; Haraway 2016).

A Low-tech Magazine napenergiával működtetett weboldala jól példázza, hogyan válhat a médium maga az üzenetté: az alacsony erőforrásigény itt nem csupán technikai korlátozás vagy archaizáló design, hanem tudatos ökológiai állásfoglalás. A honlap szándékosan

*A Low Tech Magazine
napelemmel
működtetett minimál
weboldala*



egyszerű vizuális világa – monokróm képek, statikus oldalstruktúra, minimális JavaScript – a digitális túlfogyasztás kritikájaként is értelmezhető. A weboldal csak akkor érhető el, ha a spanyolországi szervereket működtető napelemek elegendő energiát termelnek: így a látogató közvetlenül szembesül az infrastruktúra sérülékenységeivel és a technológiai fogyasztás környezeti hatáiraival. A Low-tech Magazine tehát nemcsak tartalmában, hanem működés módjában is azt demonstrálja, hogy a médium maga válhat kritikává – nem reprezentálja, hanem performálja az ökológiai elköteleződést.

Javításkultúra és újrahasznosítás mint ökológiai designelv

Az alacsony technológiás gondolkodás nem választható el az újrahasználat és javíthatóság gyakorlataitól, melyek a hulladékot nem eldobandó végpontként, hanem potenciális anyagbankként kezelik. A javításkultúra (*repair culture*) és az újrafelhasználáson alapuló tervezés (*reuse design*) etikai alapelve szerint minden tárgyban benne rejlik a meghosszabbított élettartam lehetősége – ez a szemléletmód nemcsak az anyaghoz való viszonyt, hanem a technológiához és az időhöz való hozzáállást is újrendezi (Jackson 2014; Gabrys 2013).

A XXI. század elejére számos mozgalom jelent meg, melyek az újrahasznosítás és önépítés köré szerveződtek, a kreatív újrafelhasználás takarékosági és politikai gesztusaként is értelmezve. Ilyenek például a Precious Plastic közösségi műhelyei, ahol háztartási műanyagokból nyílt forráskódú eszközökkel készítenek új tárgyakat, vagy a Repair Café hálózat, mely világszerte kínál teret a közösségi javításra. Ezek a mozgalmak a technológia fekete dobozát próbálják visszanyitni: a professzionizált technikai tudást visszajuttatni a laikus kezekbe, és ezzel demokratizálni az anyag feletti kontrollt (Kera 2014).

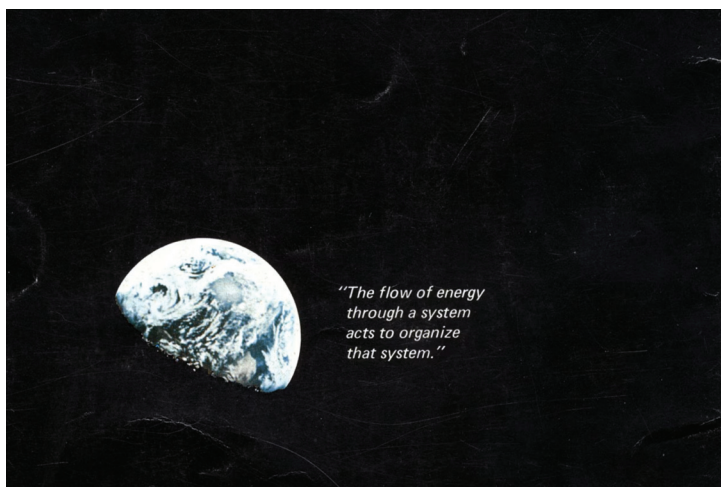
Az újrahasznosító design sok esetben intermediális gyakorlattá is válik: az újrahasznosított tárgyak azon túl, hogy fizikailag megújulnak, kulturálisan és esztétikailag is újrapozicionálódnak. A *junk-art*, a *trash-design* vagy az *upcycling* mellett, hogy stílusjegyek és egyben kritikai újráirásai a fogyasztói normáknak.

Ezek a mozgalmak technológiai alternatívát kínálnak és társadalmi ökoszisztémákat is építenek, ahol a tudásmegosztás, a közös tanulás és a materiális környezettel való felelős kapcsolat alapelvvé válik. Az anyag itt hordozó és interfész lesz ember és természet között – egy olyan médium, melyen keresztül újra lehet gondolni a javítás, fenntartás és gondoskodás gyakorlatait.

5.2.4. *Whole Earth Catalog: ökoszisztémák a hálózaton*

Stewart Brand 1968-ban indította útjára a *Whole Earth Catalog* (Teljes földkatalógus) című kiadványt, mely a technológiai eszközöket és az ellenkulturális ideológiát egyesítette egy közösségi tudásplatform formájában. A katalógus nem csupán egy válogatott eszköztár volt, hanem a Drop Cityhez és más kísérleti közösségekhez kapcsolódó ideológiai és gyakorlati háttéranyagként is szolgált. Az *Access to Tools* (Eszközökhöz való hozzáférés lehetősége) jelszóval Brand egy olyan

világképet propagált, mely a decentralizált információmegosztásra, önrendelkezésre és az ökológiai-technológiai tudatosságra épült.



*A Whole Earth Catalog
hátsó borítója, 1968*

A *Whole Earth Catalog* nem a fogyasztás ősztönzését, hanem az autonóm, önszerveződő közösségek kialakítását célozta. A katalógus változtatott eszközökön és tudáselemeken keresztül segítette az olvasókat abban, hogy önálló döntéseket hozzanak életmódjukról, technológiai választásaikról és közösségi szerveződéseikről. Ahogy Steve Jobs fogalmazott: „Google volt papíron, a Google előtt.”

Brand közvetlen kapcsolatot ápolott Buckminster Fullerre és Marshall McLuhannal, akikhez hasonlóan ő is a rendszerszintű gondolkodás és az ökológiai hálózatok felől közelített a modern technológiához. A *Whole Earth Catalog* médiummá, sőt életformává vált: egyfajta preinternet ökológiai hálózattá, mely az élő rendszerek, a technológia és az emberi kreativitás szinergiáit hangsúlyozta (Turner 2006).

A katalógus kulturális jelentőségét jól példázza Brand híres kampánya, melynek során a NASA-tól követelte egy teljes földet ábrázoló űrfelvétel nyilvánosságra hozatalát: „Miért nem láttunk még egyetlen fényképet sem az egész Földről?” – hangzott a kiáltvány. Ez a vizuális gesztus hozzájárult a teljesföld-szemlélet (*Whole Earth perspective*) néven ismert újfajta bolygósztintű tudatosság kialakulásához, mely a földet törekény, összefüggő rendszerként jelenítette meg – szimbolikus és politikai szinten egyaránt.

Brand későbbi kezdeményezései tovább vitték e gondolkodás örökségét. A *Long Now Foundation* (1996), a *WELL* (az egyik első online

közösségi tér), a *Global Business Network* és az *All Species Foundation* egyaránt a hosszú távú civilizációs gondolkodás, az evolúciós nézőpont és a környezeti felelősségvállalás kultúráját igyekezett megerősíteni. A *Long Now* projekt legismertebb manifesztuma a tízezer évig működő, hegybe épített mechanikus óra, mely a jövő idő horizontjának radikális kitágítását szimbolizálja (Brand 2001).

A kétezres évektől Brand a vitatott, de jelentőségteljes ökopragmatista álláspont képviselőjévé vált. Elfogadta olyan technológiák, mint a GMO vagy az atomenergia alkalmazását is, melyek szerinte hozzájárulhatnak a globális környezeti válság enyhítéséhez – így szembemenve a hagyományos zöld közösségek álláspontjával. A Brandről készült 2022-es könyv és riportfilm, a *Whole Earth: The Many Lives of Stewart Brand*, szintén ezt az intellektuális ívet és kulturális hatást dokumentálja: a természet, a technológia és a társadalmi kísérletezés egymásba fonódó rendszerei alkotják az életmű lényegét (Markoff 2022).

5.3. Ökoművészet és taktikai beavatkozások

Az ökológiai rendszerekhez való művészi viszonyulás az elmúlt évtizedekben radikális áttrendeződésen ment keresztül: míg a korábbi fejezetek az ökológiai gondolkodás építészeti és tervezési manifesztációit vizsgálták, most olyan művészeti gyakorlatokra fordítjuk a figyelmet, melyek az ökológiai rendszereket nem pusztán ábrázolt témaként, hanem művészeti médiumként, társalkotóként és kritikai diskurzus tárgyaként kezelik. E megközelítések túlmutatnak a hagyományos ökoművészet kategóriáján: egy intermedialis, rendszerérzékeny és poszthumán érzékenységgű gondolkodás felé nyitnak, melyben a természet nem a reprezentáció passzív tárgya, hanem társadalmi, politikai és technológiai viszonyrendszerek aktív formálója.

A bemutatott művészi pozíciók – Agnes Denes konceptuális ökoszisztéma-művészete, a Critical Art Ensemble technokritikai és bioaktivista beavatkozásai, valamint Tomás Saraceno és Olafur Eliasson érzéki ökológiái – eltérő időszakokat fednek le, és így jól kirajzolják az ökomediális szemlélet fokozatos térnyerését. Agnes Denes már az 1970-es évektől dolgozik olyan projekteken, melyek a természetet élő, térbeli és időbeli rendszerként integrálják a műalkotásba. A CAE a 1990-es évek végétől a globális biopolitikai kontroll és az ökológiai tudás hatalmi dinamikáit teszi láthatóvá, míg Saraceno és Eliasson a 2010-es évektől kezdve az érzékelés és az atmoszferikus tér médiumain keresztül fogalmazzák újra az ember–természet relációt. Saraceno

például planetáris hálózati struktúrákkal dolgozik, míg Eliasson atmoszferikus installációi a kollektív test és klímaélmény új formáit teszik érzékelhetővé.

E gyakorlatok nemcsak a természethez fűződő viszonyt tematizálják, hanem magát a médiumhasználatot is újradefiniálják. A természet nem reprezentációs tartalomként, hanem kritikai, intermediális és performatív eszközként működik. A művészet nem ábrázol, hanem beavatkozik; nem tükröz, hanem társalkot. Az ökológiai rendszerek médiumként való értelmezése révén új elméleti és esztétikai nyelv születik, melyben az élővilág viselkedése, ideje és anyagsága az alkotás szerves részévé válik. E viszonyulás újragondolja a természet és művészet kapcsolatát: a természet nem tárgy, hanem médium és aktor, mely saját viszonyrendszereivel és anyagciklusaival formálja a művészi folyamatot.

Az ökoművészeti médiumhasználat ebben az értelmezésben nem statikus, hanem rendszerérzékeny és viselkedő: olyan ideiglenes szerveződések jönnek létre, melyek ökológiai ciklusokban működnek és performatív módon reagálnak környezetükre. A művészeti praxis pedig nem csupán esztétikai gesztus, hanem etikai és politikai beavatkozásként is értelmezhető – egy olyan aktusként, mely az élő környezettel való együttélés lehetőségeit ábrázolja, és egyúttal érzékelhetővé is teszi. A következő alfejezetek olyan alkotói attitűdöket mutatnak be, melyek az ökológiai rendszereket nemcsak inspirációként, hanem mediális és kritikai társszereplőként értelmezik – egy olyan művészeti nyelv felé mozdulva el, mely nemcsak új természetfogalmat, hanem új médium- és művészetfogalmat is javasol.

Ezek a művészeti pozíciók nem egyetlen mimikriformát testesítenek meg, hanem dinamikusan mozgó, egymást átható mimetikus logikák szerint működnek. A természet egyszerre jelenik meg tudásforrásként, affektív társként és rendszerszintű relációs hálóként. A Critical Art Ensemble beavatkozásai például az episztemomimikri értelmében működnek: a biopolitikai kontroll rendszereinek feltérképezése és az ökológiai tudás hatalmi szerkezetének kritikája révén. Olafur Eliasson atmoszferikus installációi animamimikriként értelmezhetők, melyek az érzékelésen és kollektív testélményen keresztül alakítják a természethez fűződő viszonyt. Tomás Saraceno planetáris hálózatai és Agnes Denes ökoszisztémikus projektjei pedig pantomimikriként működnek: nem másolatokat hoznak létre, hanem ökológiai viszonyrendszerekre hangolódnak rá, azok belső logikái alapján szerveződnek. Az ökológiai művészet médiumhasználatát tehát nemcsak technikai vagy esztétikai gesztus, hanem mimetikus etika is:

a természethez való viszony újraszervezése az anyag, az érzékelés és a társadalmi képzelet szintjén egyaránt.

5.3.1. Agnes Denes és az ökoszisztéma-művészet – természet alkotótárs

Az előzőekben tárgyalt ökológiai prototípusok és tervezési rendszerek után az ökoművészet azon formáit vizsgáljuk, melyek a természetet nemcsak inspirációként vagy működési modellként, hanem konceptuális és intermedialis médiumként alkalmazzák. Agnes Denes munkássága e kettő között helyezkedik el: projektjei egyszerre építenek rendszerszintű ökológiai gondolkodásra és a művészet kritikai, jövőorientált diskurzusára.

Agnes Denes, magyar származású, de az Egyesült Államokban élő és dolgozó képzőművész a konceptuális művészet egyik úttörője, akinek munkái a környezeti gondolkodást tematizálják és mediálisan és térbelileg is újraszervezik. Művészete különösen erős példája annak, hogyan válhat az ökológiai rendszer társszereplővé a művészeti folyamatban.

Leghíresebb munkája, az 1982-ben növesztett *Wheatfield—A Confrontation* (Búzamező – Egy konfrontáció) egyfajta ökológiai gesztusként értelmezhető: a művész kétholdnyi búzát ültetett New York pénzügyi negyedének közepén, a World Trade Center árnyékában. A projekt

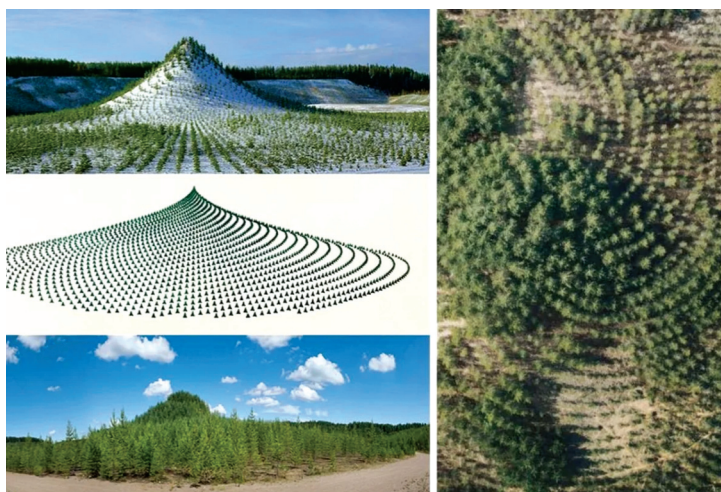


*Agnes Denes:
Wheatfield –
A Confrontation, 1982*

az ökológiai és városi tér radikális átértelmezése, illetve a globális élelmiszerrendszer, a földhasználat és a gazdasági érték fogalmainak kritikai újratárgyalása. A búzatábla itt nem metafora, konkrét

ökoszisztéma, mely életciklusán keresztül új időbeli és anyagi viszonyokat hozott létre a városi szövetben.

Denes munkája a biomédiális gondolkodás szempontjából is jelentős: a természet nem mint reprezentációs tartalom, intermediális együttműködő. A Wheatfield egyszerre működött élő rendszerként,



Agnes Denes:
Tree Mountain – A Living Time Capsule,
1992–1996.
Ylöjärvi, Finnország

társadalmi beavatkozásként és elméleti állásfoglalásként – egy olyan nyelven, melyben az élet maga a közlés médiuma. A projekt így anyagciklusokon, ökológiai kölcsönhatásokon és időbeli folyamatokon keresztül performatívan is működött.

Agnes Denes további munkái – mint a *Tree Mountain – A Living Time Capsule* (A fák hegye – egy élő időkapszula), ahol 1992 és 1996 közt tízezer fát ültettek el egy spirális földtájműben Finnországban – még inkább hangsúlyozzák az időbeliség és a regeneratív folyamatok szerepét. Denes itt már nemcsak városi beavatkozásokban gondolkodik, hanem a planetáris ökoszisztémák hosszú távú megtervezésében, ahol az emberi alkotás és a természetes növekedés egymásba ágyazott rendszert hoz létre.

Denes munkássága tehát az ökológiai művészet azon irányzatát képviseli, ahol a természet a médium és üzenet egyaránt – s ahol a művészet nem reprezentálja, hanem együttműködve formálja a környezeti valóságot. Denes projektjei azon túl, hogy esztétikai vagy konceptuális ökoművészet, olyan intermediális ökoszisztémák, melyek mímelik és működtetik is az ökológiai rendszert. Ez tipikus példája a pantomimikri alkalmazásának a művészetben, különösen annak szim-bolikus, és biopolitikai vetületeiben is.

5.3.2. Critical Art Ensemble – technokritikai és ökoaktivista művészet

A Critical Art Ensemble (CAE) az 1990-es évektől működő művészkollektíva, mely a technológia, hatalom és ökológia összefüggéseit vizsgálja, gyakran performatív és kritikai eszközökkel. Munkáik ötvözik a biohackinget, a médiaaktivizmust és a kritikai pedagógiát – azzal a céllal, hogy láthatóvá tegyék azokat a rejtett infrastruktúrákat és hatalmi mechanizmusokat, melyek az ökológiai és biopolitikai kontrollt működtetik.

Kiemelt projektjük például a Free Range Grain (2003), melyben mobil laboratóriumot állítottak fel, és GM-növényeket vizsgáltak szupermarketek termékeiben – ezzel nemcsak a biotechnológiai átláthatóság hiányára hívták fel a figyelmet, hanem a tudomány mint hatalmi médium kérdésességére is. A CAE munkái nem reprezentálnak, hanem interveniálnak: az ökológiai krízist nem statikus tárgyként, hanem politikai küzdőterként értelmezik.

A CAE példája jól illeszkedik az ökológiai médiumkritika tágabb keretébe: technológia, természet és társadalom határterületein működnek, miközben olyan művészi gyakorlatokat dolgoznak ki, melyek közvetlen társadalmi hatást céloznak. A CAE performatív beavatkozásai rendszerkritikai aktusok is: a természet feletti kontrollt gyakorló rendszerek működése ábrázolható és megkérdőjelezhető. A Free Range Grain projekt például a tudományos diskurzus és a laboratóriumi vizsgálat eszközeit játssza el, hogy megkérdőjelezze azok társadalmi függetlenségét és transzparenciáját. Ezáltal a CAE gyakorlata a taktikai médiumhasználat példája, mely az ökológiai rendszernek nemcsak témájává, hanem médiumává válik.

5.3.3. Érzéki ökológiák – természet mint atmoszferikus médium

Tomás Saraceno – érzéki ökológiák és a pókháló mint médium

Tomás Saraceno argentin képzőművész munkássága az ökológia, asztrofizika, kvantummechanika, biológia és művészet határtereit kutatja, gyakran interdiszciplináris együttműködésekben. Projektjei azokat a komplex rendszereket állítják fókuszba, melyek az emberi érzékelés határain kívül működnek, mégis alapvetően alakítják a föld ökológiai és légköri állapotait – ilyenek például a pókhálók, a por, a vibráció vagy a levegő áramlása (Hennessy 2022). Saraceno művészete

Bruno Latour értelmezésében egyfajta vizuális filozófiai kísérlet, mely képes újragondolni a hálózatok és atmoszferikus burkok viszonyát a globalizáció elvont fogalma helyett egy érzéki, kapcsolati és fizikai térérzékelés révén (Latour 2011).



*Tomas Saraceno:
Hybrid Webs.
Palais de Tokyo, 2018.
Fotó: Blaumann Edit*

Saraceno célja, hogy új érzékelési módszereken keresztül közelebb hozza a közönséghez ezeket a nem emberi ügynököket. Több installációja hanggá alakítja a pókok által generált rezgéseket, vizualizálja

a levegőszennyezést, vagy meteorológiai adatokat és planetáris kapcsolatokat tesz hallhatóvá és láthatóvá. Ebben a megközelítésben a pókháló nemcsak anyagként, hanem interaktív és szemiotikai médiumként jelenik meg: egy olyan kapcsolódási struktúraként, mely rezgéseken keresztül kommunikációt, kollektív működést és érzékelést közvetít.

Kiemelkedő projektje a *Hybrid Webs* sorozat (2010–2018), melyben különböző társas és magányosan élő pókfajokat helyez el egy kontrollált, háromdimenziós térbe. A fajok egymásra hatásával hibrid hálózatok jönnek létre, melyek nemcsak biológiai, hanem térbeli és ökológiai kísérletekként is értelmezhetők. A pókhálók ebben az értelmezésben az állatok érzékszervi és kognitív rendszerének kiterjesztései: lakhely, hangszer, adatközlő felület, melyek érzékenyen reagálnak a környezet mikrováltozásaira. A projektek során a pókok együtt szövik a tereket, saját koreográfiájuk és szociális viselkedésük alapján, ezáltal a háló maga válik a kollektív élő lét és együttélés metaforájává (Studio Tomás Saraceno 2025).

A projekt fontos etikai implikációkkal is bír, hiszen az együttműködés nem emberi résztvevői szerzőként jelennek meg, nevük az alkotás címében is feltűnik, a térbe telepítésük pedig nem kényszerítő, hanem meghíváson alapuló aktus. A *Hybrid Webs* sorozat így nemcsak a pók-félék lenyűgöző világát mutatja meg, hanem egy újfajta, több mint emberi (*more-than-human*) viszonyulásmód lehetőségét is felvillantja – egy olyan művészeti gyakorlatot, mely az interszubjektív tér helyett egy fajok közötti ökológiai etikát céloz meg. Ez a megközelítés illeszkedik a kortárs poszthumán gondolkodás azon irányához, mely az emberi érzékelést és ügynökséget a nem emberi létezőkkel való kapcsolat-rendszerek részeként vizsgálja (Braidotti 2013; Tsing et al. 2017). Saraceno munkásságában ez a szemléletmód abban is tetten érhető, hogy az esztétikai tapasztalat már nem kizárólag az emberi észlelés horizontján belül értelmeződik, hanem egyfajta etikai állásfoglalásként is, mely figyelembe veszi az ökológiai rendszerek láthatatlan, de alapvető résztvevőit is.

Saraceno művészetében az emberközpontúság lebontása válik hangsúlyossá, mely az érzékelés és a világban való részvétel újragondolására ösztönöz. Ebben a szemléletben az esztétika nem pusztán vizuális élmény, hanem etikai pozícióvá is válik: arra irányítja a figyelmet, hogy a világ értelmezésekor az emberi szempontok mellett figyelembe kell venni a környezet sokféle, gyakran rejtett, mégis ható szereplőit is.

Atmoszferikus érzékelés és kollektív test – Olafur Eliasson

Olafur Eliasson dán–izlandi képzőművész installációi az érzékelésen alapuló környezeti tudatosságot állítják középpontba. Munkái – például a híres *The Weather Project* (2003) vagy a *Beauty* (1993) – a fény, a levegő, a pára és a hőmérséklet médiumait használják fel arra, hogy átélhetővé tegyék az atmoszferikus és planetáris folyamatokat. Eliasson praxisában az érzéki tapasztalat nem pusztán esztétikai, hanem ökológiai és episztemológiai jelentőséggel bír: a percepció módosítása az ökológiai viszonyulás újragondolásának eszközeként működik. Művei így az interdiszciplináris környezeti bölcsésszet irányzat kritikai kereteibe illeszkednek, miközben a nézők testi jelenlétét is aktivizálják, performatív tapasztalattá alakítva a környezethez fűződő viszonyt.

The Weather Project (2003) című ikonikus installációja hasonlóan a kollektív érzékelés és az ökológiai tudatosság kapcsolatát vizsgálja. A londoni Tate Modern Turbine Halljában létrehozott mesterséges nap, köd és fénykompozíció atmoszferikus térként működött, melyben a látogatók fizikailag is részt vettek: a plafonra szerelt tükör a testek jelenlétét és a művi természet visszfényét egyszerre mutatta. Eliasson célja nem a természet illúziójának megteremtése volt, hanem annak performatív, társadalmilag konstruált és érzékelésen keresztül tapasztalhatóvá tett újradefiniálása. A klíma itt nem környezeti háttér, hanem affektív közeg, mely újfajta kollektív testtudatot aktivál (Bishop 2005).

Mindkét művész gyakorlatában közös, hogy a természet nem külső reprezentációként, hanem érzékelési és etikai relációként jelenik meg – mediális közegekként, melyek kapcsolatot létesítenek ember és több mint emberi világok között. Saraceno pókhálói és Eliasson mesterséges napja olyan újfajta érzékelési architektúrák, melyek nem csupán látványként működnek, hanem ökológiai viszonyulások médiumaiként.

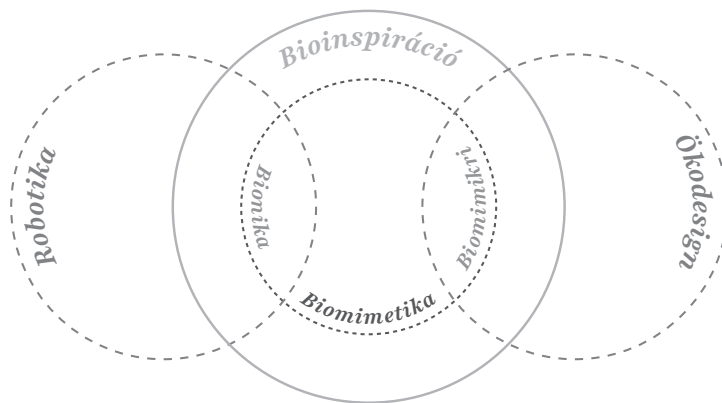
5.4. A természet mint modell – bionika, biomimikri

A XX. század közepétől a természetformák és élő rendszerek tanulmányozása új fordulatot vett: míg a korábbi biomorfizmus esztétikai és intuitív válaszokat adott a természetes alakzatokra, a bionika és biomimikri már rendszerszintű, tudományos alapú megközelítésként jelent meg. A természet immár nem csupán formakincs, hanem funkcionális és szerkezeti modell is: az adaptáció, hatékonyság, optimalizáció és önszabályozás logikája vált a tervezői gondolkodás kiindulópontjává (Vincent et al. 2006; Gruber 2011).

A biomimetika kifejezés születése az 1950-es évekre nyúlik vissza, amikor az amerikai fizikus és mérnök Otto Schmitt idegsejtek működését vizsgálva egy újfajta elektronikus áramkört dolgozott ki. A Schmitt-triggerként ismert kapcsolás a tintahal idegrendszerének működését utánozta, és alapvető fontosságúvá vált az analóg elektronikában. Schmitt ennek kapcsán alkotta meg a *biomimetics* fogalmát, mely akkor még elsősorban biológiai rendszerek mérnöki utánzására utalt – különösen az idegi, izom- és érzékszervi működések technológiai rekonstrukciójára.

Ez a korai, biofizikai orientációjú biomimikri megalapozta a későbbi bionikai fejlesztéseket, és fontos előzménye volt a természetalapú design komplexebb, ökológiai és esztétikai fordulatainak is.

A *bionika* kifejezést Jack E. Steele használta először 1958-ban. A szó a *biológia* és *mérnöki tudásrendszerek kapcsolatára* utal, és eredetileg az élő rendszerek működési elveinek technikai alkalmazását jelölte, különösen a haditechnika és robotika területén (Steele 1960). A *biomimetika* kifejezést hivatalosan az amerikai légierő kutatólaboratóriuma vezette be 1991-ben. Később a *biomimikri* Janine Benyus 1997-es könyve révén vált népszerűvé a design- és fenntarthatósági gondolkodásban, mely a ter-



A különböző fogalmak – mint a bionika, biomimetika, biomimikri és ökodesign – részben eltérő tudományos hagyományokból erednek, de egy közös ernyőfogalom, a bioinspiráció alá sorolhatók. A kapcsolatok és átfedések jól láthatók az ábrán, amely szerint a bionika inkább a mérnöki és robotikai alkalmazásokhoz áll közel, míg a biomimikri és az ökodesign inkább az ökológiai és fenntarthatósági megközelítéseket integrálja

mészet mint tanár, modell és mérce eszméjét hangsúlyozta – kiterjesztve a bionika mérnöki fókuszát az anyagtudományra, ökológiára, építészetre és társadalmi rendszerekre is. Ezek a terminusok gyakran keverednek, eltérő súlypontokat helyeznek a formai, funkcionális vagy rendszerszintű tanulásra (Benyus 1997; Vincent et al. 2006).

Eszméletbeli elmozdulás azóta is újabb és újabb tervezési ágakat szült. A természetalapú struktúrák mérnöki adaptációja, az algoritmikus, bioalapú tervezési eljárások, valamint a természetes folyamatokat és

ökoszisztémákat utánzó rendszerek egyre inkább meghatározzák a kortárs design és építészet biomorf stratégiáit. Ez a fordulat nemcsak technikai, hanem ontológiai jellegű is: a természet már nem külső referencia, hanem aktív, strukturális és viselkedési modell – vagyis a tervezés nem egyszerűen ábrázol, hanem *együttműködik* az élő formákkal és rendszerekkel.

A tépőzár feltalálása a bioinspirált design egyik legismertebb korai példája. 1941-ben a svájci mérnök, George de Mestral egy erdei séta során vette észre, hogy ruhájába és kutyája szőrébe apróbojtorjánok kapaszkodtak bele. Mikroszkóp alatt megvizsgálva a növény termését, azt találta, hogy az apró kampók szerkezete lehetővé teszi az anyagrostokba való erős kapaszkodást. E mechanikai elv alapján dolgozta ki a kampó–hurok típusú zárószervezetet, melyet ma tépőzárként ismerünk. Ez az eset kiváló példája annak, hogyan válhat egy ökológiai megfigyelés mérnöki és ipari újítássá, és hogyan válhat egy élőlény adaptív megoldása technológiai innováció forrásává.

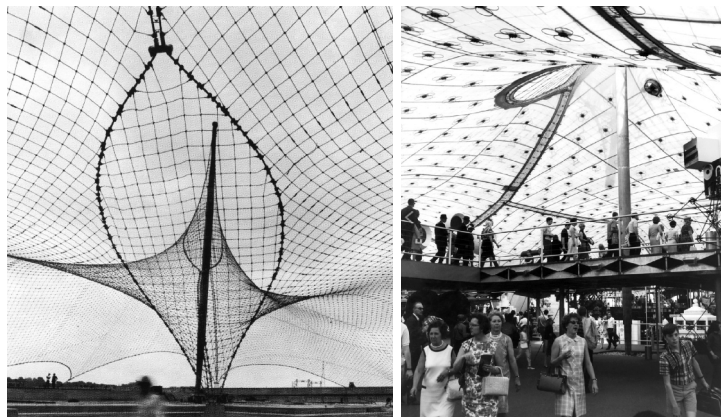
5.4.1. A bionikus struktúrák mérnöki és építészeti úttörői

A bionika építészeti alkalmazása nem pusztán formai utánzás, hanem a természet szerkezeti és működési elveinek mérnöki interpretációja is. A XX. század második felében kibontakozó szemléletváltás során az építészek és mérnökök egyre inkább a biológiai rendszerek viselkedéséből, energia használatával és strukturális logikájából merítettek. E bionikus gondolkodás célja, túllépve az esztétikai hatáson, az anyaghasználat, energiahatékonyság és szerkezeti adaptivitás optimalizálása volt. A következő alfejezetek e fordulat meghatározó alakjait és példáit vizsgálják, Frei Ottótól a kortárs bionikai mérnöki innovációkig.

Frei Otto és a biológiai struktúrák építészete

A bionika építészeti alkalmazása már az 1960–1970-es években megkezdődött. A XX. század második felében Frei Otto radikálisan új, természetalapú építészeti gondolkodást dolgozott ki, mely a technikai, filozófiai és társadalmi szempontokat egyaránt integrálta. Nem a monumentalitás, hanem a szerkezeti hatékonyság és a környezeti érzékenységgel vezette: Otto az építészetet a biológiai és természeti rendszerek tanulmányozásából származó formák és elvek alkalmazásaként értelmezte (Nerdinger 2005).

Fiatalon, a második világháború végén hadifogságba esett, ahol saját kezűleg épített sátrakat a minimális erőforrásokból – ez a tapasztalat döntően hatott filozófiájára és építészetére (Meissner et al. 2017).



*Frei Otto:
Német pavilon az 1967-es
világkiállításon.
Montreal, Kanada*

A háború utáni înszűkült időkben a könnyűszerkezetes, rugalmas és adaptív építészeti szükségesség is volt: Otto munkája így nem csupán elméleti, hanem egyszerre egzisztenciális válasz a gazdasági kényszerre és a rigid építészeti nyelvtől, a modernitás dogmáitól való elszakadás vágyára.

Miközben Európában a modern várostervezés fő áramát a CIAM (Congrès Internationaux d'Architecture Moderne) által képviselt tömegépítési és standardizálási logika határozza meg, Otto az egyedi, adaptív és ökológikus szervezőelvek felé fordul. 1958-ban tagja a GEAM (Groupe d'études d'architecture mobile) megalapítóinak, mely a városi terek személyre szabhatóságát és a biológiai struktúrák adaptív logikáit állítja középpontba (Escher 2016).

1961-ben Otto Gerhard Helmcke biológussal megalapítja a Berlieni Műszaki Egyetemen a *Biologie und Bauen* (Biológia és építés) nevű interdiszciplináris kutatócsoportot. A biológiai struktúrák tanulmányozása – például növényi szövetek, pókhálók vagy sejtfalak – a természetes optimalizálás elvein keresztül új építészeti megoldásokat inspirál. Otto szerint ezek a természet által megtalált formák a szerkezeti hatékonyság mintái (Burkhardt 2016).

Ebből a gondolkodásból nő ki a felfújott, pneumatikus membrán szerkezetek iránti érdeklődés. Ezek az elemek levegőnyomás révén tartják meg alakjukat, így kifejezetten könnyűek, rugalmasak és ökológiai szempontból is hatékonyak. Ilyen elveken alapul az 1971-es *Arctic City Envelope* koncepció is, mely szélsőséges klímákra fejlesztett, zárt városi burkot vizionál (Fabricius 2016).

Otto egyik legismertebb és legemblematikusabb projektje a montreali világkiállításra (Expo '67) készült német pavilon, mely egy rugalmas kábelrács és feszes membrán kombinációjaként valósul meg. A légies, áttört forma a hagyományos zártság helyett nyitottságot és könnyedséget sugall – strukturálisan és filozófiailag is (Glaeser 1972).

Öröksége nem csak az épületekben él tovább. Az *Eden Project* (2000), mely Michael Pawlyn és Nicholas Grimshaw közreműködésével jött létre, szintén Otto inspirációit viszi tovább: a buborékszerű kupolák, moduláris szerkesztés és geodéziai logika a természet struktúráit szimuláló élő rendszerként működik (Goldsmith 2016).



*Grimshaw Architects
és Arup: Eden Project,
2001. Cornwall,
England*

Utolsó nagyobb munkája az 1980-as *Madárház a Hellabrunni Állatkertben*, ahol egy acélhálós, áttetsző szerkezet alatt az emberi és nem emberi élővilág közötti határ minimálisra csökken. A kupola szerkezeti rendszere – nyomásban dolgozó rudak és húzott acélháló – az ökológus és etikus térhasználat példája (Murphy 2020).

Frei Otto építészete nem a természeti formák stilizált másolata, hanem a természet működésének mély megértésén alapuló strukturális nyelv – olyan vízió, melyben az épített környezet nem idegen test, hanem a környezettel együtt lélegző rendszer.

Természeti morfológiák: Speck, Calatrava és a bionikus szemlélet

A természetből származtatott szerkezeti mintázatok kutatása nem korlátozódott az organikus esztétikára: egyre inkább a struktúra és

működés felől vált inspirálóvá. A természeti rendszerek – növényi sejtszerkezetek, állati testformák, rovarok építkezési logikái – funkcionális és hatékony megoldásokat kínáltak az építészet és mérnöki tervezés számára.

Thomas Speck és munkatársai a *Journal of Bionic Engineering* hasábjain mutatták be, hogyan vezethet a növényi száraz és szöveti struktúrák elemzése új típusú, önhordó és adaptív tartószerkezetekhez. A növényi geometriák – például az oszlopként működő száraz belső szerkezete – dinamikus terhelési viszonyokhoz igazodó funkcionális formákat inspirálnak (Speck és Speck 2008).

Hasonló törekvések jellemzik Santiago Calatrava munkásságát is, aki a mérnöki és építészeti szemléletet a biomechanikai formák inspirációjával ötvözte. Az olyan szerkezetei, mint a *Lyon-Saint-Exupéry* repülőtér vagy a *Turning Torso*, a csontváz, izomzat és élő testek dinamikáját absztrahálják szerkezeti formává – a statikai logika és biológiai morfológia találkozásaként. Calatrava szerkezeteiben a bionika nem csupán technikai, hanem vizuális és szimbolikus médiumként is megjelenik – különösen azokban a projektekben, melyekben a csontvázak, izmok és ízületi rendszerek mozgásdinamikája válik strukturális elvvé (Jodidio 2013).

A növény- és állatvilág formai leképezése az ipari designban is megjelent. Az *El Tiburon Roadster* (1962) – vagyis a – Henry Covington tervezésében a cápa áramvonalas testformáját követi. Az ilyen járművek nem csupán esztétikai szempontból utánozzák a vízi élőlények formavilágát: a cápa testének légellenállást csökkentő geometriája konkrét mérnöki előnyt is biztosít. A biomorf aerodinamika így a funkcionalitás és esztétika bionikus egységeként jelenik meg.

A természet működésének komplex mechanizmusai nemcsak formai inspirációként szolgáltak, hanem egész rendszerek szervezésére is mintát adtak. Az *Eastgate Centre* (Harare és Pearce 1996) például a természetek passzív hűtési rendszerét alkalmazza a városi klímaszabályozásban – ventilátor és klímaberendezés nélkül. A természetes szellőzés mint építészeti stratégia itt nem metaforikus, hanem alkalmazott bionika.

Ezek a bionikus kezdeményezések nem csupán formai analógiákat alkalmaztak, hanem előkészítették azokat a digitális és algoritmikus eszközökkel támogatott biomimetikus tervezési irányokat, melyek a XXI. században új távlatokat nyitottak a természeti struktúrák mérnöki és designértelmezésében.

Henry Covington:
El Tiburon Roadster,
„The Shark”, 1962



Ezek a bionikus kezdeményezések nem csupán formai analógiákat alkalmaztak, hanem előkészítették azokat a digitális és algoritmikus eszközökkel támogatott biomimetikus tervezési irányokat, melyek a XXI. században új távlatokat nyitottak a természeti struktúrák mérnöki és designértelmezésében. Petra Gruber szerint ez a fordulat nemcsak formai és technikai, hanem ontológiai is: az építészet az élet formáiból tanul – nemcsak esztétikai inspirációként, hanem struktúraalkotó és környezeti interakcióként (Gruber 2011).

Funkcionális bionika – energia-, anyag- és rendszerhatékonyság

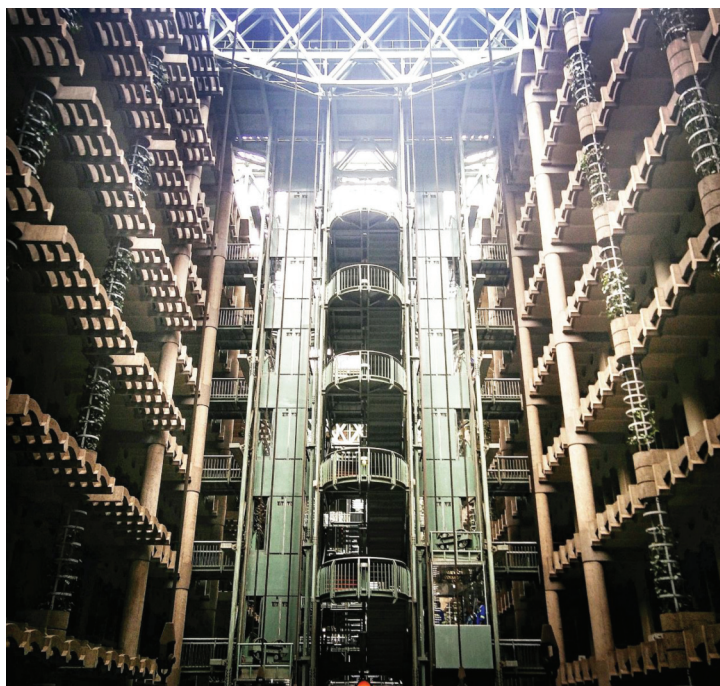
Az Eastgate Centre (1996, Harare, Zimbabwe, építész: Mick Pearce, mérnöki partner: Arup Engineers) az első olyan kereskedelmi épület, melyet a természet természetes hőszabályozása inspirált. A helyi *Macrotermes michaelseni* termeszek hűtési rendszere három alapelve épül: a természetes szellőzésre, a hőtárolásra és a porózus anyagok nedvességszabályozó képességére. Ezt komplex járatrendszerrel valósítják meg, mely a levegő irányított áramlását biztosítja, míg az agyagszerkezet a nappali hőt éjszaka sugározza vissza – biztosítva a stabil belső klímát (Abdullah et al. 2018).

Pearce ezt az elvet alkalmazta az Eastgate Centre tervezésében: a tömör falak hőtárolóként működnek, a vertikálisan tagolt szellőzőrendszer pedig természetes huzathatással biztosítja a levegő cseréjét. Az eredmény egy tízemeletes irodaépület, mely légkondicionálás nélkül is

képes hőkomfortot nyújtani a trópusi éghajlat alatt, az energiafelhasználás töredékével.

A projektet gyakran idézi Michael Pawlyn, a *Biomimicry in Architecture* című alapmű szerzője, aki szerint az Eastgate a működésbeli biomimikri egyik legjobb példája. Pawlyn hangsúlyozza, hogy a természet nem formákat, hanem működési logikákat kínál inspirációként: a bionikus építészet célja nem a másolás, hanem az élő rendszerekhez hasonló hatékonyság, adaptivitás és integrált működés elérése. Az Eastgate nem utánozza a természetes alakját, hanem annak funkcionális elveit alkalmazza építészeti szinten.

Az élő rendszerek működésének adaptálása itt nemcsak technológiai újítás, hanem ökológiai és gazdasági racionalitás is. Az Eastgate Centre ezért a bionikus építészet egyik mérföldköve: olyan passzív klímastratégiákat alkalmaz, melyek előrevetítik a fenntartható és regeneratív építészet jövőjét.



*Eastgate.
Harare,
Zimbabwe, 1996*

Ahogy Pawlyn fogalmaz: „úgy tekinthetünk a természetre, mint egy katalógusra, melyben a termékek egy 3,8 milliárd éves kutatási-fejlesztési időszak eredményei. Tekintve ezt a befektetési szintet, van értelme hasznosítani eredményeit” (Pawlyn 2010). Ez a szemlélet nemcsak

építészeti, hanem ipari formatervezési kontextusban is megjelenik. Guillian Graves formatervező és Michka Melo biomérnök így alkotta meg a *Nautilé* vízforralót. A cél egy olyan háztartási tárgy létrehozása volt, mely minimális környezeti hatással működik – a biomimikri tehát itt is energia- és rendszerhatékonysági stratégiává válik. A vízforraló



Guillian Graves
és Michka Melo:
Nautilé vízforraló,
2015



tervezésében több élőlény adaptív stratégiája találkozott. A spirálisan tagolt belső tér a nautilus csigahéjára emlékeztet, és lehetővé teszi a víz egyenletes felfűtését, miközben hosszabb ideig tartja melegen.

A tukán csőrének összetett hőszabályozó rendszere a kiöntő rész kialakításában köszön vissza, mely optimalizálja a gőz áramlását és minimalizálja a hőveszteséget. A jegesmedve üreges szőrszálaiból inspirálódott hőszigetelési elv segít bent tartani a meleget, míg a természetes várák járatrendszere a passzív légáramlás révén járul hozzá az energiahatékony működéshez. A természetes rendszerek ilyen típusú kombinációja teszi a vízforralót példaértékű bionikus design-objektummá (Collet 2021).

Hasonló elven működött a sporttechnológia egyik legismertebb áttörése is: a Speedo Fastskin úszódressz, melyet a cápbőr mikroszkopikus pikkelyeinek (dermális dentikulák) áramlást csökkentő szerkezete ihletett. Ezek a természetes struktúrák a víz áramlását irányítva és a turbulenciát csökkentve segítik a cápa gyors úszását. A ruhák felszínét ennek mintájára nanoszerkezetű bordázattal látták el, mely a vízellenállást jelentősen csökkentette, különösen nagy sebességnél.

A 2008-as pekingi olimpián ezekben a dresszekben induló sportolók uralták a mezőnyt: 25 világrekord született, és a döntők jelentős részét Fastskin-ruhás versenyzők nyerték. A technológia annyira hatékonynak bizonyult, hogy a FINA 2010-ben szabálmódosítással tiltotta be az ilyen típusú, teljes testet fedő poliuretán ruhákat, maximálva



*Cápa bőr
mikroszkóp alatt*

az engedélyezett anyagokat és a fedett testfelület mértékét. A cápa bőrének működéselvét adaptáló öltözék így nemcsak a bionika gyakorlati alkalmazásának példája, hanem a sport és technológia közötti határ újragondolásának esete is (Han et al. 2016).

5.4.2. Bioinspirált parametrikus design

A természetes mintázatokra épülő formaalkotás a XXI. században új eszközökkel gazdagodott: a számítógépes szimuláció, a parametrikus modellezés és az algoritmikus tervezés lehetővé tette a komplex bionikus rendszerek valósághű leképezését. A digitális eszközök nem csupán a formagenerálást támogatják, hanem lehetőséget kínálnak a természetes struktúrák viselkedésének elemzésére és építészeti transzformációjára is.

A parametrikus tervezés olyan formaalkotási módszer, melyben a formát nem manuálisan, hanem szabályrendszerek és algoritmusok irányítják. Az ilyen tervezési folyamat során a térbeli geometriát és anyagi viselkedést szabályozó paramétereket (például gravitáció, terhelés, napfény iránya, növekedési mintázat stb.) digitálisan

határozzák meg. A tervező nem magát a végső formát rajzolja meg, hanem egy olyan logikai rendszert hoz létre, mely képes önállóan generálni és módosítani a formákat a paraméterek változtatásával.

Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy az építészeti struktúrák a természetes rendszerekhez hasonlóan rugalmasan reagáljanak környezeti változókra – például az energiaáramlásra, a hőmérsékletre vagy az anyagi erőhatásokra. A parametrikus design tehát nemcsak formai eszköz, hanem egyfajta tervezési intelligencia, mely a természet komplex adaptív viselkedését igyekszik leképezni és újraértelmezni az építészet nyelvén (Gruber 2011; Menges 2012).

Erre kínál emblematis példát a Pekingi Nemzeti Stadion – közismert nevén a *Bird's Nest* (2008) –, melyet Herzog és De Meuron tervezett Aj Vejvej művészi közreműködésével. A stadion formája a madárfészek struktúráját idézi, azonban a látszólag véletlenszerű acélrácsos szerkezet mögött parametrikusan tervezett térháló áll, mely a terhelés- és átláthatósági viszonyokat optimalizálja. A struktúra így nem csupán vizuális metafora, hanem egy digitálisan modellezett, természeti logikákat követő szerkezeti rendszer, mely a madárfészek komplex és adaptív hálós szerkezetét idézi vissza – algoritmikusan újragondolt formában. (Gruber 2011).

5.4.3. A biomimetika kettős politikai olvasata

A bionika és biomimikri politikailag és episztemológiai is terhelt pozíció. A természet mint modell két ellentétes értelmezési mezőben jelenik meg, melyek eltérő designstratégiákat és egyúttal eltérő világképeket is képviselnek. Az egyik az instrumentalizáló és technokratikus irány, e megközelítésben a természet, az élet egy megfejtendő kóddá, mérnöki algoritmussá vagy optimalizálható rendszerré redukálódik. A cél a hatékonyság, a kontroll és a hasznosítás. A természet itt adattá alakított készletként vagy szellemi tulajdonként jelenik meg – ahogyan azt a bioszabadalmak, ipari hasznosítások vagy öko-kapitalista projektek mutatják. Ez a paradigma a természetet erőforrásként kezeli, melyből technológiai és piaci előnyök kovácsolhatók. Idesorolható a tépőzár vagy a szuperhatékony cápaúszódressz. Ez a nézőpont erősen kapcsolódik a modernitás technokrata és racionalizáló hagyományához, ahol a természet esztétikai forrásból tudományos adatbázissá válik.

A másik megközelítés egy kritikus és reflexív ökológiai attitűd, mely nem a természet instrumentális kihasználására, hanem annak

megértésére és tiszteletére törekszik. Itt a biomimetika nem pusztán másol, hanem tanulni próbál a természet működéséből – az uralás helyett követni kívánja annak elveit. A tervezés etikai horizontja túllép a hatékonyságon az alkalmazkodás és felelősség irányába. E szemlélet szerint a természet több mint nyers adatmező vagy modellgyűjtemény: elismeri annak komplexitását, ökológiai összefüggéseit, illetve etikai példaként tekint rá. A Janine Benyus-féle hármastól a természet itt modell, mérce és mentor – nem eszköz, hanem tanító. Frei Otto, Buckminster Fuller munkássága vagy a Drop City tekinthető jó példának erre a szemléletre.

A két paradigma közötti különbség nemcsak tervezési megfontolásokban, hanem mélyebb világnézeti és ontológiai szinteken is megmutatkozik. Az első irányzat gyakran a *technonaturalizmus* csapdájába esik: a természetet digitálisan leképezhető és szimulálható rendszerként értelmezi, mely algoritmikus logikával rekonstruálható vagy felülírható. Ez az ökológia mint szimulatív mátrixfelfogás erősen jelen van a kortárs bioinformatikában és biodesignban – ahogyan azt Jussi Parikka is elemzi, az ökológiai gondolkodás és a számítástechnikai szimuláció összefonódása újfajta természetfogalmat termel (Parikka 2010). Az ilyen irányzatokban a biomimetika gyakran nem a természetből, hanem a természet szimulált képmásából tanul, így az ökológiai reprezentáció esztétikai vagy mérnöki eljárássá redukálódik.

Ezért elengedhetetlen a biomimetika politikai és episztemológiai olvasatainak reflexív értelmezése: hogy a természet ne váljon sem pusztán instrumentális modellé, sem ökológiai szimulákrummá, hanem megőrizhesse komplexitását, ellenállását és autonómiáját a designdiskurzuson belül is.

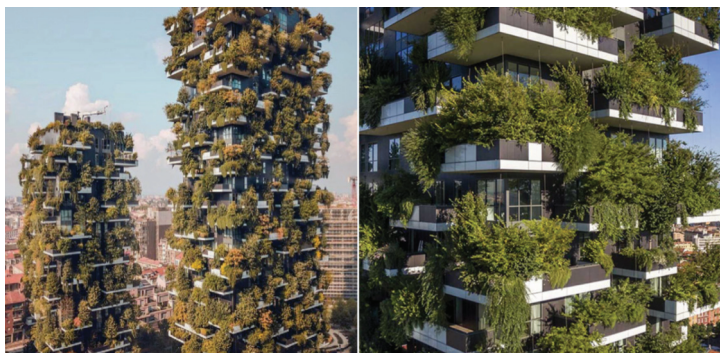
5.5. Építészet és biofilddesign: test, érzékelés, környezet

A biofilikus design a természethez való ősi vonzódás élményéből indul ki, s célja, hogy ezt az ösztönös kapcsolatot az épített környezetbe is visszavezze. Nem pusztán növényzettel borított felületekről vagy dekoratív zöldhomlokzatokról van szó, hanem a természetes elemek és rendszerek integrációjáról az emberi érzékelés és közérzet javítása érdekében. A biofilikus design alapja, hogy a természet közelsége csökkenti a stresszt, javítja a mentális egészséget, serkenti a figyelmet és fokozza a jóllétet – azaz pszichofiziológiai hatással van a testre és tudatra (Kellert, Heerwagen és Mador 2008). Az ilyen terek nemcsak funkcionálisak, hanem érzelmi és érzéki viszonyokat is újra-teremtnek.

E kritikai keretben különösen fontos, hogy a biofilikus tervezés ne váljon pusztán látványelemmé vagy öko-marketinstratégiává. A zöldfelületek építészeti integrálása önmagában nem garantál sem környezeti fenntarthatóságot, sem pszichoszomatikus hatékonyságot, ha a természethez való viszony csupán stilizált metaforákra korlátozódik. A biofilia tehát nem pusztán esztétikai kérdés, hanem etikai és ökológiai kihívás is, mely a test, az érzékelés és a környezet újrendezését igényli (Pallasmaa 2005).

Erre mutat példát a Bosco Verticale (Boeri Studio, Milánó, 2014), mely a biofilikus városi beavatkozások egyik legismertebb alakzata. A két toronyépület homlokzatán több mint kilencszáz fa és húszezer különböző növény kapott helyet, melyek nemcsak esztétikai funkcióval bírnak, hanem mikroklimatikus szabályozásra, a levegőminőség javítására és a városi biodiverzitás visszatelepítésére is alkalmasak. A projekt nem pusztán zöldhomlokzatként értelmezhető, hanem olyan életforma-kísérletként, mely az urbánus létezés és a természetes környezet közötti határt igyekszik elmosni.

*Boeri Studio:
Bosco Verticale, Milánó,
2014. In: Arch20*

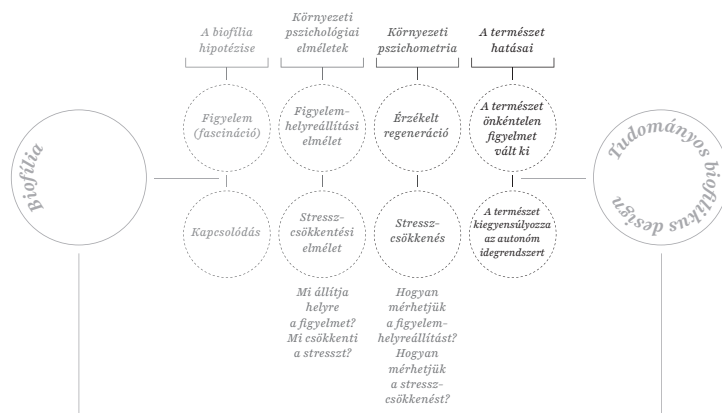


A Bosco Verticale ugyanakkor – sok hasonló projekthez hasonlóan – elsősorban egyfajta elit ökoesztétika reprezentációjává vált. Bár kétségkívül figyelemfelkeltő és környezetpszichológiai szempontból is jelentős, egyes kritikusai szerint csupán szimbolikus gesztus, mely nem oldja meg sem a társadalmi egyenlőtlenségeket, sem a városi ökoszisztémák mélyebb problémáit. A természet ebben a kontextusban könnyen a vágyott státusz, nem pedig a közösségi újraszervezés médiumává válik.

Ezzel szemben a Kampung Admiralty (WOHA Architects, Szingapúr, 2018) egy integrált, vertikális ökoszisztéma, ahol a biofilia nem csupán látványelem, hanem városi stratégia. A lakóépület, egészségügyi központ, piac, közösségi kert és nyilvános zöldterület egyetlen rétegzett

rendszerben szerveződik, ahol az építészet nem elválasztja, hanem összehangolja az emberi szükségleteket és az ökológiai folyamatokat. Az épület mikroklimatikus tervezése, vízvisszaforgatása és növénytakarója valóban hozzájárul a városi hőszigetelés csökkentéséhez, miközben a természetet mint élő infrastruktúrát értelmezi újra.

A biofilikus építészet kortárs kritikája szerint a természetes elemek beemelése gyakran inkább esztétikai szimulákrummá válik, mint valódi ökológiai beavatkozássá – különösen, ha hiányzik a rendszerszintű gondolkodás, az anyagciklusokra, energiamérlegre és társadalmi hozzáférésre is kiterjedő tervezés. A fenntarthatóság itt nem mérhető csupán a növények számában vagy a látványosság mértékében. A jövő biofilikus építészete ezért nem a természet visszahozását, hanem a természethez való viszony újraértelmezését tűzi ki célul: nem nosztalgikus imitációt, hanem kritikai ökológiai térszervezést.



Arper – Bettina Bolten
kutatása,
Europa Design

A biofilikus design célja a természethez való érzéki és mentális viszony újrendezése – nem a természet technikai működésének leképezése révén, hanem annak jelentéshordozó jelenlétének megidézésével. Henry Dicks pantomimikri-fogalma ebben a kontextusban arra utal, hogy a design nem az élő rendszerek működését adaptálja, hanem a természet kulturálisan megformált utánzását hozza létre: atmoszferikus, szimbolikus és emocionális karakterét idézi meg (Dicks 2023). A pantomimikri így nem funkcionális, hanem reprezentatív mimézis, melynek célja nem a kontroll, hanem a kapcsolatteremtés.

5.6. Természetalapú megoldások – a természet mint infrastruktúra

A biofilikus design érzékelési és pszichológiai dimenziójától eltérően a természetalapú megoldások (*nature-based solutions; NbS*) megközelítése

a természetet mint működő, funkcionális rendszert integrálja az építészetbe és az urbanisztikába. Az NbS a természeti folyamatok és ökoszisztémák technikai alkalmazásával próbál választ adni olyan komplex kihívásokra, mint a városi hőszigetetés, a légszennyezés, az árvízvédelem vagy a biodiverzitás csökkenése. Az Európai Bizottság meghatározása szerint a természetalapú megoldások olyan beavatkozások, melyek „természetes vagy módosított ökoszisztémákra támaszkodva kínálnak hatékony, adaptív és fenntartható válaszokat társadalmi kihívásokra” (European Commission 2021).

Az NbS szemlélete túlmutat a természet látványelemként való használatán: a cél nem a természet behozatala, hanem olyan rendszerek kialakítása, ahol az ökológiai funkciók szervesen épülnek be az infrastruktúrába. Ilyen például a zöldtetők, esőkertek, városi erdők vagy természetalapú vízelvezető rendszerek (*Sustainable Urban Drainage Systems; SUDS*), melyek egyszerre működnek ökológiai és műszaki elemként (Cohen-Shacham et al. 2016). A természet itt nem pusztán inspiráció, hanem strukturális és performatív szereplő.

A sikeres NbS-projektek egyik kiemelkedő példája a *Superkilen Park* (BIG + Topotek1 + Superflex, Koppenhága, 2012), mely nemcsak egy zöld közteret hozott létre, hanem társadalmi integrációs és klímavédelmi célokat is megvalósított. A projekt helyspecifikus növényzetet, vízmegtartó rendszereket és közösségi használatú zöldfelületeket alkalmaz, hozzájárulva a hőmérséklet-csökkentéshez, a csapadékvíz-kezeléshez és a társadalmi kohézióhoz (Kabisch et al. 2017). Egy másik példa a *Madrid Río* revitalizációs projektje, ahol a város alá süllyesztett autópálya helyén egy lineáris park és vízalapú zöld infrastruktúra jött létre, visszaállítva a Manzanares folyó ökológiai és rekreációs szerepét.

Míg a biofilikus design elsősorban az egyéni jóllétre és érzékelésre összpontosít, az NbS kollektív és rendszerszintű megközelítést alkalmaz. Nem a természethez való emocionális viszonyt hangsúlyozza, hanem annak operatív, regeneratív és adaptív képességeit emeli be a tervezésbe (Frantzeskaki et al. 2019). Ugyanakkor a természetalapú megoldások koncepciója sem mentes a kritikától: a természetet gyakran technokratikus eszközzé redukálja, ahol az ökológiai rendszerek értéke pusztán funkcionalitásukban mérhető (McPhearson, Kabisch és Frantzeskaki 2023). A kék-zöld infrastruktúra racionalizálása elhomályosíthatja a természet kiszámíthatatlanságát, anyagi ellenállását és kulturális jelentéstartalmait.

A biofilikus design és az NbS között így nem csupán esztétikai, hanem filozófiai és politikai különbségek húzódnak. Míg az előbbi az érzékelés

és atmoszféra szintjén teremti újra a természet közelségét, addig az utóbbi azt rendszerszinten próbálja beilleszteni a városi ökoszisztémák működésébe. A valóban fenntartható és érzékeny építészeti gyakorlatok szempontjából mindkét megközelítés csak akkor lehet érvényes, ha nem szimulakrumként vagy instrumentális eszközként, hanem a természet komplexitásának és másik voltának tiszteletben tartásával épül be a tervezési folyamatba.

<i>Szempont</i>	<i>Biofília</i>	<i>Természetalapú megoldások</i>
<i>Biomimetikai típus</i>	<i>Pantomimikri (kulturális mimézis)</i>	<i>Strukturális/ ökológiai mimikri</i>
<i>Természet szerepe</i>	<i>Jelentéshordozó érzéki kapcsolat</i>	<i>Funkcionális modell, ökorendszer</i>
<i>Cél</i>	<i>Érzelmi, pszichikus közelség</i>	<i>Ökológiai teljesítmény, adaptív rendszer</i>
<i>Tervezési logika</i>	<i>Atmoszféra, szimbolikus rezonancia</i>	<i>Infrastruktúra, rendszerszintű integráció</i>
<i>Kritikai kihívás</i>	<i>Esztétikai szimulakrum, elit ökoesztétika</i>	<i>Technokratikus redukció, ökoracionalizmus</i>

*Biofília és
természetalapú
megoldások
összehasonlítása
mimetikus
szempontból*

A természetalapú megoldások (NbS) a természetet mint operatív, rendszerszintű infrastruktúrát integrálják az építészetbe és a városi környezetbe. Henry Dicks elméletének fényében ez a megközelítés a biomimikri funkcionális és ökológiai típusához áll közel: a természet nem kulturális médiumként, hanem mérnöki modellként, strukturális és adaptív rendszerként jelenik meg. A cél nem a természet jelentéseinek vagy atmoszférájának megidézése, hanem annak élő rendszerekből tanult működésmintáinak technikai alkalmazása. A természet itt nem idézett, hanem implementált; nem kapcsolati, hanem performatív szereplő, mely a tervezés operatív logikájába illeszkedik.

5.7. A természet mint alapanyag – bioalapú design

Az anyaghasználat kérdése mára központi szerepet tölt be a fenntartható design, az anyagtudomány és az ökológiai építészet diskurzusaiban. A bioalapú anyagfejlesztés, a lebomló kompozitok, a növényi eredetű textíliák és a körkörös gazdasági modellre épülő terve-

zési rendszerek egyre fontosabb szereplőivé válnak a kortárs design innovációs mezőnyének. Ugyanakkor e fejezet nem ezekkel a törekvésekkel foglalkozik.

Nem célom a természetes anyagok műszaki vagy mérnöki szempontú elemzése, sem az, hogy az ökotudatos anyaghasználat stratégiáit soroljam fel. A természet mint alapanyag kérdése itt nem funkcionális, hanem kritikai, kulturális és érzéki dimenzióban jelenik meg. Azt vizsgálom, hogyan alakul át a természethez való viszony az anyagokon keresztül – milyen új narratívák, tapasztalati horizontok és etikai kérdésfelvetések jelennek meg azokban az alkotói gyakorlatokban, melyek érzékenyen és konceptuálisan közelítenek a természetes anyagokhoz. Az itt tárgyalt példák – Julia Lohmann és Zsófia Kollar munkái – nem a természet funkcionális hasznosításáról szólnak, hanem annak kérdéséről, hogy mi számít egyáltalán anyagnak, természetesnek, elfogadhatónak vagy láthatónak.

Julia Lohmann tervező és kutató munkássága a tengerből származó barnamoszatok (*Laminaria*) vizuális, anyagi és ökológiai lehetőségeit vizsgálja (Lohmann 2013). A *Department of Seaweed* című, 2013-ban alapított laboratóriumában az alga nemcsak mint biológiai nyersanyag jelenik meg, hanem mint társ, anyagtárs és diszkurzív szereplő.

Julia Lohmann:
Tengerialga-pavilon.
Nature—Cooper Hewitt
Design Triennial,
Davos World Economic
Forum, 2020.
Fotó: Christian
Clavadetscher / WEF



Lohmann szisztematikusan dolgozik azon, hogy a tengeri növények érzékeny anyaggként való kezelését beemelve a designkutatás és anyagfejlesztés fogalmi keretébe (Lohmann et al. 2020).

Az alga a szemléletében nem esztétikai különlegesség vagy dekoratív újítás, hanem kulturálisan marginalizált, ökológiailag radikális

alternatíva, mely képes újraírni a természethez való viszonyt. Az installációk, tárgyak és performatív műhelyek célja nem pusztán a formálás, hanem egy újfajta, anyagközpontú etikai érzékenység előmozdítása.

Kollár Zsófia textiltervező a *Human Material Loop* nevű projektjében egy másik irányból közelít a természet alapanyagkénti újraértelmezéséhez. Az emberi hajból készített fonal és textil nem biotechnológiai spekuláció vagy jövőkutatási vízió, hanem egy létező, iparilag megvalósítható alternatíva – mely ugyanakkor súlyos társadalmi, kulturális és pszicholó-



*Kollár Zsófia:
Trash is just raw
material in
the wrong place.
Fotó: Human Material
Loop Instagram*

giai kérdéseket vet fel (Kollar 2022). A haj mint alapanyag az emberi test természetének kitüntetett, mégis ambivalens darabja: életjel és hulladék, identitáshordozó és szennyeződés egyszerre. Kollar projektje nemcsak a textilipari pazarlásra reagál, hanem az anyaghoz való viszony társadalmi tabuját is tematizálja (Kollar és Veldhoen 2023). A haj a design nyelvén keresztül új státuszba kerül: nem taszító maradvány, hanem egy kollektív biológiai háló része, mely újrakeretezi az emberi test természetességét.

Lohmann és Kollár munkái egymás mellé helyezve különösen élesen mutatják meg, milyen eltérő stratégiák alapján kérdőjelezhető meg a természetes alapanyag designban betöltött hagyományos szerepe. Míg Lohmann egy nem domesztikált, tengeri növényt emel be a tervezésbe, Kollár a legszemélyesebb emberi nyersanyagot, a testből leváló haját. Mindketten a természet mint érzékeny, élő és jelentéshordozó anyag fogalmát hangsúlyozzák – nem a funkció, hanem az etikai, kulturális és ökológiai viszonyrendszerek felől (Malpass 2017; Ginsberg et al. 2014). E gyakorlatok nemcsak új anyagokkal dolgoznak, hanem új anyag viszonyokat konstruálnak – melyek képesek átrendezni azt is, amit természetesnek, emberinek vagy anyagnak gondolunk (Tonuk 2021; Myers 2022). Ezek a munkák nem a természet működésének technikai leképezéséből indulnak ki, hanem annak kulturális, affektív és episztemológiai jelentésrétegeit aktiválják. Értelmezhetők az episztemomimikri és animamimikri kritikai fogalmain keresztül, melyek a természet utánzását nem funkcionális adaptációként, hanem az élő anyaggal való kapcsolatteremtő, tudásképző és érzéki együttműködésként írják le.

5.8. A természet mint partner – növesztés biodesign

A biodesign egyik alapvető szemléleti fordulata abban rejlik, hogy a természetet nem modellként vagy erőforrásként, hanem társalkotó entitásként értelmezi. Ez a poszthumán érzékenységgé elmozdulás nemcsak technológiai, hanem ontológiai és etikai átrendeződést is jelent: az élő rendszerek nem passzív háttérként vagy dekoratív elemként jelennek meg, hanem önálló szerveződések, melyek időben, anyagban és viszonyrendszerekben vesznek részt a tervezés folyamatában (Blaumann 2021). A kérdés többé nem az, hogyan lehet a természetet leképezni vagy imitálni, hanem az, hogyan lehet vele együttműködni, és hagyni, hogy formáljon.

E viszony új fogalmi kerete lehet a szimbiomimikri, mely a mimézis olyan kiterjesztett formájaként értelmezhető, mely nem pusztán utánzásra, hanem együttélésre, együtt növekedésre és anyagi interakciókra épül. Ellentétben a pantomimikrivel vagy biomimikrivel, ahol a természet formáinak vagy működésének leképezése történik (Dicks 2021), a szim-biomimikri regeneratív, ökológiai és időbeli kölcsönhatásként működik. A tervező szerepe ebben a keretben nem a kontrollt gyakorló mérnök, hanem sokkal inkább gondozó, kurátor vagy kertész – olyan figura, aki figyelembe veszi a növekedés és bomlás biológiai ciklusait, és lehetővé teszi az anyag autonóm kibontakozását (Myers 2018).

A növesztéses biodesign egyik kulcsfogalma az elevenség (*livingness*), mely nem csupán azt jelöli, hogy egy anyag élő szervezetekből áll, hanem azt is, hogy viselkedik, változik, reagál, sőt a használat időtartama alatt is részt vesz a tárgy működésében (Karana et al. 2023). Az élő anyag ilyen értelmezése nem statikus forma, hanem érzékeny jelenlét, mely újraformálja az artefaktum élettartamáról és funkciójáról alkotott elképzeléseinket. Az élő rendszerekkel való együttműködés így az idő és az anyag feletti kontroll részleges feladását is jelenti: a tervezett tárgy nem végpont, hanem egy ökológiai viszonyrendszer ideiglenes szerveződése. E szemlélet egyik legkarakteresebb példája a *Contagion Billboard* projekt, melyben a médium szó szerint élő: az üzenetet baktériumkultúrák növesztik ki, így a vizuális forma nem előregyártott, hanem mikrobiális és időbeli együttműködés eredményeként jön létre. A kontamináció itt nemcsak témaként, hanem a médium viselkedésén keresztül is megjelenik – az elevenség fogalmát esztétikai, bioetikai és anyaghasználati szinten is aktiválva.

A növesztéses biodesign sajátossága, hogy a tervezési idő nem a gyorsaság és hatékonyság alapján szerveződik, hanem biológiai és ökológiai ritmusokhoz igazodik. Az egyes stratégiák eltérő időbelisége eltérő viszonyt feltételez az élő anyaghoz. A baubotanik évtizedek alatt kialakuló növény szerkezeteket hoz létre, ahol a biológiai fejlődés lassúsága konstitutív tényező. Ezzel szemben a micéliumalapú csomagolások vagy bioépítőelemek gyors és nyom nélküli lebomlása épp a tárgy rövid élettartamára épít: a tervezett mulandóság itt ökológiai felelősséggként jelenik meg (Ecovative Design 2025). A laboratóriumi körülmények között végzett biofabrikáció – mint a szövet-növesztés vagy a sejtalapú design – kontrolláltabb, de nem kevésbé érzékeny viszonyt hoz létre: újfajta, részben mesterséges életformák formálását teszi lehetővé, melyek szintén visszacsatolódnak a biológiai folyamatokhoz (Catts és Zurr 2008). Az idő így nem pusztán gyakorlati dimenzió, hanem kritikai kérdés: mit jelent tárgyat vagy építményt létrehozni, ha a cél nem a kész állapot, hanem a változás, a lebomlás vagy a gondoskodáson alapuló fennmaradás?

5.8.1. Mycelium csomagolás ecovative, growing pavilion, regenerativ design – földtisztítás gombával

A micéliumalapú design az élő anyagokkal való együttműködés sokrétű példája. A gombafonalak hálózatszerű, növekvő struktúrája nem csupán a természet organizációs logikájára nyit ablakot, hanem új formavilágot, anyaghasználatot és építészeti-etikai szemléletet is hoz magával. A micéliumot gyakran ipari melléktermékekkel, például

kukoricacsutkával vagy fűrészporral kombinálva növesztik formába – így az anyag egyszerre hordozza a biológiai regeneráció és az ipari újrahasznosítás lehetőségét. A természet itt nem erőforrásként, hanem kooperatív szereplőként jelenik meg: formál, összeköt, lebomlik és újraszervez.

A micéliumkompozitok lebomló alternatívát kínálnak a habosított műanyagokra. Ezek az anyagok alacsony energiaigénnyel, komposztálható módon készülnek, és remek a hő- és hangszigetelő tulajdonságuk, valamint ütésálló csomagolóanyagként is jól funkcionálnak – ideálisak olyan célokra, ahol az anyag sorsa eleve az eldobás, például online rendelések esetében. Ilyen esetekben a tervezett mulandóság nem gyengeség, hanem előny, mely kifejezetten az időbeliséget és az egyszer használat tudatos újragondolását teszi lehetővé (Myers 2018).



Ecovative Design: Micéliumcsomagolás. Forrás: az Ecovative weboldala

Érdeemes megkülönböztetni azonban a biológiai lebomlást és a komposztálhatóságot. Míg előbbi azt jelenti, hogy az anyag mikroorganizmusok hatására szerves egységekre esik szét, a komposztálhatóság szűkebb értelemben azt jelöli, hogy ez a folyamat emberi időléptékben, ellenőrzött környezetben és toxikus melléktermékek nélkül zajlik le, és a keletkező végtermék visszaforgatható a földi ökoszisztémákba, például humuszként. A micéliumalapú termékek jellemzően megfelelnek ezeknek a feltételeknek, de komposztálhatóságuk gyakran ipari környezetet feltételez, például megfelelő páratartalmat, szellőzést és hőmérsékletet.

Ez a tudatosan időhöz tervezett anyaghasználat jól illeszkedik a bio-design azon törekvéseihez, melyek az építészeti és tárgyi világ élettartamát újraértékelik, és a változást, bomlást, illetve visszaforgást nem kockázatként, hanem tervezési szempontként fogalmazzák meg. A micélium ebben a kontextusban nemcsak fenntartható nyersanyag, hanem időérzékeny médium: olyan formai és anyagi jelenlét, mely már keletkezésekor tartalmazza saját eltűnésének lehetőségét.

Az amerikai Ecovative Design cég 2007 óta fejleszt micéliumalapú csomagolóanyagokat és bioépítőelemeket (Ecovative Design 2018). Különösen éles ez a kérdés a micéliumos termékek gyártási protokolljában, mely során az élő szöveteket – a formába növesztést követően – hőkezeléssel kiszárítják, azaz megölik. Így az élő anyag nem a saját életciklusát élheti végig, hanem egy előre meghatározott ipari rend szerint válik tárggyá. Ez a folyamat – bár látszólag együttműködésen alapul – inkább egyfajta domesztikált kisajátításként értelmezhető, melyben az elevenség nem maradhat fenn, csak a hasznosítható struktúra. A szimbiomimikri kritikai értelmezésében ez a viszony nem valódi együtt növekedés, hanem kontrollált kitermelés: a természet kiszolgáltatottsága technológiai esztétikával leplezett marad.



*Krown Design
and Pascal Leboucq:
The Growing Pavilion,
2019.
Dutch Design Week,
Eindhoven, Hollandia.
Fotó: Eric Melander*

A micéliumalapú építészet egyik legismertebb példája a The Growing Pavilion, melyet a holland Krown Design és Pascal Leboucq tervezett a 2019-es Dutch Design Weekre. A pavilon teljes szerkezete növesztett micéliumból és más bioalapú anyagokból – például lenrostból, fenyőgyantából és bioszínezékekből – áll. Az épület nemcsak funkcionális térként működik, hanem ideiglenes ökoszisztémaként is: nedvességre és fényre reagáló organizmusokkal telített, folyamatosan bomló és

változó testként van jelen. Ez az architektúra nem a tartósságot, hanem a ciklikus jelenlétet, az anyagi visszaforgást és a lebomlás esztétikáját teszi meg a működés alapelvévé.

A The Growing Pavilion példája jól mutatja, hogy a micélium nem csupán építőanyag, hanem időbeli viszony. A ház tervezett mulandósága nem gyengeség, hanem állásfoglalás: egy olyan designetika horizont, mely elutasítja az öröklésre szánt építészeti gesztusokat, és helyettük a változást, bomlást és regenerációt választja. A micélium elevensége nemcsak a növekedésben, hanem az elmúlásban is megnyilvánul. Az élő anyag jelenléte itt nem dekoráció, hanem kritikai médium: érzékennyé tesz a földhöz, a ritmushoz, a lebomló testekhez fűződő kapcsolatainkra (Blaumann 2022c).

5.8.2. Elevenség – algák – élő organizmusok a rendszer aktív részeként

Az elevenség mint tervezési minőség nem kizárólag az élő anyag biológiai státuszára utal, hanem arra a szemléleti fordulatra is, mely az anyagot érzékelhető, viselkedni képes, együttműködésre nyitott aktorként kezeli. Elvin Karana elevenség- (*livingness*) fogalma (Karana et al. 2020) olyan tervezői attitűdöt jelöl, mely az anyag nemlineáris viselkedésére, alakulóképességére és rendszeren belüli részvételére épít. Az elevenség tehát nem biológiai definíció, hanem ökológiai, tapasztalati és relációs kategória, mely az anyagban rejlő dinamikus lehetőségek aktiválására törekszik. Ebben az értelemben az élő organizmusokkal való tervezés nemcsak biotechnológiai innováció, hanem érzékeny és kritikai gyakorlat is, mely újrafogalmazza az élettelen és az élő, a mesterséges és a természetes közti határokat.

A következőkben tárgyalt algaalapú példák – mint az Indus víztisztító rendszer vagy az Ecologic Studio baktériumreaktora – az elevenség koncepcióját komplex ökológiai architektúrába ültetik át. Az alga itt nem anyagként vagy dekorációként van jelen, hanem olyan aktív szereplőként, mely metabolikus tevékenységével alakítja az épített környezetet. Az élő organizmusok így nem pusztán fenntarthatósági szempontokat testesítenek meg, hanem új érzékelési, gondolkodási és tervezési modellek hordozóivá válnak. Az elevenség nem csupán a sejtszintű élet jele, hanem a rendszer egészének rezgése, mozgása, alkalmazkodóképessége.

Az Indus egy kísérleti szennyvíztisztító rendszer, mely élő algákat alkalmaz technológiai komponensként a víz bioremediációjára. A projektet

a University College London Bio-Integrated Design (Bio-ID) laboratóriuma fejlesztette ki Shneel Malik vezetésével, kifejezetten indiai kézműves közösségek számára, ahol a textilipar – különösen a globális fast fashion ellátási láncok következtében – jelentős nehézfém-szennyezést okoz. Az Indus levél formájú kerámiacsempékből áll, melyek felületét erezetszerű csatornák szabdalják. Ezekbe egy algákat tartalmazó tengerialga-alapú hidrogél kerül, mely a csempe felületén biofilmként működik. A gravitációs áramlással lecsorgó szennyvízből az algák képesek megkötni a káros nehézfémeket, például a kadmiumot. A rendszer egyszerre kombinálja a low-tech kézműves anyaghasználatot (mint a helyben gyártott kerámiacsempe) és a high-tech formatervezést és biotechnológiát, így válik lokálisan alkalmazható, ugyanakkor technológiailag fejlett ökológiai eszközzé. Az Indus példázza, hogyan válhat egy mikroszkopikus élőlény – az alga – a falba zárt technológiai komponenssé, mely egyszerre tölti be az ökológiai regeneráció és az építészeti funkcionalitás szerepét (Blaumann 2022a).



*Shneel Malik:
Indus víztisztító-
rendszer csempéi
algaalapú hidrogéllal,
2021*

Az ecoLogicStudio egyik legismertebb munkája a Photo.Synth.Etica, egy algákkal töltött városi homlokzati membrán, melyet 2018-ban mutattak be Dublinban, a Climate Innovation Summiton. A rendszer 16 darab, 2×7 méteres bioplasztik panelből áll, melyek belső csatornáit mikroalgákkal teli víz tölti ki. A ventilátorral bevezetett városi levegő buborékként halad át ezen az algás folyadékon, ahol a fotoszintetizáló élőlények megkötik a CO₂-ot és más szennyező anyagokat. Egyetlen napi működése akár 0,9 kg szén-dioxidot von ki a levegőből, ami kb. húsz fa napi teljesítményének felel meg.

A rendszer nemcsak szűrőként funkcionál, hanem biomassza formában hasznosítható nyersanyagot is előállít, például bioplasztikhoz. A panelek enyhítik a nyári felmelegedést, esztétikai funkcióval is bírnak,

például foszforeszkáló fényeffektusok révén. Könnyen telepíthetők meglévő épületek homlokzatára is, nagy tartószerkezet nélkül.

A stúdió más projektjeiben is megjelennek az algahomlokzatok: a Bio.Tech Hut (2017, Asztana Expo) egy olyan lakóépület-prototípus, melyet algacsőhálózatok árnyékolnak kívülről és belülről is. A házban kialakított HORTUS installációban cianobaktériumok és emberek együttélése jelenik meg: a lakók kilélegzett CO₂-jával táplálják az algákat, melyek oxigént és biomasszát termelnek számukra. Így alakul ki az ember és mikroorganizmus közötti kölcsönös gondoskodáson alapuló, domesztikált szimbiózis egy megosztott térben.



*ecoLogicStudio:
HORTUS XL
Astaxanthin.g,
2019, Tokió*

Az algák mint élő épületalkatrészek nem csupán környezeti funkciót töltenek be – például levegőtisztítást vagy biomassa-termelést –, hanem új esztétikai és életmódbeli dimenziót is nyitnak. A zöld alगतartályok látványelemként is szolgálnak, és a lakók napi szinten törődnek ezekkel az élő rendszerekkel: biztosítják számukra a fényt, tápanyagot, vagy akár le is szűretelik a biomasszát. A ház működése ezáltal érzékenyebbé teszi az embert saját ökológiai anyagcseréjére – hiszen szó szerint végignézheti, ahogy kilélegzett szén-dioxidja algává, majd újra anyaggá alakul át (Blaumann 2022a).

Az algákkal való tervezés e példái rávilágítanak arra, hogyan válhat az anyag nem csupán passzív hordozóvá, hanem metabolikus és relációs aktorrá egy épített rendszerben. Az elevenség mint minőség ezekben az esetekben nem csupán biológiai aktivitást, hanem ökológiai érzékenységet, gondoskodási viszonyokat és tapasztalati részvételt is



*ecoLogicStudio:
Bio.Tech Hut,
2017. Asztana Expo,
Kazahsztán*

jelent. Az Indus és a Photo.Synth.Etica nem pusztán fenntarthatósági technológiák, hanem interfészek az ember és a mikroorganizmusok között, melyek új viszonyulásokat modelleznek a lakótér, az anyag és az élő környezet határán. Az ilyen élő rendszerek integrációja nemcsak technikai, hanem etikai és esztétikai kérdésfelvetésként is működik – arra hívja fel a figyelmet, hogy az anyag maga is képes reagálni, változni és kapcsolódni a környezethez, így egy újfajta anyagközi együttélés lehetőségét kínálja.

5.8.3. Baubotánik – természet és szerkezet határán

A baubotánik az élő növényekkel való építés kortárs formája, melyben az építészeti szerkezet nem kész formában jelenik meg, hanem időben alakul ki – fák, bokrok vagy más növények kontrollált növekedése révén. Az eljárás során az élő növények és az ember által tervezett támasztóelemek fokozatosan összeolvadnak, létrehozva egy organikus, ugyanakkor funkcionális hibridet. A koncepció központi gondolata az,

hogy az épület nem statikus tárgy, hanem egy folyamatosan fejlődő élő folyamat, melyet a növényi élet biológiai ideje és saját szabályrendszere formál (Blaumann 2022b).

A módszer egyik úttörője Ferdinand Ludwig, aki a Münchener Műszaki Egyetem kutatójaként olyan projekteket valósított meg, mint a platánfákból növesztett hatszintes Platanen-Cube Nagoldban, melyben a növények idővel teljesen körbenőtték az acélszerkezetet, önálló teherhordó struktúrát hozva létre (Ludwig et al. 2019). Ez a fajta gondolkodás elmozdulást jelent az építészet hagyományos célkitűzéseitől:

*Ferdinand Ludwig:
Platanenkubus, 2012.
Nagold, Németország*



nem a kontroll és a lezártág, hanem a koordináció és a folytonos adaptáció kerül előtérbe. Az építész szerepe e kontextusban a kertész, gondozó vagy épp kurátor szerepéhez közelít.

A baubotánika gyökerei ugyanakkor nemcsak a XXI. századi bio-designban keresendők, hanem a hagyományos ökológiai tudásformákban is. Az indiai Meghálájában található gyökerhidak – melyeket a khasi és jaintia közösségek generációkon át nevelnek gumifügefák (*Ficus elastica*) légygyökereiből – azt mutatják, hogy az élő szerkezetek hosszú távon is fenntarthatók, ha közösségi gondozásban maradnak (Blaumann 2022b). Hasonló jelentőségű példák a németországi táncoló hársfák (*Tanzlinden*), melyek az élő fa építészeti integrációjának hagyományos formái: nemcsak árnyékot és találkozhelyet biztosítottak, hanem spirituális és ökológiai funkciót is betöltöttek.

A baubotánikban az idő nem csupán tényező, hanem strukturáló elvként jelenik meg a designfolyamatban. A növényi szerkezetek kialakulása évtizedeket is igénybe vehet – egy-egy élő híd vagy árnyékoló lombszerkezet akár több generáción keresztül fejlődik és formálódik. Ez a hosszú időtávú tervezés nemcsak az építészet gondolkodásmódját, hanem az anyaghoz és az ökológiai rendszerhez való viszonyt is átformálja. Az építész nem egy kész objektumot hoz létre, hanem

egy élő folyamatot indít el, melynek végső alakját a természet és az idő közösen alakítják ki, kritikai viszonyt teremtve az ipari standardokhoz képest.



Indiai gyökérhidak napjainkban

A baubotánik kortárs gyakorlatai tehát nem csupán új technológiai megoldások, hanem kritikai újraolvasásai egy ősi, közösségi és ökológiai tudásnak. A természet itt nem esztétikai háttérként vagy passzív alapanyagként jelenik meg, hanem aktív, önformáló partnerként – olyan entitásként, mely az idővel és a környezettel való folyamatos viszonyban fejleszti a saját struktúráját. Ez a szemlélet megnyitja az utat egy biointegratív design felé, ahol az építés nem uralás, hanem együtt növekedés.

5.8.4. Élő építészet és mikrobiális ökoszisztémák – HBBE és az OME ház

A Hub for Biotechnology in the Built Environment (HBBE) az egyik első olyan kutatási és fejlesztési platform, mely a biológiai és építészeti logikák szisztematikus összekapcsolásán keresztül értelmezi újra az épített környezet fogalmát. A 2019-ben alapított brit kutatóintézet célja, hogy az épületeket nem statikus, zárt rendszerekként, hanem élő, ön-szabályozó és adaptív biológiai ökoszisztémákként értelmezze újra. A mikroorganizmusokat nem csupán építőelemként, hanem működető és érzékelő közegként alkalmazzák, olyan bioaktív építészeti anyagokat fejlesztve, melyek metabolizálnak, reagálnak, pigmenteket termelnek vagy hulladékot alakítanak át energiává (Blaumann 2022d).

A HBBE kutatásainak kulcsfogalma a *Living Construction* (Élő építészet) mely olyan bioanyagokkal kísérletezik, mint a biomineralizáló

baktériumok, melyek képesek növeszteni az építőanyagot, vagy a színváltó polimerek, melyek érzékelik a környezeti változásokat. A biológiai anyag ebben a kontextusban nem passzív szerkezeti elem, hanem viselkedő entitás, mely képes tanulni, alkalmazkodni és akár kommunikálni is a környezetével. A kutatások másik fő ága a *Building Metabolism*, mely az épületet anyagcserélő, élő gépként pozicionálja: mikrobiális reaktorokat fejlesztenek, melyek a szennyvizet, levegőt vagy egyéb hulladékokat szűrik, újrahasznosítják vagy éppen energiává alakítják.

A HBBE működésének gyakorlati tesztközege az úgynevezett OME, Office for Microbial Events, egy kísérleti épület, mely a Newcastle University campusán épült, és valós időben szolgál a biológiai kutatás, építészeti tesztelés és környezeti érzékelés integrált laboratóriumaként. Az OME célja nem csupán az elméleti bioépítészet demonstrálása, hanem a bioanyagok viselkedésének élő adatgyűjtésen alapuló megfigyelése – az épület maga válik élő laboratóriummá, melyben a mikrobiális anyagok térbeli és időbeli változásai követhetők.

A HBBE példája jól mutatja, hogyan válik a természet nemcsak interfésszé, hanem tervezési partnerévé: a mikroorganizmusok nem utánzott vagy dekoratív szereplői az építészetnek, hanem aktív résztvevői a tér és az anyag újraformálásának. A természet itt nem statikus háttérként, hanem algoritmizálható és adaptív rendszerként jelenik meg, melynek komponensei – baktériumok, gombák, biofilmek – szabályozható, tanítható, és egyúttal kiszámíthatatlan elemei a jövő épített környezetének.

5.8.5. Szövetnövesztés – biofabrikáció, bioprinting

A szövetnövesztés a sejtek és biológiai mátrixok kontrollált növesztésén alapuló technológia, ahol az élő szöveteket vagy azok utánzatait laboratóriumban hozzák létre. A biofabrikáció és 3D-bioprinting segítségével akár funkcionális szerkezet, szöveteket vagy művészi formákat is lehet nyomtatni élő sejtekből (Stephens, Burke és Salter 2013).

A szövetnövesztés a kortárs design és művészeti gyakorlatok egyik olyan területe, ahol a biotechnológia eszközeivel élő anyagok – sejtek, szövetek – kontrollált növesztése válik a tervezési folyamat részévé (Myers 2012). Ez a megközelítés nemcsak új anyaghasználati lehetőségeket kínál, hanem ontológiai és episztemológiai kérdéseket is felvet az élet, a természetesség és a tervezés viszonyával kapcsolatban (Rabinow és Bennett 2012).

A szövetnővesztés példái a kritikai, spekulatív és alkalmazott gyakorlatok közötti átmeneteket is jól szemléltetik. A különböző pozíciók nem élesen elválaszthatók, hanem gyakran egymással dialógusban állnak: a praktikus alkalmazások önmagukban is hordozhatnak implicit kritikát, míg a spekulatív példák mögött is megjelenhetnek technológiai és ipari inspirációk (Ginsberg et al. 2014).

Bakteriális textílek és együttműködő anyaghasználat

Suzanne Lee a projektjeiben olyan textilanyagokat hoz létre, melyek baktériumok és élesztők segítségével nőnek ki egy folyadékkultúrából. A mikroorganizmusok által termelt cellulóz a száradás után textilként viselkedik, és ruhák, kiegészítők alapanyagává válik (Lee 2011). Bár a BioCouture nem egyértelműen művészeti kontextusban készült, hanem a fenntartható divat területén helyezkedik el, mégis hozzájárul annak az új típusú alkotói szerepnek a körvonalazásához, melyben a tervező nem uralja, hanem facilitálja az anyag növekedését (Myers 2018).



Suzanne Lee
BioCouture-kollekciója,
2011

Az anyag termesztése nem csupán technikai, hanem fogalmi váltást is jelent: a ruha nem készül, hanem élő folyamatként jön létre. Az élő anyag és a design kapcsolatában a beavatkozás időzítése, környezeti feltételei, valamint az anyag kiszámíthatatlansága újfajta alkotói tudást tesz szükségessé. Ebben az értelemben a projekt nem csupán ökológiai alternatívát kínál, hanem az anyaghoz és élethez való tervezői viszony újragondolására is alkalmat ad.

Biofabrikáció mint ipari gyakorlat

A biofabrikáció technológiája a gyógyászati és ipari szférában is egyre nagyobb jelentőséggel bír. Az olyan cégek, mint az Organovo vagy a Poietis, 3D-bioprinting eljárással képesek sejtekből komplex szövet-szerkezeteket előállítani, melyeket gyógyszerfejlesztésben, szervpótlásban vagy regeneratív orvoslásban alkalmaznak. Az Organovo például

funkcionális májszövetet hozott létre bioprinteléssel, melyet gyógyszerhatás-vizsgálatokra használnak, mivel képes valódi májfunkciókat – például albumintermelést vagy enzimaktivitást – szimulálni (Organovo 2014; Norona et al., 2016; Shen et al., 2019). A Poietis ezzel párhuzamosan bionyomtatott bőrszövetmodelleket fejlesztett ki, melyeket kozmetikai ipari és klinikai alkalmazásokban tesztelnek (Poietis és Basf 2017).

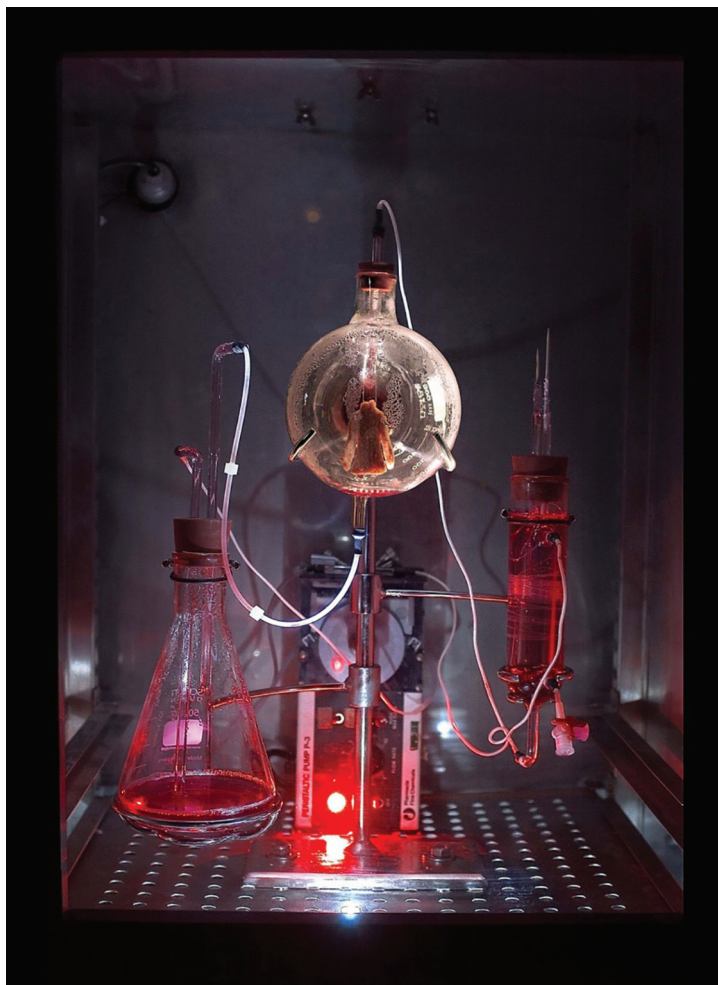
E technológiák ese tében a biofabrikáció instrumentális célokat szolgál: reprodukálni, pótolni, gyártani. Az így létrehozott szövetek nem csupán a természet utánzását, hanem annak ipari logikák szerint történő újraformálását jelentik. Ugyanakkor az ipari biofabrikáció nem mentes az etikai, társadalmi és ontológiai kérdésektől. Etikai szempontból felmerül például, hogy a laboratóriumban létrehozott szövetek – különösen azok, melyek érzékelésre képes sejtvonalakat is tartalmaznak – milyen státuszt kapnak: tekinthetők-e csupán modellnek, vagy valamilyen fokú biológiai entitásnak? A kérdés különösen akkor válik sürgetővé, amikor egyes kísérletek idegszövetek vagy érzékeny bőrfelületek növesztésére irányulnak, melyek potenciálisan fájdalomérzékelésre is képesek lehetnek. A társadalmi vonatkozások között kiemelhető, hogy ezekhez a regeneratív technológiákhoz való hozzáférés nem egyenletes: míg egyes országokban és társadalmi rétegekben a nyomtatott szervpótlás vagy sebgyógyítás már valós lehetőségként jelenik meg, máshol még az alapvető egészségügyi ellátás sem elérhető (Wang et al. 2018). Ontológiai értelemben pedig a biofabrikáció megkérdőjelezi, hogy mi számít természetesnek, mi az élő definíciója, és hol húzódik a határ az emberi test és a technológiai interfészek között.

Etikai határhelyzetek: élő anyag mint műtárgy

A *Victimless Leather* című projektben Oron Catts és Ionat Zurr élő sejtekből növesztett kabátot hozott létre, melyet egy bioreaktoron belül tartottak életben. A projekt nem elsősorban a textil vagy a design szintjén vált jelentőssé, hanem bioetikai és filozófiai kérdéseket vetett fel (Catts és Zurr 2008). A tárgy nem tekinthető hagyományos értelemben vett terméknek, hiszen nem viselhető, ugyanakkor nem is pusztán műtárgy, mivel biológiai értelemben élő volt (Catts és Zurr 2012).

A projekt bemutatásakor a MoMA kurátorai etikai megfontolásból megszüntették a bioreaktor működését, ami az objektum halálához vezetett. Ez az aktus önmagában is problematizálta a design és élet viszonyát: mit jelent, ha egy tervezett tárgy életre kel? Hol kezdődik a felelősség, ha a design élő anyaggal dolgozik?

A Victimless Leather olyan határhelyzetet jelenít meg, ahol a design nem csupán esztétikai kérdésként, hanem ontológiai döntésként is értelmezhető. A projekt egyszerre mutat rá az áldozat nélküli anyaghasználat lehetőségére és annak problematikusságára: a tervezés itt etikai térbe kerül, ahol a döntések az élet feltételeinek szabályozásáról is szólnak.



Oron Catts
és Ionat Zurr,
*Tissue Art Culture:
Victimless Leather*,
2004

A biofabrikáció etikai dimenzióit feszegeti Theresa Schubert *mEat me* (2020) című projektje is, mely során a művész a saját testéből vett sejtekből növesztett ehető hússzövetet. A munka radikális formában tematizálja az önazonosság, a test határai és az élő anyag elfogyasztásának kérdését, miközben ironikus módon reflektál az önfogyasztás, a kannibalizmus és a test mint nyersanyag problematikájára. A *mEat me*

nem pusztán biotechnológiai kísérlet, hanem konceptuális gesztus is, mely az élő anyag kulturális, etikai és affektív státuszát vizsgálja. Az önmagából létrehozott, majd szimbolikusan elfogyasztott műtárgy új típusú relációt javasol test és tárgy, szubjektum és biológiai anyag között, miközben a nézőt is bevonja a biofabrikációval kapcsolatos döntések erkölcsi és érzéki dilemmáiba.

5.8.6. Élő kép – mikroorganizmus mint bioesztétikai aktor

Az elevenség fogalma nem korlátozódik a makroszkopikus vagy sejtszintű anyagokra: a mikroorganizmusok is viselkedő, érzékeny és vizuálisan aktív komponensei lehetnek a bioesztétikai térnek. Az élő baktériumkultúrák nem csupán mintázatokat hoznak létre, hanem kontaminálnak, versengenek és időbeli alakulásuk révén sajátos vizuális dramaturgiát generálnak. Nem reprezentálnak, hanem aktív, viselkedő alkotótársként vesznek részt az esztétikai folyamatban.

Ezt a megközelítést radikálisan jeleníti meg a Contagion Billboard, mely Steven Soderbergh *Fertőzés* (Soderbergh, 2011) című filmjéhez készült plakátként valósult meg Torontóban. A CURB Media, a Lowe Roche reklámügynökség és Patrick Hickey mikrobiológus csapata által ter-

*Contagion Billboard,
élő plakát
Soderbergh Fertőzés
című filmjéhez, 2011.
Toronto, Kanada*



vezett kétméteres élő plakát egy 1,2×1,8 méteres Petri-csészeként működött: különböző baktériumokat és penészgombákat telepítettek agar-agar táptalajra, melyek több napon keresztül növesztették ki a film címét. A felület lassan változott, színesedett, burjánzott, miközben maga is fertőzötté vált. Az üzenet és hordozója így elválaszthatatlanná fonódott (Wadman 2011).

Ez a plakát különösen jól illusztrálja az Elvin Karana és szerzőtársai által leírt élő esztétika fogalmát (Karana, Barati és Giaccardi 2020), mely az anyagok időbeli, viselkedésszerű és válaszalapú esztétikai tapasztalatát helyezi előtérbe. A baktérium mint médium nem pusztán dekoráció vagy szimbólum, hanem kontaminált és kontamináló aktor. A kép nem készen adott, hanem fokozatosan alakul ki, versengő törzsek dinamikájából születik, így minden plakát egyedi és irreverzibilis. A kontamináció nemcsak tematikus – mint a filmben –, hanem anyag-szinten is megtörténik, felforgatva a plakát médiumának tisztaságát és semlegességét.

Az agar-agar mint táptalaj nem csupán technikai háttér, hanem élő, érzékeny, idővel változó felület, mely a képi kifejezés része lesz. Ez az esztétikai megközelítés átlépi a reprezentáció határait, és az anyagot mint viselkedő, kontingens médiumot értelmezi. A plakát így nemcsak vizuális tárgy, hanem performáló biológiai esemény is, mely újragondolja a médium, a fertőzés és a látvány kapcsolatát. Nem statikus kép, hanem élő jelenlét – mely ugyanúgy bomlik, ahogy megszületik.

5.8.7. Fajközi nyomtatás – az élő mint építő

A növesztéses biodesign fejlődése során egyre hangsúlyosabbá válik az a szemlélet, mely az élő szervezeteket nem csupán anyagként, hanem együttműködő alkotótársként kezeli. A bioprinting fogalma ebben a kontextusban nem technológiai eljárást, hanem médiumként értelmezett életet jelöl, melyben az anyag, a viselkedés és a környezet egyaránt részt vesz a forma kialakulásában (Myers 2012; Karana et al. 2020). Az élő szervezetek itt nem csupán alapanyagként funkcionálnak, hanem aktív, döntéshozó szereplőként járulnak hozzá a tervezéshez – saját ökológiai szabályaik, ritmikájuk és viselkedési mintázataik szerint.

Tomas Libertiny méhekkal végzett projektjei markáns példái ennek az interszpecifikus együttműködésnek. A művész-tervező előre megtervezett vázszerkezeteket készít, melyeket aztán méhkolóniákra bíz, hogy saját építkezési logikájuk szerint egészítsék ki és formálják tovább. Az így létrejövő objektumok különleges feszültséget hordoznak: egyfelől az emberi előtervezés racionalitása, másfelől a méhek kollektív viselkedésén és biológiai folyamataikon alapuló, kiszámíthatatlan organizációs logikája formálja őket. A folyamatban az időjárás, a kap-tárállapot, a kolónia viszonyrendszerei mind aktívan hatnak a végeredményre – az alkotás egy ökológiailag beágyazott, élő léptékű kooperáció eredménye (Libertiny 2020).

A projekt talán legérzékletesebb példája a Nefertiti-fej újraalkotása méhek segítségével. Libertiny a híres szobor formáját 3D nyomtatott viaszvázként kínálta fel a méheknek, ők pedig, mintegy 60 ezren, több napon keresztül sejtszerkezetű viasszal borították be. A végeredmény



*Tomas Libertiny és a
méhek: Nefertiti
Nefertiti-fej, 2022*

nem reprodukció, hanem organikus reinterpretáció: a történelmi ikon formai kontúrjai megmaradnak, ugyanakkor a méhek sajátos struktúráképzése új textúrát, ritmust és anyagi karaktert ad a tárgynak. A méhek itt nem médiumot biztosítanak, hanem a tárgy tényleges anyagi létrehozásának aktív résztvevői.

Libertiny munkája egyúttal kritikát fogalmaz meg a biotechnológiai design steril, laboratóriumi irányzataival szemben. Míg a laboratóriumi bioprinting az élőt gyakran molekuláris kódként kezeli, mely programozható és reprodukálható, addig ebben a projektben az élő szervezetek döntései és kollektív viselkedése határozza meg a tárgy végső alakját (Parikka 2010). A forma, az anyag és a viselkedés elválaszthatatlan egymástól – a tárgy egyszerre viseli az emberi és nem emberi eredet, a mesterséges és ökológiai együttműködés nyomait.

Ez a fajok közötti design nemcsak esztétikai és technikai újítás, hanem etikai és filozófiai kérdésfelvetés is. Az együttműködés során felmerül a kontroll, a kiszámíthatatlanság és a felelősség újraelosztása: ki az alkotó, kié a döntés, kié az anyag? A co-design ebben az esetben nem egyenrangú partnerséget, hanem radikális nyitottságot jelent egy olyan másik élő rendszer irányába, mely saját ökológiai és társas logikákkal működik. A fajok közötti alkotás tehát nemcsak formai kísérlet, hanem kritikai tükör is: újradefiniálja az anyag, az élő és az alkotás viszonyát a biodesign gyakorlatában (Myers 2012; Karana et al. 2023).

5.9. Az anyagökológia és biogyártás – Neri Oxman munkássága

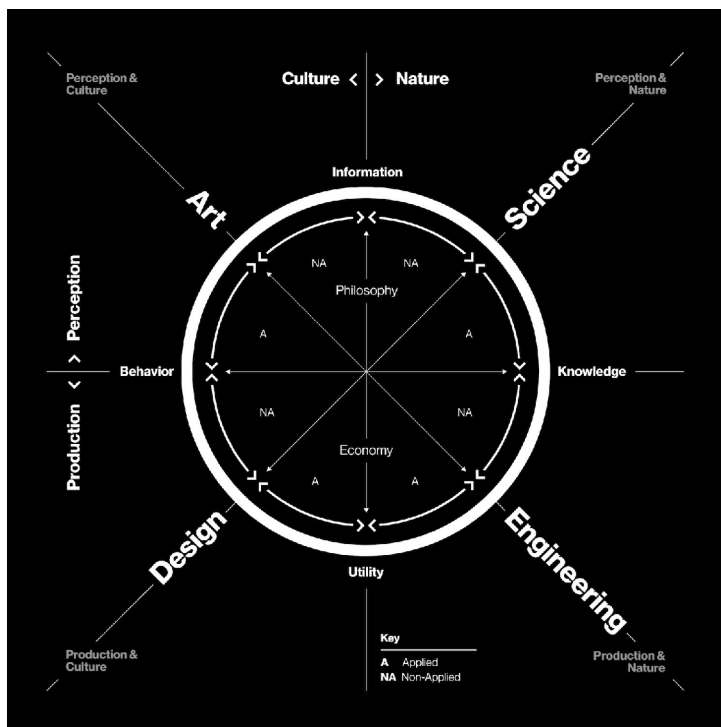
E szemléleti fordulat különösen jól nyomon követhető Neri Oxman munkásságában, aki a Massachusetts Institute of Technology (MIT) Mediated Matter Group alapító vezetőjeként vált ismertté. Oxman olyan rendszerek tervezésére törekedett, melyekben az anyag, a forma, a biológiai folyamatok és a digitális technológiák nem külön modulokként, hanem entangált – összefonódott – ökológiai hálózatként működnek. E felfogás kulcsfogalma a saját maga által megalkotott anyagalapú ökológia (*material ecology*), mely a design új, ökológiai és viselkedésalapú szemléletét jelöli.

Az *anyagalapú ökológia* lényege, hogy a tervezési folyamat nem előre-gyártott anyagokra és formákra épül, hanem az anyag viselkedéséből, strukturális tulajdonságaiból és környezeti kapcsolódásaiból bontakozik ki. Oxman szerint az anyag nem passzív hordozó, hanem intelligens, reagáló, együttműködő közeg, mely képes adaptálódni és visszahatni a környezetére (Oxman 2010). A természet így nem csupán inspirációs forrás, hanem kooperatív entitás, mely részt vesz a formaképzésben.

A koncepció filozófiai hátterét Oxman az úgynevezett *Age of Entanglement* (2016) (Összefonódás kora) paradigmában fogalmazta meg,

mely szerint a tudomány, a technológia, a művészet és a design nem különálló diszciplínák, hanem egymásba fonódó, adaptív gondolkodási módok. Ebben a világképben az alkotás interdiszciplináris ökoszisztémában zajlik, ahol a szereplők – emberi és nem emberi – folyamatos viszonyrendszert alkotnak. A *Krebs Cycle of Creativity* (a kreativitás Krebs-ciklusa) modellje ezt ciklikus, anyagcsereszerű struktúraként írja le: a tudomány felfedez, a mérnöki tudás problémát old meg, a design formát keres, a művészet pedig kérdéseket vet fel – és mindezt körkörös összekapcsolva (Oxman 2016).

A Krebs Cycle of Creativity, Neri Oxman elméleti modellje. Journal of Design and Science, 2016



Ez az idealizált rendszer azonban nem mentes a kritikától. Jennifer Gabrys (2016) rámutat, hogy az összefonódás fogalma gyakran technológiai logikák szerint szerveződik: bár a kapcsolatok sűrű hálózatát hangsúlyozza, ritkán engedi érvényesülni az anyag vagy az élő rendszerek valódi cselekvőképességét. Az entanglement ilyenkor nem a kölcsönös alakító erők nyitott tere, hanem egy előre modellezett, irányítható rendszer. Orit Halpern (2017) pedig arra figyelmeztet, hogy az ilyen integrált designmodellek látszólag poszthumán szemléletűek, valójában azonban megőrzik az emberközpontú kontroll logikáját: az anyag és az élő rendszerek nem partnereként, hanem programozható komponensként vesznek részt a tervezési folyamatban.

Oxman *Vespers* című 2016-os projektje jól példázza e kettősséget. A háromfázisú halottimaszk-sorozat nemcsak újraértelmezi a halál és emlékezet formáit, hanem élő mikroorganizmusokat integrál a tárgyba, melyek a viselő testével kölcsönhatásba lépve metabolikus hálózatot alkotnak. A maszk így nemcsak forma, hanem élő organizmus, mely az emberi testtel együtt működik. Mégis, ahogyan Heather Davis (2022) megfogalmazza: az élő anyag jelenléte gyakran szimbolikus vagy performatív, nem pedig valóban aktív – az együttműködés keretei előre meghatározottak, és a biológiai szervezetek csak a design narratívájának díszleteként szerepelnek.

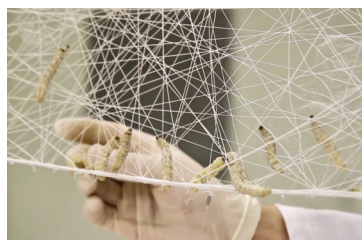


Neri Oxman: *Vespers*
maszk, 2016

Hasonló kérdések vetődnek fel a *Silk Pavilion II* (2019) esetében is. A projektben robotkarok feszítenek ki egy digitálisan modellezett térhálót, melyet selyemhernyók szőnek be a fényre, a gravitációra és a felületi tájékozódásra adott viselkedési mintázataik szerint. Bár Oxman a hernyók működését biológiai algoritmusként értelmezi, valójában nem programozott rendszerről, hanem etológiai válaszreakciókon alapuló, részben kiszámíthatatlan szövési folyamatról van szó. A hernyók viselkedése nem modellezhető teljes mértékben digitálisan, mégis a designfolyamat részeként van instrumentalizálva, technológiai keretbe foglalt ökológiai interakcióként.

Az együttműködés – emberi, gépi és élő intelligencia között – látszólag poszthumán gyártási folyamat, ám a hernyók szerepe nem autonóm, hanem domesztikált. Nem fejezhetik be életciklusukat, mivel funkciójuk kizárólag az anyag előállítására korlátozódik – a természet részvétele így nem valódi kooperáció, hanem gondosan strukturált kitermelés.

Az *Aguahoja* (2018–2019) projektben a természetes anyagokból – kitinből, pektinből, cellulózból – épített struktúrák lebomlanak az időjárás hatására. A tárgyak ökológiai ciklusban jönnek létre és tűnnek el, mintegy időhöz tervezett, érzékeny anyagi jelenlétként. A lebomlás azonban itt is előre modellezett folyamat, és bár kritikai üzenetet hordoz – az ipari hulladék és statikus építészet ellenében –, nem feltétlenül ad teret valódi anyagközi véletlenszerűségnek vagy kiszámíthatatlanságnak.



*Neri Oxman:
Silk Pavilion,
2012–2018*

Összességében Oxman munkássága példaszerűen képviseli a biointegratív design gondolkodásmódját, de egyben reflexióra is hív az ökológiai design etikai és episztemológiai hatáiról. Ki dönt arról, hogy mit csinálhat az anyag? Hol van a határ a gondoskodás és a kontroll között?

Az *Age of Entanglement* nemcsak lehetőség, hanem politikai és technológiai választás is, mely a természethez való viszonyulásunk jövőjét alapjaiban befolyásolja.

A mimikri perspektívájából nézve Oxman projektjei különféle utánzási és együttműködési formákat modellálnak: a *Vespers* halotti maszkjai a természet spirituális és kulturális jelenlétét idézik meg – ez a reprezentatív, nem funkcionális mimézis a pantomimikri példája. A *Silk Pavilion II* projektben a hernyók viselkedése biológiai algoritmusként van értelmezve, noha mozgásuk irányított és domesztikált – ez részleges, koreografált szimbionimikriként értelmezhető. Az *Aguahoja* lebomló szerkezetei pedig az anyag ökológiai életciklusát imitálják: előre programozott, de természetes folyamatokhoz hasonló időbeli viselkedésük az ontomimikri logikáját követi.

A mimetikus szerkezet tehát nemcsak formális, hanem episztemológiai és politikai természetű: az élő rendszerek designba való bevonása mindig felveti a kérdést, vajon valódi együttműködésről van-e szó, vagy csupán a természet esztétikai és technológiai kisajátításáról egy programozott rendszer keretében.

5.10. Az élet mint adat – tudományos képkalkotás és biopolitika

A természet és az élő test egyre gyakrabban jelenik meg nem fizikai jelenlétében, hanem mint adat – leképezhető, modellezhető, mérhető és algoritmizálható struktúra. Ez a fordulat nem csupán technikai, hanem episztemológiai és biopolitikai elmozdulás is: a valóság érzékelése és reprezentációja már nem az érzékszerveken, hanem szenzorokon, leképező eszközökön és adatmodelleken keresztül történik. A mikroszkóptól a DNS-szekvenálásig, a klímamodellektől az arcfelismerő rendszerekig az élet láthatóvá tétele együtt jár annak kontrollálhatóságával és kisajátíthatóságával is.

Ez a fejezet két, egymást metsző, de eltérő fókuszú irányt vizsgál. Az első azt mutatja be, hogyan válik az emberi test adathordozóvá és szemiotikai archívummá: a biometrikus technológiák, genetikai eljárások és orvosi képkalkotó rendszerek nemcsak dokumentálnak, hanem politikai jelentéssel is telítődnek. A második rész (5.11.2.) a természet egészének adatként való felfogását tárgyalja Timothy Morton hipertárgyelméletének kontextusában, bemutatva, hogyan válik az ökoszisztéma nem csupán mérési, hanem esztétikai és spekulatív művészeti gyakorlatok médiumává. E kettős megközelítés

nemcsak a test és természet mediatizációját, hanem azok etikai és ontológiai következményeit is felvillantja.

A természet és a test adatalapú reprezentációja ebben az értelemben az episztemomimikri egyik legaktuálisabb formája: nem csupán leképezés, hanem a világ strukturálásának és ellenőrzésének tudásalapú módja, mely ugyanakkor biopolitikai implikációkkal is telítődik.

5.10.1. A test mint adat – biológiai interfészek és reprezentációk

A kortárs médiumelméleti és bioart gyakorlatokban a test egyre inkább mint adatforrás és viselkedő interfész jelenik meg. A test nem pusztán érzékelhető vagy ábrázolható entitásként válik fontossá, hanem digitálisan olvasható, előrejelezhető és technológiailag manipulálható rendszerként is. A következő példák azt mutatják be, hogyan alakul át a test adatként működő médiummá: mikroorganizmusok, genetikai hulladék, sejt szintű kódok és viselkedő élő rendszerek formájában. E gyakorlatok a biológiai testet nem zárt szubjektumként, hanem nyitott, dekódolható és algoritmizálható architektúráként értelmezik – ahol az esztétika, az etika és a biopolitika is új viszonyok szerint szerveződik.

A biológiai test mint viselkedő interfész – BHCI és Living Bits

A biológiai test és a digitális rendszer közötti kapcsolat hagyományosan a neurológiai vezérlésre épülő agy–számítógép interfész (*brain–computer interface; BCI*) technológiáiban öltött testet. E technológiai paradigmát azonban egyre gyakrabban kérdőjelezzik meg azok a kísérleti és spekulatív irányok, melyek nem az idegrendszerre, hanem a test biológiai, mikrobiológiai vagy növekedési folyamataira építik az interfész gondolatát. Az emberi biológiai–számítógépes interfész (*human biology–computer interface; BHCI*) fogalma e tágabb értelmezési mezőt próbálja megragadni: olyan rendszereket jelöl, melyekben az emberi test élő, fiziológiai és sejt szintű folyamatai válnak digitálisan érzékelhetővé, alakíthatóvá vagy visszacsatolhatóvá.

A BHCI nem pusztán technológiai, hanem ontológiai és ökológiai áttűnést is jelez: az emberi test nem zárt szubjektumként, hanem nyitott, biológiai adathordozóként van jelen, mely más élő anyagokkal vagy mesterséges rendszerekkel közösen működik. Az interfész ebben az értelmezésben nem egyszerű adatkapcsolat, hanem

együttműködés, osztott élő architektúra, mely új lehetőségeket nyit az érzékelés, kontroll és szimbolikus reprezentáció terén.

A Living Bits projekt ezt a szemléleti elmozdulást viszi tovább egy érzékeny biotechnológiai kísérletté (Pataranutaporn et al. 2020). A kutatás célja, hogy a mikroorganizmusokat ne csupán mint biológiai aktorokat, hanem mint digitális rendszerekbe integrálható érzékelő és vezérlő elemeket vizsgálja. Az élő adatok (*living bits*) fogalma az információelméleti megfogható adatok (*tangible bits*) koncepciójából indul ki (Ishii & Ullmer), és azt javasolja, hogy a biológiai élő anyag válhat az interakciós rendszerek legkisebb egységévé – nem metaforikusan, hanem technológiailag is.

A projekt során baktériumokat és más mikroorganizmusokat használnak olyan felületeken és viselhető eszközökben, melyek a testhőre, a verejtékre, a pH-változásra vagy az anyagcseretermékekre reagálnak. Ezek a mikroorganizmusok színváltozással, fluoreszcenciával vagy metabolikus aktivitással jelzik a változásokat, melyeket számítógépes rendszer érzékel, feldolgoz, és továbbít – vagyis a biológiai válasz viselkedésformáló adattá válik.

A Living Bits kutatás nemcsak a *biológiai interfészek technikai lehetőségeit* vizsgálja, hanem annak kulturális és etikai implikációit is: mit jelent, ha az emberi test kívülről és belülről is olvashatóvá válik, ha mikrobiális viselkedése nemcsak élettani, hanem szemiotikai adatként is értelmezhető? A projekt érzékeny kérdéseket vet fel az adat, az élő és az identitás kapcsolatáról, különösen akkor, amikor az élő szervezetek nemcsak megjelennek az interfészben, hanem maguk az interfész.

Genetikai hulladék és identitásképek – *Stranger Visions*

A bioart olyan spekulatív gyakorlatokat hozott létre, melyek a testadatok és genetikai információk esztétikai és politikai újraértelmezését célozzák. Ahogy Suzanne Anker és Dorothy Nelkin is hangsúlyozták a genetikai művészet kapcsán, a DNS nem csupán tudományos objektum, hanem vizuális és etikai entitás, mely az esztétikai reprezentáció révén társadalmi és politikai diskurzusokba kapcsolódik be (Anker és Nelkin 2004). Heather Dewey-Hagborg *Stranger Visions* című projektje ezt a kérdéskört radikalizálja: genetikai hulladékból – hajszálakból, cigarettacsikkekből és rágógumikból – rekonstruált portrékat hozott létre, hogy láthatóvá tegye a genetikai identitás vizuális predikciójának határait és veszélyeit (Dewey-Hagborg 2013).

A művész nem tényleges, valósághű portrékat készített, hanem a DNS-adatok – például nem, bőrszín, szem- és hajszín, arcforma – alapján algoritmusokkal generált spekulatív szobrokat, melyeket 3D nyomtatással jelenített meg. E portrék azt a kérdést járják körül, hogy mit enged a DNS önmagunkról feltárni. A *Stranger Visions* egyszerre kritika az identitás genetikai meghatározottságának naiv elképzeléseivel szemben, és védjegye a genetikai magánszféra biopolitikai kihívásának. A projekt nemcsak a személyes adatok kiszolgáltatottságára, hanem a genetikai predikció és arcfelismerés rendészeti és migrációs célú alkalmazásaira is reflektál.

Több értelmezés szerint a *Stranger Visions* olyan technológiai portrégyakorlatként értelmezhető, mely az új forenzikus eszközök és a 3D nyomtatás révén újraértelmezi az ábrázolás fogalmát: a genetikai adat nem önmagában mutat, hanem rendszerek – algoritmusok, statisztikák, normák – által válik képpé. A portrék így nem a szubjektum reprezentációi, hanem a test mint adat tárgyasulási (Tremblay 2014).



Heather Dewey-Hagborg:
Stranger Visions
(2012–2013)

A projekt ezzel elmozdítja a portré műfaját az identitás hordozója felől az adatból konstruált lehetőségmodell irányába. Ahogy Giorgio Agamben *Means without End* kötetében megfogalmazza, a kortárs biopolitika egyik sajátossága, hogy az egyént nem önazonos lényként, hanem populációs mintaként, statisztikai konstrukcióként kezeli (Agamben 2000). Ugyanakkor *Homo Sacer*-elméletének kontextusában a test nem csupán meztelen életként (*bare life*) jelenik meg, mely kiszolgáltatott a politikai döntéshatalomnak, hanem a DNS-adatok

által redukált, anonim és rekombináható életként – olyan entitásként, mely felett a biopolitika nemcsak rendelkezik, hanem esztétikailag is modellez (Agamben 1998).

Dewey-Hagborg portréi éppen ezt a fordulatot teszik érzékelhetővé: a genetikai hulladékból előállított arcmodellek azt demonstrálják, miként válik a test maga is névtelen adattá, mely a megfigyelés, osztályozás és előrejelzés alanya lesz – anélkül, hogy egyedi története vagy beleegyezése lenne. Ez a mű tehát egyszerre esztétikai forma, kritikai intervenció és etikai állásfoglalás. Bemutatja, hogy a genetikai hulladék is képes identitást árulni, még akkor is, ha az így létrejövő portrék csupán valószínűségi modellek. A technológiailag létrejött, de nem rekonstruált testadat új társadalmi és jogi normákat vet fel a DNS-alapú nyilvántartás, biometria és genetikai megfigyelés környezetében (Hauser 2008).

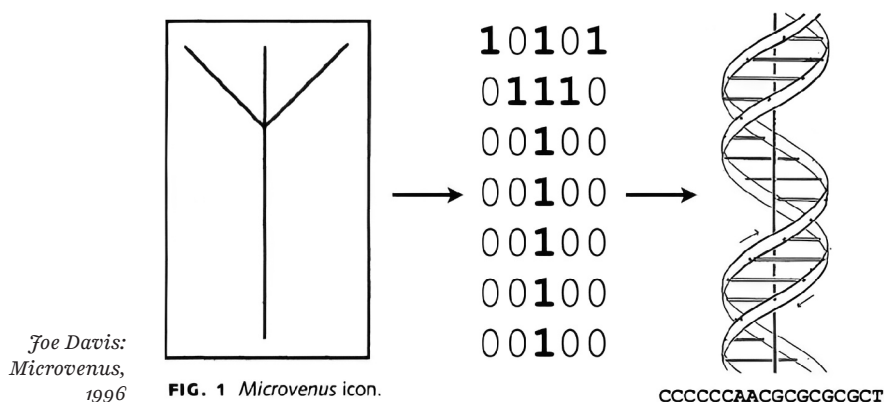
Láthatatlan ikonográfia – *Microvenus* és a genetikai jel mint médium

Míg Dewey-Hagborg munkája a genetikai identitás vizualizációját és társadalmi következményeit tematizálja, Joe Davis projektje a biológiai kód mint kulturális médium lehetőségét vizsgálja. Joe Davis bioart-praxisának emblematikus munkája a *Microvenus* (1986), mely nemcsak izgalmas technológiai megoldás, hanem kulturális, nyelvi és biopolitikai gesztus is. Davis egy női nemi szervet stilizáltan ábrázoló proto-germán szimbólumot kódolt be egy *E. coli* baktérium DNS-ébe, a morzeábécé és egy általa fejlesztett genetikai kódolórendszer segítségével. A projekt célja az volt, hogy szimbolikus jelentéstartalmakat – melyek hagyományosan vizuális vagy nyelvi formában léteznek – biológiai szinten, élő szervezetbe ültetve őrizzen meg és továbbítsa (Davis 1996).

A *Microvenus* nem látható műtárgy a hagyományos értelemben, mivel az információ a sejten belül, molekuláris formában tárolódik. Davis munkája épp ezzel az esztétikai láthatatlansággal játszik el: olyan médiumot választ, mely az élet alapegységeként egyúttal új médiumfogalmat is implikál. A biológiai anyag nem csupán reprezentáció tárgya, hanem maga a reprezentáció hordozója. Így a *Microvenus* egyszerre kérdőjelezi meg a kép, az adat és a test fogalmi határait, és emeli be a genetikai kódot a kulturális jelek rendszerébe (Hauser 2008; Helmreich 2003).

A projekt egyben éles kritikája is annak, ahogy a tudományos rendszerek a semleges adat ideológiáját használják, miközben mélyen beágyazottak kulturális konstrukciókba, például a nem, a szexualitás

vagy a nyelv szimbolikájába. Davis nem használja az élő, hanem átalakítja azt kulturális médiumként: a DNS mint információs tér, a baktérium mint adatbázis, a tudomány mint mitopoétikus narratíva jelenik meg a műben (Helmreich 2003).



A testadatok kortárs kiterjesztései – mint az arcfelismerő rendszerek, a mozgásmintázat-analízis, a CRISPR-gének módosíthatósága – egyre inkább az irányíthatóság és beavatkozás terepévé teszik az emberi testet. A szkennelés, biometria és szekvenálás révén a test nem csupán reprezentálódik, hanem viselkedésmintákká, prediktív adatokká és kontrollálható entitásokká alakul (Rose 2007; van Dijck 2011). A test így nem csupán azonosítás tárgya, hanem a hatalom, az etika és az esztétika új kontextusa.

5.10.2. A természet mint hipertárgy

A természet tudományos leképezése és adatalapú monitorozása olyan új esztétikai és filozófiai értelmezéseket tesz lehetővé, melyekben a természet nem mint háttér, reprezentáció vagy organikus totalitás jelenik meg, hanem mint hipertárgy: olyan komplex, ember által részben felfogható, mégis meghaladhatatlan rendszer, mely időben és térben szétszóró, észlelésünk horizontján túlmutató léptékekben működik (Morton 2013). Timothy Morton fogalma – eredetileg az ökológiai krízis tárgyalására bevezetve – radikálisan újraírja a természet fogalmát: a globális felmelegedés, a radioaktív hulladék, a klímamodellek és ökológiai hálózatok mind olyan hipertárgyak, melyek jelen vannak, de nem lokalizálhatók egyetlen térbeli pontban, és nem is uralhatók hagyományos érzékelési módokon keresztül.

A klímaadatok, szén-dioxid-emissziós görbék, műholdas bioszféra-felvételek vagy prediktív ökológiai szimulációk nem csupán tudományos

objektumok, hanem médiumként is viselkednek: olyan adatszerkezetek, melyek érzékelést és értelmezést igényelnek. A természet ebben a formában információként jelenik meg, melyet mérőműszerek, szenzorok, adatvizualizációs algoritmusok és hálózati rendszerek tesznek láthatóvá (Parikka 2019).

Refik Anadol *Wind of Boston: Data Paintings* (2017–) projektje klasszikus példája ennek az irányzatnak. Éves időjárási adatokat – szélsébség, -irány, hőmérséklet – dolgoz fel 20 másodperces felvételi időközökkel a Boston Logan repterről, majd generatív algoritmusokkal létrehoz 13 láb széles, folyamatos mozgású audiovizuális adatfestményt, mely vizualizálja a természet láthatatlan rendszereit – így tesz láthatóvá egy hipertárgyat a városi térben.

Anadol másik projektjében a *Machine Hallucinations: Nature Dreams*-ben (2021) több millió természetfotót dolgoz fel gépi tanulással, és azok alapján generatív módon létrehozott audiovizuális térélményt nyújt. A természet itt nem valóságos élmény, hanem szintetikus újra-szerkesztett adatesztétika, egy posztumán táj, mely a gépi képzelet és az algoritmikus feldolgozás révén válik megtapasztalhatóvá.

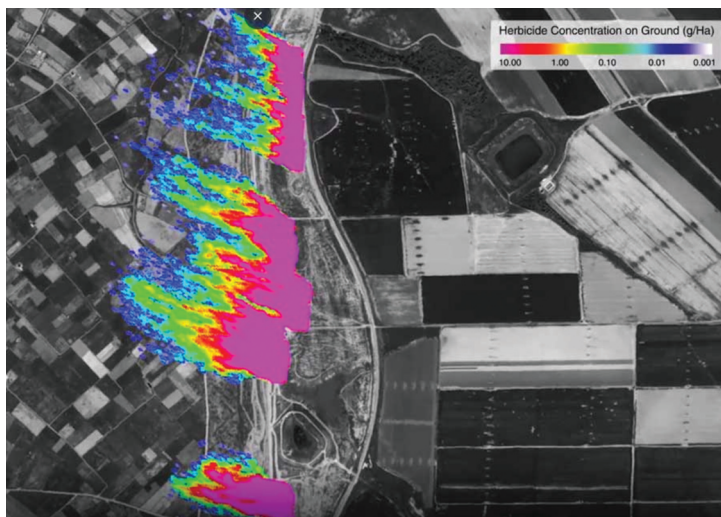


Refik Anadol: *Machine Hallucinations: Nature Dreams*, 2021. König Gallery

Hasonló irányba mutat a Semiconductor művészcsoporth munkássága, tagjai a geológiai és klimatikus adatokat transzformálják hang- és fényinstallációkká. Az *Earthworks* (2016) című projektben például valós földrétegmozgásokat (szeizmikus adatok) fordítanak le színes mozgóképekre és zajszerű hangokra, így új érzéki hozzáfértést biztosítanak a geofizikai folyamatokhoz.

A Forensic Architecture kollektíva szintén adatalapú térkép alkotást végez, ám kifejezetten politikai és környezeti igazságossági célból.

Munkáikban a szenzorikus tér nemcsak esztétikai, hanem bizonyító médium: például a *Herbicide Warfare in Gaza* (2020) projektben mezőgazdasági károkat, permetezési nyomokat és talajmintákat kombinálnak térképekkel és videófelvételekkel, hogy az izraeli hadsereg gyakorlatának ökológiai következményeit feltárják. A természet itt nem passzív háttér, hanem politikai tér, mely adatok és képek formájában nyeri vissza cselekvőképességét.



*Forensic Architecture:
Herbicide warfare in
Gaza (kép a videóból),
2019*

Ezek az alkotások azt példázzák, hogy a természet nem közvetlenül érzékelhető entitás, hanem egyre inkább adathálózatok és mediális fordítások révén jelenik meg. A természet hipertárggyá válása nemcsak esztétikai, hanem episztemológiai és politikai kérdés is: hogyan érzékelhető az, ami túl nagy, túl lassú vagy túl komplex az emberi észlelés számára – és ki dönti el, milyen adatok alapján, hogy mi a természet?

5.11. A természet mint meghackelhető rendszer – szintetikus biológia és tervezett élőlények

A szintetikus biológia egyik legradikálisabb implikációja nem az élő utánzása, hanem annak működéselvű újrakódolása. Ebben a szemléletben a természet nem mint esztétikai inspiráció, hanem mint irányítható, szerkeszthető és rendszerszintűen optimalizálható működés jelenik meg. Komponensei – sejtek, enzimek, metabolikus utak – moduláris, programozható egységekként (biobrickeként) válhatnak a tervezés médiumává (Endy 2005; Parisi 2019; Türetken et al. 2022). A biológiai élet ezáltal nemcsak organikus, hanem algoritmizálható

és mérnökiileg újrászervezhető platform, melyen keresztül a design nemcsak anyagokat, hanem élő rendszereket is képes modellezni, befolyásolni és létrehozni (Myers 2012; Karana et al. 2020).

E felfogásban az élő anyag viselkedése nemcsak tanulmányozható, hanem célorientált módon befolyásolható: tervezési paraméterekhez igazodó, előre programozott válaszreakciókként értelmezhető. A pigmenttermelő baktériumok környezeti szabályozása, az önjavító mikrobiális cementek viselkedésének modellezhetősége vagy a pókselyemfehérjét termelő transzgenikus kecskék esete mind azt mutatják, hogy a természet ebben a kontextusban nem utánzandó modell, hanem újratervezhető, működésalapú rendszer, mely a design tárgyává és eszközévé válik.

A következő alfejezetek három, egymást átfedő, de eltérő hangsúlyú megközelítést mutatnak be. Az első részben az élő anyag mint funkcionális platform jelenik meg: pigmenttermelő mikroorganizmusokkal tenyésztett textilminták és önjavító építőanyagok példáján keresztül vizsgáljuk, miként válik a biológiai működés technológiai médiummá. A második rész az élő test ipari célú felhasználását tárgyalja: a transzgenikus kecskék és a mikrobiális fermentációval előállított pókselyem projektjei révén a bioetikai és gazdasági instrumentalizáció kérdéseire irányítja a figyelmet. A harmadik rész kritikai szempontból vizsgálja a természet újrapozicionálását: Alexandra Daisy Ginsberg elméleti munkái rávilágítanak arra, hogyan válik a fenntarthatóság diskurzusa a természet gazdasági és ipari újrakonfigurálásának legitimációs eszközévé.

Ez a háromszintű bemutatás lehetővé teszi, hogy e fejezetben a természet működéselvű designját az ontomimikri fogalmán keresztül értelmezzük. Az ontomimikri olyan tervezési stratégia, mely nem a természet formai vagy vizuális jellemzőit, hanem működési logikáit, viselkedésmintázatait modellezi újra technikai rendszerekben. Ilyen például a Project Coelicolor színt termelő baktériumkultúrája, a BioMASON önjavító cementje, vagy a Bolt Threads és a BioSteel genetikai úton módosított fehérjetermelő platformjai. Ezekben az esetekben az élő anyag nem reprezentációként, hanem működésként válik tervezési alapegységgé – olyan médiumként, mely nemcsak reagál, hanem aktívan alakítja a designfolyamatot.

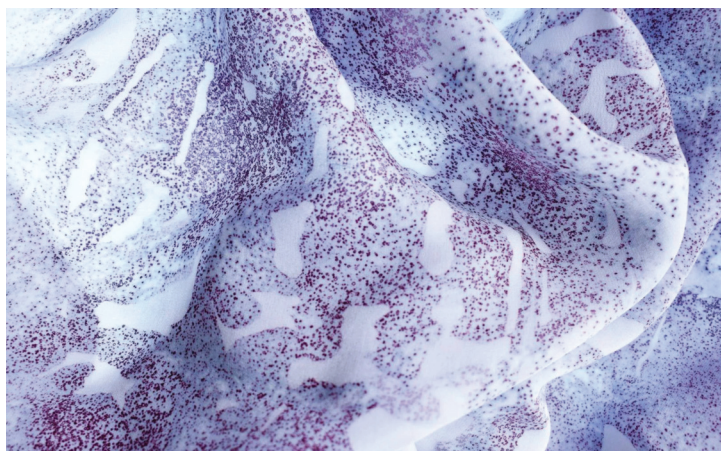
Ezek az esetek újfajta hibriditásokat és etikai dilemmákat hoznak létre, melyek már nem a természet restaurálásáról, hanem annak szerep-átrendezéséről és rendszerszintű újraírásáról szólnak – egy olyan világban, ahol a természet már nem minta, hanem modul.

5.11.1. Funkcionális élő anyagok és programozott természet

Az élő anyag nemcsak strukturális, hanem működéselvű komponens, mely programozható viselkedése révén a tervezés médiumává válhat. A következő példák olyan biodesignprojekteket mutatnak be, ahol a természet irányított rendszerré alakul át: a Project Coelicolor pigment-termelő baktériumai és a BioMASON önjavító cementje egyaránt a sejtszintű működés technológiai modellezhetőségére épít.

Élő textil, irányított természet – Project Coelicolor

A *Project Coelicolor* Natsai Audrey Chieza biodesigner által vezetett kutatási-tervezési projekt, mely a *Streptomyces coelicolor* nevű baktérium természetes pigmenttermelését alkalmazza textilfestéshez. A mikro-organizmus selyemszöveteken tenyészik, és élő mintázatot hoz létre,



Natsai Audrey Chieza:
Project Coelicolor, 2011

mely nem utólagos nyomtatás vagy festék, hanem sejtszintű metabolikus válasz eredménye. A projekt célja nem pusztán egyedi vizuális hatás elérése, hanem a baktérium viselkedésének laboratóriumi körülmények között történő szabályozásán keresztül egy olyan új tervezési logika feltérképezése, melyben a természet nem esztétikai inspirációként, hanem irányítható működési rendszerként jelenik meg (Karana et al. 2020).

Ahelyett, hogy a baktérium szabadon, spontán módon szaporodna és termelne pigmentet, a tervező kontrollált környezetben irányítja a folyamatot: szabályozza a növekedéshez szükséges hőmérsékletet,

pH-t, tápanyagot, nedvességet, valamint a baktériumkultúra szövetre való felvitelének módját és idejét (Ginsberg et al. 2014). Ez a szabályozott környezet nem pusztán technikai háttér, hanem maga is a design eszköze, mely révén a természetes biológiai viselkedés mesterségesen strukturált mintázattá alakul. A pigmenteloszlás nem véletlenszerű, hanem a designer által előre meghatározott paraméterek alapján valósul meg – így a baktérium viselkedése modellezhetővé és részben programozhatóvá válik.

E folyamat lényege abban áll, hogy a mikroorganizmus metabolikus működése irányítható, adaptálható és a tervezés céljaira felhasználható egységgé válik. Ez a hozzáállás rokon a szintetikus biológia mérnöki szemléletével, mely az élő nem utánozza, hanem viselkedésében befolyásolja (Myers 2012). A hackelés itt nem genetikai szintű beavatkozást jelent, hanem a biológiai működés környezeti feltételek útján történő finomhangolását – a természet így platformmá válik, melyen keresztül az anyag, a szervezet és az esztétikai kifejezés új szövete jön létre. A természet nem másolandó inspiráció, hanem irányított működésű médium.

BioMASON – biocement és önjavító anyagok

A BioMASON vállalat innovatív építőanyagokat fejleszt a *Sporosarcina pasteurii* nevű baktérium alkalmazásával, mely képes kalcium-karbonátot termelni egy speciális biogeokémiai folyamat során. A baktérium anyagcseréje során ammóniát és szén-dioxidot állít elő, mely egyesülve oldott kalciumionokkal szilárd kalcium-karbonát (CaCO_3) kristályokat eredményez. Ezek a kristályok cementáló közegként működnek, összekapcsolva a laza szemcsés anyagokat – például homokot vagy egyéb aggregátumokat – szilárd, téglaszerű struktúrává.

Ez a folyamat nem csupán biomimetikus, hanem valóban biológiai építőtevékenység, mely során a mikroorganizmusokat élő gyártóként alkalmazzák. A rendszer működéséhez szükséges környezeti paramétereket – mint a pH, tápanyag- és ionkoncentráció, hőmérséklet, nedvesség – precízen szabályozzák annak érdekében, hogy a baktérium megfelelő ütemben és szerkezetben hozza létre a karbonátkristályokat. A mikrobiológiai cementálás így nemcsak környezetbarát alternatívája a hagyományos cementnek, hanem irányított és reprodukálható folyamat, melyben a biológiai viselkedés technikailag kontrollálttá válik.

A BioMASON által előállított téglák emellett önjavító tulajdonságokkal is bírnak: nedvesség hatására a baktériumok újraaktiválódhatnak,

és képesek újabb karbonátkiválást indukálni, ezáltal lokálisan kijavítani a szerkezeti sérüléseket. A rendszer így nemcsak az építőanyag előállítását, hanem annak fenntartható karbantartását is lehetővé teszi, élő anyagként működve az épített környezetben.

Ez a megközelítés paradigmaváltást jelent az építészetben: az anyag nem pusztán passzív struktúra, hanem reaktív, élő rendszer, mely metabolikus működés révén képes reagálni a környezeti változásokra – rokonítva azt a szintetikus biológia mérnöki, működésalapú design logikájával (DeJong et al. 2006; BioMASON projektleírás).

5.11.2. Az élő test mint bioetikai labor és gyártóközeg

A biodesign technológiai horizontján az élő test nem csupán metafora vagy médium, hanem funkcionális gyártófelület és kísérleti laboratórium. Az ilyen beavatkozások közé tartoznak azok a projektek, melyek nem a természet utánzására törekednek, hanem az élő szervezetek testét használják fel biológiai termelésre vagy anyagfejlesztésre. Ezek a kísérletek gyakran biomimetikai célúak, mégis túllépnek a pusztá utánzáson: az élő szervezet viselkedése és fiziológiája maga válik a gyártás médiumává.

BioAcél kecske – az élő anyag mint bioetikai labor és gyártóközeg

A BioAcél kecske (*BioSteel Goat*) néven ismertté vált géntechnológiai projektet a kanadai Nexia Biotechnologies indította a kétezres évek elején azzal a céllal, hogy ipari méretekben is előállíthatóvá tegye a pókfonal rendkívüli mechanikai tulajdonságait: tömegéhez képest erősebb az acélnál, a kevlárnál nemcsak szilárdabb, hanem jóval rugalmasabb is, mégis könnyű és biológiailag lebomló. A kutatók a *Nephila clavipes* fajból származó selyemfehérjéjéneket illesztették be kecskék genomjába, így a transzgenikus állatok tejében a pókselyemre jellemző fehérje termelődött. A fehérjét vegyi eljárással izolálták, majd nedves fonási technológiával alakították mesterséges szállá. Az így előállított BioAcél anyag valóban biomimetikusanyag-tulajdonságokat mutatott: rugalmasabb volt a kevlárszálnaknál, és nagyobb szakítószilárdsággal bírt, mint az acél (Service 2002).

A projekt mögött nemcsak kereskedelmi, hanem katonai érdekek is megjelentek: a fejlesztés során az amerikai haditengerészet is támogatta a kutatást, mivel a BioAcél kiválóan alkalmasnak tűnt ballisztikai védőfelszerelések, sebészeti varratok vagy lebomló implantátumok gyártására. A kecske ebben a rendszerben nem csupán génhordozó,

hanem élő biológiai gyártóközeg: a tejtermelés természetes folyamata egy ipari célú, mesterségesanyag-gyártási mechanizmussá válik. Ez a fajta biointegráció a biotechnológiai beavatkozások paradigmáját radikálisan új szintre emelte, és súlyos bioetikai kérdéseket vetett fel az állati test technológiai instrumentalizálásáról.

A technológia működött ugyan, ám a kereskedelmi áttörés elmaradt. Egy kecske napi termelése mindössze két gramm tisztított selyemfehérje volt, ami messze nem bizonyult elegendőnek a tömegigényes alkalmazásokhoz (Mullin 2013). A Nexia Biotechnologies 2009-re fizetéseképtelenné vált, és a projekt megszűnt. A megmaradt transzgenikus kecskéket a Canada Agriculture and Food Museum vásárolta meg, ahol kiállítási célból ma is bemutatják őket. A kutatási vonalat Randy Lewis professzor és munkatársai folytatták a Utah-i Állami Egyetem laboratóriumában, ám a tömeggyártás technikai és gazdasági akadályai továbbra sem oldódtak meg (Rutherford 2012).

A BioAcél kecske története mára egy olyan példává vált, mely világosan mutatja, hogyan válhat az élő test ipari célú médiummá, és hogyan mosódnak össze a biológiai integráció, az anyagtechnológia és az állati etika határterei. A test ebben az értelmezésben már nemcsak biológiai entitás, hanem technológiai platform is, melyben a biológiai funkciók – mint például a tejtermelés – újrahasznosíthatók ipari célokra. A kérdés az, hogy e technológiai transzformáció hol húzza meg az élő, az állati és az emberi méltóság határait (Ankeny 2011).

Bolt Threads – a pókselyem biotechnológiája és a természet mint gyár

A BioAcél kecske kudarca után a pókselyem továbbra is kiemelt figyelmet kapott a biotechnológiai anyag-fejlesztésben. E kivételes tulajdonságokkal jellemezhető biomateriál – mely tömegéhez képest erősebb az acélnál, a kevlnál rugalmasabb, mégis könnyű és biológiailag lebomló – újabb kutatás-fejlesztési kísérleteket inspirált. Ezek közé tartozik a kaliforniai Bolt Threads vállalat is, mely az ipari előállítását állati rendszerek helyett mikrobiális fermentációval próbálta megvalósítani. Mivel territoriális viselkedésük és kannibalizmusuk miatt a pókok nem tenyészthetők nagyüzemi körülmények között, a vállalat a selyemfehérje előállítását génmódosított élesztőgombák segítségével oldotta meg. Az így termelt fehérjét ipari eljárással rosttá alakították, majd különféle textiltermékek – többek között nyakkendők és dzsekik – készítéséhez használták fel (Bolt Threads 2023).

A vállalat marketingstratégiája egy átfogó, fenntarthatóságra és természetes alternatívákra építő narratívát követett, melyet magas presztízsű márkákkal való együttműködések és gondosan felépített kampányok támogattak. A legismertebb partnerség a fenntarthatóságáról közismert Patagonia márkával jött létre, mely az outdoor ruházati iparban úttörőként alkalmaz újrahasznosított anyagokat és környezetbarát gyártást. A Bolt Threads és a Patagonia közös K+F projektje során egy Microsilks™ pókselyem prototípus kabát is készült, mely a biotechnológiai textilfejlesztés és a technikai ruházat határátlépését demonstrálta. Bár a kabát nem került kereskedelmi forgalomba, a kezdeményezés a természetes eredetű, állatmentes anyagok közös fejlesztésére irányult.



*Bolt Threads címke,
100% pókselyem
emberek által készítve.
Emeryville, Kalifornia*

A kereskedelmi megvalósulás elmaradásának okai többek között a magas gyártási költségek, a technológia nehéz skálázhatósága, valamint az anyag outdoor környezetben való nem kielégítő teljesítménye voltak. A cég később a jobban skálázható Mylo™ micéliumalapú bőr irányába mozdult el.

A Bolt Threads pozicionálása következetesen a zöld technológia és a természetes luxus fogalmai köré épült. Ezt jól példázza a 2017-es együttműködés is, mely során a Stella McCartney divatház bemutatott egy aranyszínű ruhát a londoni Victoria & Albert Museum *Fashioned from Nature* című kiállításán, melyet a vállalat laboratóriumában tenyésztett Microsilk™ anyagból készítettek (Wilcox és Ehrman 2018). A kampány „a tudomány találkozása a fenntarthatósággal” jelmonddal kommunikálta a márka értékeit, és laboratóriumi esztétikát ötvözött a luxusdivat világával.

A kollekció első darabja egy limitált szériás nyakkendő volt, melyet tudatosan a high-end irodai öltözködés világának pozicionáltak. Letisztult formája és laboratóriumban tenyésztett szálanyaga egyszerre képviselte a tudományos precizitást és a környezettudatos luxust. A terméket influenszerek és véleményformálók viselték, és mindössze 50 példányban gyártották, 314 dolláros áron – utalva a π számra és a tudományos narratívára (Murray-Nag 2017).

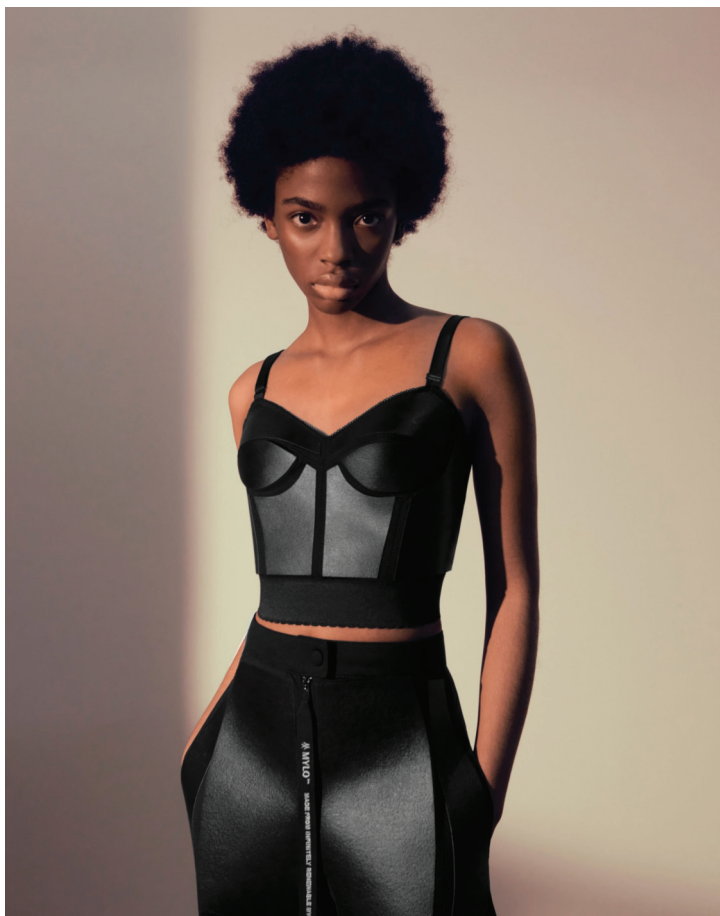


A Bolt Threads pókselyem nyakkendőinek reklámkampánya

Mindezek ellenére a pókselyemprojekt nem vált kereskedelmi sikeré. A szintetikus selyem gyártása drága, alacsony volumenű és logisztikailag bonyolult maradt – ipari szintű gyártása nem bizonyult fenntarthatónak. A pókselyemfehérje iránti érdeklődés ugyanakkor nem szűnt meg teljesen: a vállalat jelenleg a b-silk™ néven ismert, kozmetikai célokra szánt selyemfehérje-fejlesztésen dolgozik, melyet például bőrápolási termékek összetevőjeként hasznosítanak – így az élő szervezetek ipari felhasználásának logikája új formában, de tovább él (Bolt Threads 2025).

Ez a váltás jól példázza azt a dinamikát, melyre Alexandra Daisy Ginsberg is többször rámutatott. Biokritikai értelmezésében a szintetikus biológia

és a biodesign gyakran nem a természet megőrzését szolgálja, hanem annak ipari és gazdasági szempontok szerint történő újrapozicionálását. A természet ebben az olvasatban nem változatlan vagy érinthetetlen kategória, hanem egy módosítható platform, mely mérnöki beavatkozásokkal és piaci logikákkal újraszervezhető és értékesíthető. Az élő rendszerek így a fenntarthatóság retorikája mögött gyakran a biokapitalizmus tárgyaivá válnak – erőforrásként, szellemi tulajdonként vagy piacképes termékként (Ginsberg és Chieza 2018).



*Bolt Threads
x Stella McCartney Mylo
micéliumbőr-projektje
2021. Dezeen.com*

A Mylo™ fejlesztése során ugyanez a logika működik: a természet újraértelmezett, laboratóriumban *kultivált* változata szabadalmaztatható és versenyképes alternatívaként jelenik meg a hagyományos állati bőrről szemben. A biodesign tehát nem csupán technológiai vagy esztétikai vállalkozás, hanem mélyen beágyazódik a kortárs gazdasági és ideológiai struktúrákba is.

5.11.3. Posztnaturális archívum

Kurált evolúció: a posztnaturális lények rendszerezése

A természet rendszerezése – vagyis a taxonómia – hagyományosan a biológiai sokféleség stabil és megismerhető világképén alapult. A klasszikus természetrajzi múzeumok ennek megfelelően úgy katalogizálják az élővilágot, mintha az emberi tevékenységtől független, önálló rendszer lenne. Ezzel a felfogással azonban mind élesebben szembesül a kortárs biopolitika, ökológia és tudománytörténet, melyek egyre inkább hangsúlyozzák: a természet nem független létező, hanem mélyen átszőtt a kultúra, a technológia és a hatalmi viszonyok szálaival. Donna Haraway már a kétezres évek elején bevezette a természetkultúra (*natureculture*) fogalmát annak érzékeltetésére, hogy a természet és a kultúra mesterséges elválasztása nemcsak tarthatatlan, de veszélyesen leegyszerűsítő is: minden természeti forma egyben kulturális konstrukció, és minden



Center for PostNatural History. Fotó: Dror Yaron

kulturális technológia a természet újraserkesztését is jelenti (Haraway 2003). A természetén túli (*postnatural*) nem csupán a géntechnológia terméke, hanem egy örökölhető és szándékos beavatkozásokból álló, kulturálisan motivált evolúciós láncolat. Ez a fogalom világosan elválik a természetes és mesterséges kettősségétől, és kritikai eszközt kínál a biopolitikai és kultúrtechnológiai értelmezéshez (Aloi 2018).

A természet és kultúra határainak újragondolása a Center for PostNatural History (Pittsburgh, 2008–) tevékenységében válik leginkább

kézzelfoghatóvá. A központ – Rich Pell vezetésével – azokat az élőlényeket kutatja és archiválja, melyek örökölheto módon és szándékosan megváltoztak emberi beavatkozás révén, legyen szó háziasításról, genetikai módosításról vagy szintetikus biológiáról. Pell szerint az ilyen szervezetek nem férnek bele sem a *természetes példány*, sem a *kulturális tárgy hagyományos* múzeumi kategóriába – éppen ezért szükség van egy új, posztnaturális taxonómiára, mely figyelembe veszi a kulturális, technológiai és evolúciós rétegek összefonódását (Pell 2023).

A posztnaturális gyűjtemények nemcsak az ember által létrehozott új organizmusokat dokumentálják, hanem azokat a biológiai formákat is, melyek eredete szorosan összefonódik a kulturális és gazdasági gyakorlatokkal. Pell a posztnaturális történetet három fő beavatkozási szakaszra bontja. Az első az élőhelyi kontroll, melyen olyan mesterséges környezetek kialakítását érti, ahol az élőlények viselkedése, fiziológiája és szaporodása is emberi irányítás alá kerül. Ennek példája a fehér albinó laborpatkány, melynek eredete a XIX. századi angol patkányviadal vérsportjához kötődik. A küzdelmekhez célzottan tenyésztettek patkányokat, és a ritka fehér példányokat – különösen a viktoriánus középosztály nőtagjai – házi kedvencként kezdték tartani. Ezekből a háziasított, szelekcióval fenntartott populációkból alakult ki az a genetikai állomány, melyből a modern laboratóriumi patkány származik. Az albinizmus itt nemcsak esztétikai vagy házikedvenc-jellegű jegy volt, hanem később kifejezetten előnyösnek bizonyult a kísérleti környezetben: jól megfigyelhető, szelíd és kiszámítható. Mára a fehér patkány a biomedikális kutatások egyik leggyakrabban alkalmazott modellorganizmusává vált – egy olyan élőlény, melynek nemcsak genetikája, hanem egész életvilága az ember által uralt, posztnaturális térben jött létre (Pell 2023). A második a *reprodukciós kontroll*, melynek példája a közismert fajtatisztaság, a szelekció révén megjelenő kutyafajták vagy finn alkoholpreferenciás patkány, melyet nem természetes mutáció, hanem mesterséges szelekció útján, generációkon átívelő viselkedésalapú kiválogatás révén fejlesztettek ki. A kísérleti populáció tagjait kizárólag az alapján tenyésztették tovább, hogy az alkoholos oldatot előnyben részesítették-e a vízzel szemben – ezzel fokozatosan létrehozva egy olyan genetikailag meghatározott vonalat, mely erősen hajlamos az alkoholfogyasztásra. Ez a kísérletiállat-modell ma is fontos szerepet játszik az addikció idegélettani, pszichológiai és farmakológiai kutatásában. Itt a természetes viselkedés nemcsak megfigyelés tárgya, hanem célzottan manipulált és örökített tulajdonsággá válik – a biopolitikai kontroll és genetikai mérnökség határán működő eljárásként (Aloi 2020). A harmadik pedig a *genetikai mérnökség*: például a CRISPR-rel módosított szervezetek, mint a korábban ismertett BioAcél kecske vagy azok az akváriumi halak, UV-fény

alatt világítanak. Ez a triptichon egyfajta biopolitikai történeti modellként is értelmezhető, mely technológia és élő anyag kapcsolatának mély időbeli rétegződését mutatja fel (Center for PostNatural History 2025).

E példák arra világítanak rá, hogy a természet és kultúra közti szétválasztás nemcsak idejétmúlt, de politikailag és etikailag is problémás.

A klasszikus természetrajzi múzeumokban látott természet nem érintetlen valóság, hanem kulturálisan kanonizált konstrukció. Ahogyan Pell fogalmaz: „Minél több volt az emberi beavatkozás egy élőlény történetében, annál kisebb eséllyel került be a természetrajzi múzeumokba” (Aloi 2018). Ez a kiválasztás maga is politikai és episztemológiai aktus, mely épp a kulturálisan legösszetettebb fajokat rekeszti ki a reprezentációból. A posztnaturális szervezetek története gyakran láthatatlan munkát, indigén tudást, ipari érdekeket és tudományos kísérleteket rejt. Ezek az élőlények egyszerre tekinthetők technológiai artefaktumoknak és evolúciós entitásoknak. A hagyományos rendszertani kategóriák helyett tehát olyan *kurátori* megközelítésre van szükség, mely a származás, használat, manipuláció és kulturális viszonyok alapján rendezi újra az új természetet. A posztnaturális rendszerezés nem egy lezárt struktúra, hanem folyamatosan bővülő, ellentmondásokkal terhelt és újratárgyalható tudásforma. A taxonómiai rendszer tehát nem csupán leíró, hanem performatív: osztályozza, de létre is hozza a posztnaturális lények fogalmi kereteit, nemcsak biológiai vagy esztétikai, hanem politikai aktus is.

Az ilyen archívumok a kortárs művészet és elmélet számára is kulcsfontosságúak, hiszen az archiválás gesztusa itt egyúttal kritika és spekuláció is. A biológiai öröklés és szintetikus módosítás határainak elmosódása a biofikció terepén válik igazán érzékelhetővé.

5.12. A természet mint spekulatív rendszer

A természet fogalma a kortárs biodesign, bioart és spekulatív fikció kontextusában radikálisan átalakul. Többé nem a rend és egyensúly metaforájaként jelenik meg, és nem is a technológiaellenes organikus nosztalgikus hivatkozási pontjaként, hanem mint újraírható, programozható és kommodifikálható médium. A természet ebben az értelmezésben nem statikus háttér, hanem operatív felület: olyan nyitott és plurális rendszer, mely esztétikai, gazdasági, bioetikai és politikai beavatkozások kereszteződésében formálódik. A biológiai élet nem csupán megfigyelhető vagy reprezentálható, hanem tervezhető és piacosítható entitásként válik láthatóvá – vagyis olyan médiumként, mely a design nyelvére fordítva működik.

Ez a fejezet a természet új, spekulatív működésmódjait térképezi fel. Különböző diszciplináris és mediális példák – a biotechnológiai divat, a laboratóriumi hús, a genetikaimarker-állatok, a transzfaji teresség, a kiborgművészet vagy a poszthumán testek – egyaránt azt demonstrálják, hogy a természet nemcsak leképezhető, hanem újraalkotható, sőt: jelentéshordozóként is újrakeretezhető rendszerként működik. E példákban az anyag, az élet és az identitás nem adottság, hanem relációs és performatív konstrukció, mely a spekulatív tervezés, a tudományos fikció és a bioetikai diszkurzus metszéspontján jön létre.

A fejezet egészét átszövi a pantomimikri működésmódja: a természet nem egyetlen minta vagy referenciapont alapján értelmeződik, hanem sokféle entitás között létrejövő relációk hálózatában. Ebben a kontextusban a mimikri nem utánzás, hanem viszony – nem reprezentáció, hanem modellezés, kódolás és újrarendezés. A természet nem válasz, hanem kérdés; nem lényegi állapot, hanem folyamatos tárgyalás tárgya. Egyes példákban – különösen ott, ahol új testek, bioidentitások vagy anyagfikciók jelennek meg – a pantomimikri ontomimikriként sűrűsödik, azaz új létformák performatív konstruálásává válik.

A természet mint spekulatív rendszer tehát nemcsak kortárs design-stratégia, hanem az érzékelési és morális újratérképezés médiuma is. E fejezet célja, hogy a mimikri ezen kibővített értelmezésén keresztül újraértelmezze a természet medialitását – egy olyan világban, ahol az anyag, az élő és a képzelet között többé nem húzhatók meg éles határvonalak, és ahol a természet már nem utánzott forma, hanem dinamikus, újratervezhető és sokértelmű pozíció.

5.12.1. Természet mint gyár – anyagfikciók és biokapitalizmus

A biodesign és a szintetikus biológia kortárs gyakorlatai egyre inkább elmozdulnak a természet mimetikus leképezésétől az élő rendszerek programozása és anyagként való újratervezése felé. A tervezés nem pusztán esztétikai vagy funkcionális célokat követ, hanem gazdasági, ökológiai és etikai jelentéseket is implikál. A természet ebben az összefüggésben nem csupán inspirációs forrásként vagy ökológiai háttérként jelenik meg, hanem olyan termelési logikák és biopolitikai rendszerek médiumaként, melyeket a design aktívan alakít.

Ebben az új viszonyrendszerben az anyag nem adott, hanem tervezhető, genetikailag programozható entitásként értelmeződik – akár egy textilnövény gyökérzete, egy újraélesztett madár bőre, vagy egy

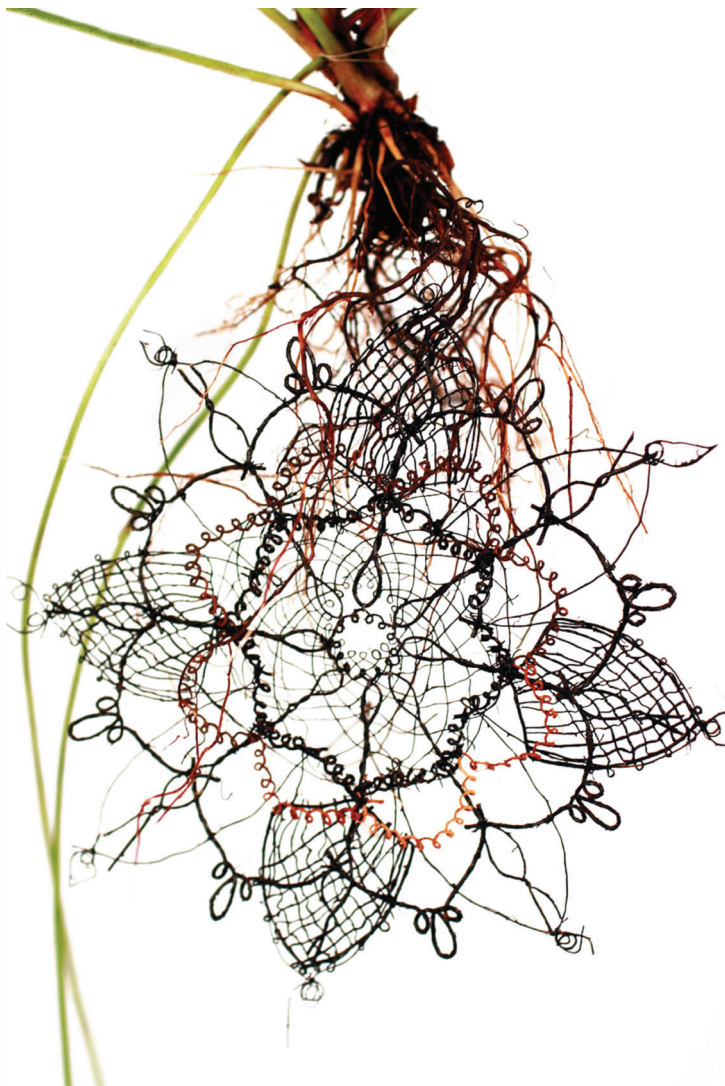
laboratóriumban növesztett őshúsdarab formájában. A természet feltörhető rendszerként kezd működni, ahol a biológiai élet nemcsak rekonstruálható, hanem újraértékesíthető is. Ez a tendencia a bio-kapitalizmus új szakaszát jelzi, melyben az élő örökség – legyen az egy kipusztult faj genetikai kódja vagy egy híresség sejtje – kereskedelmi hasznosítás tárgyává válik.

A következő példák – Carole Collet *BioLace* projektje, Tina Gorjanc spekulatív vándorgalamb-kesztyűje, a Vow mamuthúsgombóca és a BiteLabs celebszalámija – egyaránt olyan anyagfikciókat mutatnak be, melyek az élő mint ipari médium, valamint az identitás mint árucikk kérdéseit tematizálják. Ezek az esettanulmányok különböző médiumokon keresztül (textil, divat, étel, marketing) reflektálnak arra, miként alakítja át a biotechnológia az anyagról, az életről és a test reprezentációjáról alkotott fogalmainkat. A természet itt már nem adottság, hanem gyártási rendszer, fikciós nyersanyag és kulturálisan kódolt termék – egyszerre spekulatív vízió és valós biopolitikai játszma terepe.

BioLace: növény mint programozott textilgyár

Carole Collet textiltervező és biomédia-kutató, a londoni Central Saint Martins MA Biodesign képzésének megalapítója. Tervezői és elméleti munkásságában következetesen arra törekszik, hogy a biológiai rendszereket ne csupán nyersanyagként vagy esztétikai inspirációként kezelje, hanem programozható, élő médiaként. A biodesignhoz kapcsolódó tipológiája – a természet mint modell, munkatárs és feltörhető rendszer – jelen fejezet értelmezési keretét is meghatározza, és alapvető kiindulópontként szolgál a természet és design viszonyának vizsgálatához.

Collet *BioLace* című projektje (2010) egy olyan spekulatív tervezési vízió, mely egy jövőbeli, biotechnológiai környezetben képzeletbeli a textiltermékek létrehozását. A projekt középpontjában egy genetikailag módosított epernövény áll, melynek biológiai struktúrája oly módon van átprogramozva, hogy a textiltermék három alapvető funkcionális rétegét – struktúra, védelem, reprodukció – egy élő rendszerként integrálja. A növény gyökérzete a talajban mintázott rostos hálót növeszt, mely a csipkeshövet szerkezeti alapját képezi; szára és levelei speciális sejtszinten működve olyan funkcionális szálakat termelnek, melyeknek antibakteriális vagy UV-szűrőhatásuk van; míg termése, az eper, egyszerre fogyasztható és újrateljesítésre képes biológiai vektor, azaz a növény önreprodukáló anyaggyártóként is működik.



*Carole Collet:
BioLace, 2010*

Ez az organikus textilgyár nemcsak a gyártás technológiai fogalmát radikalizálja, hanem újfajta ökológiai és tervezői logikát is felkínál. A design ebben a rendszerben nem egy végtermék formába öntését jelenti, hanem egy növekedési és működési program megírását: a designer a genetikai és morfológiai folyamatokat szabályozza, vagyis a biológiai viselkedést koreografálja.

A BioLace szorosan kapcsolódik Collet tipológiájához, azonban nem csupán a természet mint munkatárs kategóriájában értelmezhető, hanem egyre inkább a természet mint feltörhető rendszer paradigmájába

illeszkedik: a természet itt nemcsak inspirációs forrás vagy együttműködő partner, hanem kódolható, programozható médium, mely aktívan alakítható és viselkedéssé szervezhető a tervezés során (Collet, 2012). A design tehát nem a természet utánzására törekszik, hanem annak programozott kibontására és morfológiai manipulációjára, ahol az élő rendszer nem csupán formálható, hanem intelligens, célorientált működésre hangolható.

A BioLace a spekulatív design eszközeivel él: nem egy megvalósított prototípust, hanem egy jövőbeli lehetőséget tár elénk, mely etikai, ökológiai és gyártási kérdéseket tematizál. Ugyanakkor ez a fikció mára egyre inkább valóságközeli pozícióba került: olyan kortárs biotechnológiai fejlesztések, mint a pókselyemszálak vagy a Mylo™ gombaalapú bőr, valós kutatási és ipari környezetben foglalkoznak azokkal a kérdésekkel – például az anyag életciklusának újradefiniálásával és programozhatóságával –, melyeket Collet több mint egy évtizede konceptuális szinten már megfogalmazott. A BioLace így egyszerre biofikció és jövőmodell: a biológiai és technológiai rendszerek konvergenciáját nemcsak előrevetíti, hanem kritikai és tervezői szempontból is artikulálja.

Védettből védjegy – a természet újraértékesítésének biopolitikája

Tina Gorjanc *The Great Passenger Pigeon Comeback* (A vándorgalamb nagy visszatérése) című 2019-es projektje a BioLace koncepciójához hasonlóan a természet biológiai újratervezéséből kiinduló, anyagcentrikus spekulatív vízió. A tervező korábban Alexander McQueen, a kétezres évek egyik legprovokatívabb haute couture alkotójának DNS-éből kívánt laboratóriumi úton emberi bőrt tenyészteni, hogy abból luxustáskákat készítsen – ezzel reflektálva a genetikai örökség szabadalmazhatóságának és kereskedelmi célú kisajátításának kérdéseire (Design Indaba 2016).

Ebben a későbbi munkájában egy másik biopolitikai forgatókönyvet vizsgál: egy kipusztult madár, az egykor Észak-Amerikában tömegesen élő vándorgalamb deextinkcióval történő visszahozását képzei el, melynek bőrből luxuskategóriás kesztyűk készülnek. A projekt a *Revive & Restore* nevű valós tudományos program narratívára épít, és az ökológiai regenerációt a design és a divatipar spekulatív logikájába illeszti (Revive & Restore 2025).

Az amerikai vándorgalamb nemcsak a faj visszahozásának technikai kérdéseit tematizálja, hanem azt is, milyen etikai és gazdasági következményekkel járhat, ha egy kipusztult állat újra megjelenik, ám nem

ökológiai szerepkörben, hanem árucikként, prémium alapanyagként. A visszatérés így nem biodiverzitási aktus, hanem *biokapitalista* termelési lánc kezdete: a természet újraélesztése itt nemcsak lehetővé



Tina Gorjanc:
The Great Passenger
Pigeon Comeback, 2019

válik, hanem profitálhatóvá is. Gorjanc projektje ironikus érzékenységgel mutat rá arra, hogyan válhat a természet genetikai öröksége védettből védjeggyé.

Míg Collet a természet programozhatóságát egy jövőbeli, élő gyártórendszer példáján keresztül mutatja be, Gorjanc munkája ennek kritikai tükröképe: a természetből kiemelt, rekonstruált élet itt nemcsak

funkcionális, hanem luxusfogyasztási értéké is transzformálódik. A design nem ökológiai restaurációként, hanem gazdasági és biopolitikai koreográfiaként jelenik meg. A két projekt egymástól eltérő esztétikával és nyelvvel, de ugyanazt a kérdést teszi fel: mi történik, ha a természetet nemcsak újra létrehozni, hanem újraértékesíteni kezdjük?



*Mamuthúsgombóc,
Vow, 2023.
Nemo Múzeum,
Amszterdam*

Sejtételek – bioemlékezet és húsutópiák

A *Mamuthúsgombóc* (2023) című projekt egy ausztrál biotechnológiai cég, a Vow különleges laboratóriumi húskísérlete, mely a kihalt gyapjas mamut izomszövetének részleges rekonstrukcióját és gasztronómiai újragondolását tűzte ki célul. A *Myoglobin Revival Project* keretében a kutatók szintetizálták a mamut myoglobinné gént, majd juhizomsejtekbe ültették be, a hiányzó genetikai szakaszokat afrikaielefánt-DNS-sel pótolva. A laborban kultivált sejtvonalak végül röplabda méretű húsgombócá álltak össze, melyet az amszterdami NEMO Science Museumban mutattak be – kóstolás nélkül, mivel nem lehet tudni, hogyan reagálna az emberi immunrendszer egy több ezer éves fehérjére (Vow 2023a).

Ez a laboratóriumban növesztett hús nem pusztán technológiai csoda: kulturális provokációként is funkcionál. A húsnövesztés lehetőségét demonstrálva a projekt párbeszédet nyit az ipari állattartás fenntarthatatlansága, a klímaválság és az életmódváltás kérdéseiről. A Vow célja nem csupán a hús alternatív megoldásának bemutatása, hanem annak hangsúlyozása is, hogy ezzel megkímélhetjük az élőlényeket, csökkenthetjük a húsipar környezeti terheit, és felgyorsíthatjuk a globális változásokhoz való alkalmazkodást (Carrington 2023).

A húsgombóc spekulatív gesztusként is jelenik meg: nemcsak rekonstruálni kívánja az ősi hús élményét, hanem meg is próbálja *ízlelhetővé* tenni – bár ez csupán elképzelés marad. Az étel ebben a kontextusban nem táplálékként, hanem kortárs kulturális metaanyagként működik, mely múlt és jövő között teremt kapcsolatot.

Ez a provokatív tárgy párbeszédet folytat Tina Gorjanc *The Great Passenger Pigeon Comeback* munkájával is. Mindkét projekt kipusztult fajokat árucikként interpretál: a mamutot laborhúsként, a vándorgalambot divatkellékként. A különbség az alkalmazott médium: Gorjanc a divatipart, a Vow a gasztronómiát használja az ökológiai visszanyúlás kulturális kritikájára. A természet itt nemcsak újraéleszthető, hanem ízlés szerint formálható és kereskedelmileg pozicionálható.

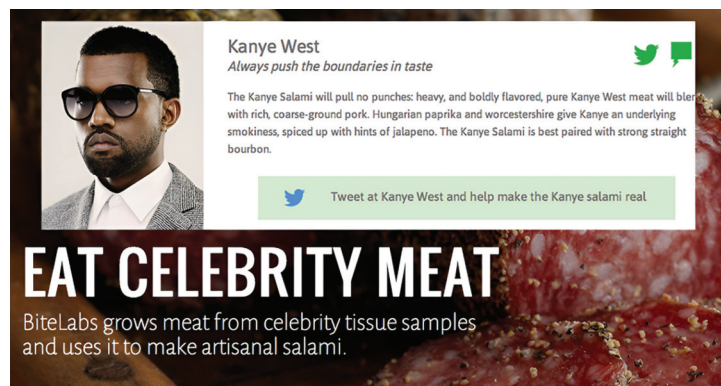
Celebszalámi – BiteLabs: bioidentitás mint árucikk

A *BiteLabs* spekulatív projektje egy 2014-ben indított fiktív biotechnológiai kampány volt, mely azt ígérte, hogy hírességek DNS-ének felhasználásával laboratóriumi körülmények között előállított szálamikat fog készíteni. A kampány középpontjába olyan ismert személyeket állítottak, mint Kanye West, Jennifer Lawrence, Ellen DeGeneres vagy James Franco, akiket nyilvános felhívásban szólítottak meg, hogy járuljanak hozzá genetikai mintájuk rendelkezésre bocsátásával a kolbászgeneráláshoz (Grub Street 2014; Los Angeles Times 2014). A projekt alapötlete szerint a hírességek bőrsejtjeiből származó sejtvonalakat más állati eredetű sejtekhez kevernék, majd fűszerekkel és éreléssel alakítanák végleges termékké – ezzel létrehozva egy *bioidentitással átitatott*, egyedi laborhústerméket.

A *BiteLabs* projekt ironikus kritikai reflexió, a test mint márka, a híresség mint árucikk, és a hús mint kulturális médium szatirikus módon fonódik össze. A koncepció rávilágít arra, hogyan válhat a biológiai identitás materiális fogyasztási formává, és hogyan szívárognak át a celebkultusz esztétikái – mint a test fetiszizálása, a híresség mint márka vagy a vágy tárgyává váló identitás – a biotechnológiai reprezentációk világába. A projekt az etikai határátlépések, a genetikai tulajdonlás és a biohatalom kérdéseit is tematizálja – mindezt egy látszólag banális, de szimbolikusan túlfűtött termék, a szalámi médiumán keresztül (New Republic 2014; Famous Campaigns 2014).

Bár a projekt nem valósult meg tényleges termékként – a háttérben nem állt valódi laboratóriumi fejlesztés vagy celeb-együttműködés –, virálisan terjedő médiavisszhangja és provokatív ereje azt mutatja,

hogy milyen gyorsan tud a bioidentitás reprezentációja a kulturális fetisizmus és genetikai fantáziák tárgyává válni. A BiteLabs mögött álló *Hello Velocity* művészkollektíva szerint a cél nem a húselőállítás, hanem a *diskurzusgenerálás* volt: a spekulatív design mint kritikai médium, mely rákérdez a test, az anyag és a híresség viszonyára egy poszthumán biokulturális korszakban (Animal New York 2014). A projekt így nemcsak a szintetikus hús jövőbeli lehetőségeire reflektál, hanem az emberi test mint médium spekulatív és etikai implikációira is.



*BiteLabs:
Kanye West Salami,
2014*

5.12.2. Genetikai beavatkozás és ökológiai performansz

A kortárs biodesign és bioart egyes irányzatai nem csupán reprezentálják az élő, hanem konstruálják és konceptualizálják – gyakran a test, a természet és a technológia határterületein végrehajtott spekulatív beavatkozások révén. Az ebben az alfejezetben tárgyalt három projekt – Ai Hasegawa transzfaji terhességszimulációja (*I Wanna Deliver a Dolphin*), a génmeghajtású populációs beavatkozásként értelmezett *Pink Chicken Project*, valamint Elio Caccavale *Utility Pets* című bioetikai esettanulmánya – mind olyan elképzelt vagy laboratóriumi környezetbe helyezett helyzetet modellez, mely az élet manipulálhatóságának, instrumentalizálásának és esztétikai mediatisálásának határait firtatja.

Ezek a munkák különböző módokon, de következetesen tematizálják a biopolitikai és affektív viszonyokat, melyek az emberi és nem emberi életformák közötti kapcsolatokban megjelennek. Miközben a genetikai módosítás, a reprodukív technológiák vagy épp a xenotranszplantáció kérdései a kortárs tudományos és etikai diskurzusok középpontjában állnak, e projektek célja nem az illusztráció, hanem az érzékelés újraszervezése: a néző olyan helyzetekkel találja magát

szemben, ahol a gondoskodás, a kontroll és az erőforrásként értelmezett élet ambivalens struktúrái válnak láthatóvá.

A közös nevezőt nem csupán a biotechnológiai motívumok jelentik, hanem az a kritikai és érzékeny pozíció, melyben az élet nem pusztán kutatási objektumként, hanem etikai médiumként van jelen. Az affektív performativitás, az ökospirituális stratégiái lehetővé teszik, hogy e munkák ne csak intellektuálisan, hanem emocionálisan is bevonják a befogadót. A cél nem a jövő prediktív leírása, hanem az értékek és érzékelési minták újratérképezése – ott, ahol az élő és a tervezett már nem választható el egymástól.

Génmeghajtás rózsaszín csirkékkel – antropocén marker

A *Pink Chicken Project* (2016) egy spekulatív biodesign-javaslat, mely a génmeghajtás (*gene drive*) radikális biotechnológiai eszközét használja fel arra, hogy globálisan elterjedő rózsaszín-csirke-populációt hozzon létre. A projekt célja nem a gasztronómiai sokszínűség fokozása vagy egy új állatfaj létrehozása, hanem egy mesterséges ökológiai marker bevezetése az antropocén geológiai korszak bizonyítékeként.

A kiindulópont az a felismerés, hogy a házi csirke (*Gallus gallus domesticus*) napjainkra a világ legelterjedtebb gerinces állatává vált, és csontmaradványai, valamint iparilag manipulált genetikai mintázatai potenciálisan fosszilis bizonyítékként szolgálhatnak a jövő geológusai számára. A *Pink Chicken Project* ezt a fajon belüli evolúciós irányt kívánja tudatosan és visszafordíthatatlanul módosítani, a génmeghajtó technológia révén. A javasolt beavatkozás során a színért felelős pigmentációs géneket úgy módosítják, hogy a csirkék tollazata öröklötten rózsaszín legyen – ez a szín a laboratóriumi beavatkozás vizuális lenyomataként szolgálna.

A projekt esztétikailag játékos, ugyanakkor mélyen kritikus, hiszen felveti a kérdést: lehetséges-e egy állatfaj egészét szimbolikus, kulturális céllal módosítani, és ha igen, milyen következményekkel jár ez a természet és az élővilág egészére nézve? A rózsaszín csirke mint kódolt marker olyan spekulatív geoantropológiai nyomhagyás, mely tudatosan viszi bele az emberi technológiai döntéseket az evolúcióba.

A projekt az ökológiai művészet és a szintetikus biológia határán mozogva egyfajta bio-geo-esztétikai performanszt hajt végre, ahol az élet formái és genetikai struktúrái emlékművé válnak egy korszakra. A *Pink Chicken* nemcsak az állati testet, hanem a faj szintű

öröklődést is médiumként kezeli – így a természet emlékezeti és politikai konstrukciójává alakul.

A *Pink Chicken Project* jól illeszkedik az antropocén kritikai diskurzusába, ahol nemcsak az ökológiai kár, hanem az emberi lenyomat tudatos előállítása is esztétikai és etikai kérdéssé válik. A rózsaszín csirke ebben az olvasatban nem kuriózum vagy hibrid lény, hanem történeti tanú – egy mesterségesen létrehozott evolúciós nyom, mely az emberi korszak cinikus-ironikus emléktárgyává válik (Davis, Tonn és Reus 2016).



*Nonhuman Nonsense:
Pink Chicken Project,
2019*

A *Pink Chicken Project* tehát nemcsak vizuálisan kódolja az antropocén lenyomatát, hanem szintetikus DNS-be rejtett üzenettel is ellátja a módosított csirkéket: az alkotók egy rövid *anti-antropocén nyilatkozatot* írtak a genetikai állományba, mely életbe kódolt kritikaként működik tovább (Tonn, Reus és Davis 2016). Ez a stratégia az antropocén emlékezet politikáját és biológiai archiválhatóságát problematizálja, ahol a természet mint médium önmaga hordozójává válik.

Mi, a Föld bolygó emberei, ezt az üzenetet az antropocén kezdetén írjuk. A bolygó jelenlegi pusztítása nem az egész Homo sapiens faj tevékenységének következménye, hanem egy kis hatalmi csoport cselekedeteinek következménye, melyet a fehér felsőbbrendűség, a gyarmatosítás, a patriarchátus, a heteroszexizmus és az ableizmus igazságtalanságai tartanak fenn. Arra kérünk benneteket, hogy harcoljatok ezen elnyomás ellen, mert ez teszi lehetővé és súlyosbítja az antropocentrikus erőszakot, melyet a nem emberi világra kényszerítenek.

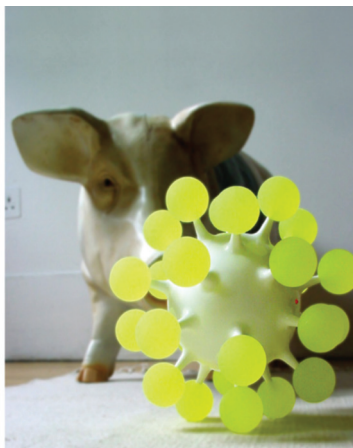
Abban a reményben küldjük ezt az üzenetet, hogy újra tudtatok minket képzelni mint biológiai organizmust, mely szimbiózisban él egymással és a bolygóval.”

Haszonállatka: xenotranszplantációs játszótér vagy bioetikai labor

Elio Caccavale 2004-es *Utility Pets* (Haszonállatkák) című projektje egy spekulatív bioetikai koncepció, mely kritikusan reflektál a xenotranszplantáció orvosi gyakorlatára és annak társadalmi-etikai implikációira. A projekt középpontjában olyan genetikailag módosított, emberi szerveket növesztő malacok állnak –, melyek egyszerre jelennek meg érzelmi kötődést kiváltó házi kedvencként és potenciális donor-organizmusként.

A disznó, mint választott élőlény, nem véletlen: anatómiai és fiziológiai hasonlósága az emberhez – különösen a keringési rendszer és egyes belső szervek szintjén – régóta az orvosi kutatás és a xenotranszplantáció kísérleti terepe. Ezt a kutatási irányt emelte új szintre az a 2022-es klinikai beavatkozás, amikor először ültettek be genetikailag módosított disznószívet emberbe (Belluck 2022). A 2025-ben végrehajtott, génmódosított disznómáj emberi szervezetbe történő sikeres beültetése pedig új távlatokat nyit az átmeneti hídterápia lehetőségében olyan páciensek számára, akik humán donorszerv hiányában életveszélybe kerülnének (Tao et al. 2025). A *Utility Pets* ezt az orvosi

kontextust fordítja át egy affektív és etikai kérdéseket tematizáló konceptuális keretbe, ahol a gondoskodás és az instrumentális használat radikális kettőssége válik tapinthatóvá.



*Elio Caccacavale:
Utility Pets, 2004*

Caccavale a projektet nem valós alkalmazásra, hanem kritikai reflexióként pozicionálja: olyan designként, mely képes utánozni a biomedikális logikát, miközben érzékeny etikai kérdéseket vet fel a test használhatóságáról és az élet eszközszerűsítéséről. Ez spekulatív performatív helyzet, melyben a néző erkölcsi döntések és affektív viszonyok hálójába kerül – egyszerre azonosul és idegenkedik a tervezett szituációtól.

*Malacboncolás.
Opera omnia, Galen.
Fametszet, 1565*

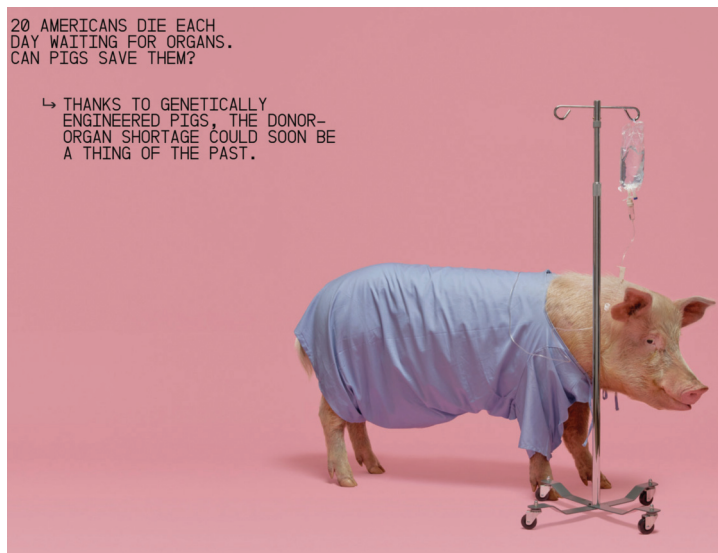


A projekt szándékosan zavarba ejtő eszközkészlettel dolgozik: a vizuális megjelenés, a tárgyak, a narratív elemek és a projektet kísérő írásos dokumentáció mind azt sugallják, hogy egy rendszerezett, logikus termékcsoomagról van szó – miközben éppen ez a tárgyiasított prezentáció teszi nyilvánvalóvá az etikai feszültséget. A gondoskodás ebben a keretben nem pusztán érzelem, hanem előkészítő aktus is: az áldozatra, a hasznosításra, a döntésre.

A *Utility Pets* nem elrettent, nem moralizál, hanem aktívan provokál: olyan spekulatív designeszközként működik, mely a bioetika norma-rendszereit esztétikai és konceptuális szinten kérdőjelezi meg. Caccavale célja nem az, hogy megoldásokat kínáljon, hanem hogy újraértékeljük viszonyunkat az élethez mint erőforráshoz, a testhez mint technológiai lehetőséghez, és az érzelmekhez mint normatív eszközökhöz. Ahogy fogalmaz: „a cél nem a jövő meghatározása, hanem a nyilvános párbeszéd elindítása a biotechnológia emocionális és etikai következményeiről” (Caccavale 2007).

A projekt koncepciója különösen időszerűnek tűnik a kortárs xenotranszplantációs kutatások eredményeinek fényében. 2017-ben az amerikai eGenesis, George Church és társalapítója, Luhan Yang vezetésével

CRISPR/Cas9-alapú génszerkesztéssel hozott létre transz-genikus malacokat, melyekből sikeresen eltávolították az összes PERV (porcine endogenous retrovirus) gént, azaz a disznó genomjában



A New York Times Magazine Tech and Design száma.

Konceptió:

Delcan & Company.

Fotóillusztráció:

Jamie Chung.

Kellékstyling:

Pink Sparrow. 2018

szunnyadó, potenciálisan fertőző vírusmaradványokat, így megnyitva az utat a humán donorszervekben rejlő lehetőségek előtt (Niu et al. 2017). A Laika névre keresztelt malac – nevét az emberért magát feláldozó szovjet űrkutyáról kapta, amivel már önmagában is egy



Luhan Yang

TED-előadása

Laika malaccal

a kivetítőn

érzelmileg terhelte, antropomorfizáló gesztus jön létre – valószínűleg kínai laboratóriumban született, ahol kevésbé szigorú szabályozás mellett folyt a kutatás, ahogy George Church is megjegyzi a Human Nature doku-mentumfilmben (Bolt 2019). Luhan Yang pedig a TED-előadásában is hangsúlyozza az organikus transzplantáció sürgősségét

és az eGenesis célkitűzését, miszerint „egy olyan világot akarunk, ahol senki sem hal meg várakozás közben” (Yang 2018).

Ez a biotechnológiai gyakorlat mintha közvetlenül valósítaná meg Caccavale spekulatív designját: a Laika egyszerre tárgya a gondoskodásnak és médiuma a technológiai hasznosításnak. Míg a *Utility Pets* egy fiktív bioetikai modellben bontja ki az affektus és instrumentális testhasználat kettősségét, addig a Laika-projekt már maga is egy valós bioetikai labor, ahol a szerethetőség és a hasznosság egyazon élőlényben testesül meg, egy bioetikai hibridben. A disznó így nemcsak a xenotranszplantáció csendes modellje, hanem az újkori biopolitika emblémája lesz – a test és az érzelmek technológiai és piaci formálásának metszéspontján. Ez a kettősség – a gondoskodás és a hasznosítás feszültsége – nemcsak a design és a tudomány területén jelenik meg, hanem a kortárs vizuális kultúrában is visszatérő motívummá válik.

Bong Joon-ho: *Okja*,
2017. Játékfilm



Ilyen kérdéseket tematizál Bong Joon-ho 2017-es filmje, az *Okja* is, melyben egy génszerkesztett óriás csodamalac köré épül az érzelmi kötődés és a gondoskodás, miközben a történet során egyre világosabbá válik, hogy az állat az ipari hasznosítás potenciális tárgya – még ha végül elkerüli is a feldolgozást. A film szatirikus élességgel kritizál minden szereplőt – az állatvédő aktivistáktól a média képviselőin és a fogyasztókon át a globális élelmiszeriparig –, akik, illetve amelyek mind saját érdekeiket vetítik az állat testébe. A húsfogyasztás felől közelítve tematizálja ugyanazt az instrumentális logikát, melyet *A sziget* (Michael Bay 2005) a xenotranszplantáció végletekig vitt verziójában tár elénk: itt már nem állatok, hanem génazonos emberi klónok szolgálnak tartalék alkatrészként – testként, mely nem birtokolhatja önmagát.

Transzfaji terhesség és ökospirituális gondoskodás

Ai Hasegawa *I Wanna Deliver a Dolphin* (Delfint akarok szülni) című 2011–2013 között készült projektje egy biopolitikai spekuláció, mely

rülhetők lennének az etikai és jogi problémák, melyeket az emberi petesejtek használata vetne fel. A projekt tehát a mesterséges biológiai interfészeken keresztül újraértelmezi a szülés és fajfenntartás fogalmát – egyúttal kérdésessé téve, kié az élet, amit létrehozunk (Rieser 2022).

A *Delfint akarok szülni* provokatív esettanulmány egy olyan jövőről, ahol az emberi test nemcsak a saját faj fenntartására, hanem ökológiai pótlásra és gasztronómiai élvezetre is szolgál. A projekt egyszerre reflektál a technospirituális utópiákra és azokra a bioetikai dilemmákra, melyek a fajok közötti reprodukció, a fogyasztás és a gondoskodás mezsgyéjén keletkeznek. A mimetikus mozzanat itt abban áll, hogy az anyai test nemcsak szimbolikus helyettesítőként, hanem biológiai funkcióként válik egy másik faj szurrogátumává, ezzel új szintre emelve a *panto*- és *biomimikri* fogalmát.

Yolande Harris értelmezésében Hasegawa projektje nem csupán provokatív spekuláció az ökológiai válság és a reprodukív technológiák jövőjéről, hanem új típusú *techno-természet* gondolkodásmódra hív: egy olyan képzeletbeli rendszerre, melyben az emberi test, a fajfenntartás és a fajok közötti empátia egyaránt a mesterséges ökológiák médiumává válik (Harris 2022). A techno-természet érzékenység e kontextusban azt a reflexív képességet jelöli, mely felismeri, hogy a természet nem egy elkülönült *másik*, hanem technológiai interfészeken és bioetikai döntéseken keresztül újra és újra létrehozott viszony – hibrid, konstruált és érzékeny hálózat, melybe az emberi test is beletartozik.

5.12.3. A test, mint spekulatív interfész – technoorganikus poszthumanizmus

A test ebben a kontextusban nem csupán biológiai entitásként jelenik meg, hanem érzékelési, affektív és technológiai kapcsolódások csomópontjaként, mely képes szimbolikus, mediális és infrastrukturális szerepeket is betölteni. A poszthumanizmus elméleti mezőiben a test nem lezárt organizmusként, hanem állandóan újraszerveződő felületként értelmeződik, ahol a természetes és mesterséges határainak elmosódása nem hiba, hanem lehetőség.

Ebben a spekulatív testfogalomban az interfész nemcsak azt jelöli, ahol a test találkozik a géppel, a szociális környezettel vagy az ökológiai mássággal, hanem azt is, ahol a test elméleti és morális feszültségei kitapinthatók: sebezhetőség, mesterséges beavatkozás, vagy éppen új evolúciós lehetőségek. A test itt nem passzív tárgy, hanem aktív médium – olyan szubjektum- és világteremtő felület,

melyre az orvostudomány, a bioetika, a művészet és a technológia egyszerre vetíti ki jövőképeit.

A következő példák – Stelarc performanszai, Agi Haines spekulatív újszülött-teszti és Patricia Piccinini biohibridjei – nem alternatív anatómiai lehetőségeket kínálnak, hanem érzékenység-, empátia- és testpolitikai kérdéseket tesznek láthatóvá. Ezek az alkotások nem a technológia diadalát, hanem a test bizonytalanságát és újraképzésének szükségességét hangsúlyozzák – interfészként értelmezve a testet nemcsak a géppel, hanem az ismeretlennel, a jövővel és a mással való kapcsolódásban.

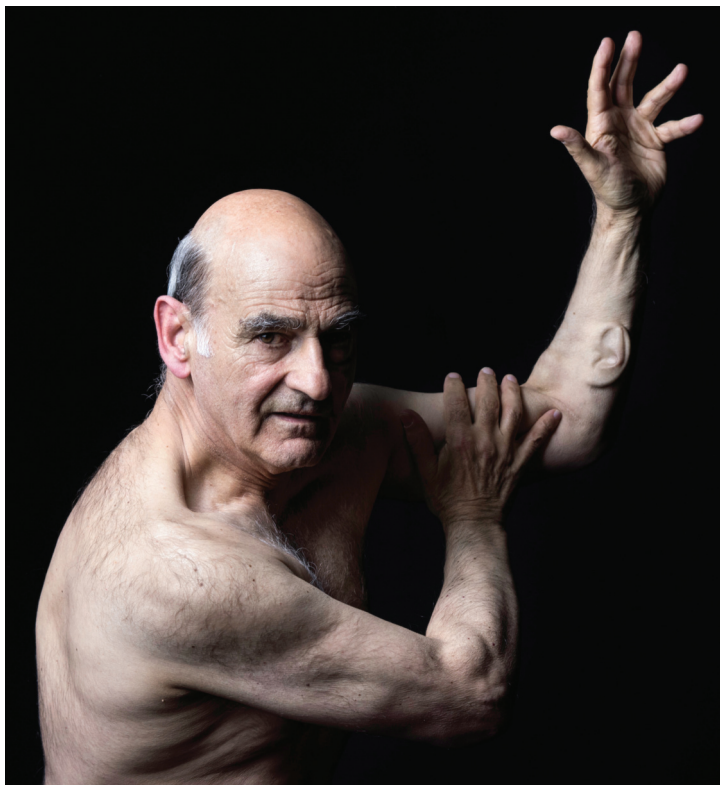
Stelarc: A test mint kiborgplatform, technológiai kiterjesztés médiuma

Stelarc ausztrál performanszművész radikálisan újragondolta a test szerepét a kortárs művészetben és technológiában. Művészeti programja a testet nem lezárta biológiai entitásként, hanem folyamatosan újrakonstruálható és technológiával bővíthető *kiborgplatformként* értelmezi, mely képes meghaladni evolúciós korlátait. A test ily módon nemcsak médiumként, hanem *interfészként* működik, ahol az emberi és nem emberi, biológiai és gépi határok összefonódnak (Stelarc 1991).

A kiborg koncepciója – melyet Donna Haraway már 1985-ös *Kiborg-kialtványában* radikálisan újrapozicionált – azt állítja, hogy az emberi test és az azt kiegészítő technológiák közötti határok mesterséges konstrukciók. Haraway szerint a kiborg nem álmodik természetes egységről, hanem egy hibrid valóságban létezik (Haraway 1985). Stelarc ezt a gondolatot nemcsak elméletben vallja, hanem testének technológiai kiterjesztésein keresztül meg is valósítja. A *Third Hand* (Harmadik kéz) projekt során például egy mechanikus kart illesztett testéhez, melyet agyhullámain keresztül kontrollált, miközben az eredeti végtagjai önálló mozgásra voltak képesek (Smith 2005). Ez az intervenció nem csupán technológiai bravúr volt, hanem erőteljes filozófiai állítás a test szétválaszthatóságáról és újraformálhatóságáról.

Másik jelentős projektje, az *Ear on Arm* (Fül a karon), egy biológiai implantátum, mely egy mesterséges fület helyez el Stelarc karján. Ez a fül nemcsak szimbolikus, hanem funkcionális is: mikrofonként működik, lehetővé téve, hogy a test mások hangját továbbítsa az interneten keresztül (Zylinska 2002). Ezzel a művésszé váló test már nem csupán önkifejezés, hanem kommunikációs interfész is – médium a szó mcluhani értelmében (Ascott 2003).

A test ilyen formában nemcsak kiterjesztett, hanem *nyitott rendszer* – ahogy azt poszthumanista gondolkodók is hangsúlyozzák. N. Katherine Hayles szerint az emberi tudat és test már nem választható el a digitális rendszerektől, és az *emberi státusz* újraértelmezése elengedhetetlenné válik a hálózati kor kihívásaival szemben (Hayles 1999). Stelarc performanszai e diskurzusok élő manifesztációi: művészete egyfelől megjeleníti, másfelől élő testén keresztül materializálja a poszthumanista állapotot.



*Stelarc: Fül a karon.
Venice International
Performance Art Week,
2016. Fotó: Piero Viti*

A performatív *testátírás*, amit Stelarc képvisel, médiumelméleti szempontból is jelentős. Marshall McLuhan klasszikus állítása – miszerint „a médium maga az üzenet” – Stelarc esetében konkrét, biológiai valóságként jelenik meg: maga a test válik üzenetté, melyet a technológia alakít és határoz meg (Dixon 2007). Ez a folyamat nemcsak az esztétikát, hanem a test identitását és működését is újra-definiálja, sőt: maga az én válik hibrid konstrukcióvá.

Összességében Stelarc munkássága radikális kihívást intéz a test biológiai és társadalmi meghatározottsága ellen. A test nem adott, hanem

újraserkeszthető – egy olyan platform, melyen keresztül az ember géppé, a gép testté válhat. Ebben az értelemben Stelarc valóban poszthumán művész, aki nem csupán a technológia esztétikai lehetőségeit, hanem ontológiai következményeit is feltárja. E testfelfogás értelmezéséhez hasznos elméleti keretet kínálnak Henry Dicks mimikrikategóriái, különösen a pantomimikri fogalma, mely a természet nem másoló, hanem relációs alapú leképezésére épül (Dicks 2023). A pantomimikri nem reprezentál, hanem szervez: decentralizált, emergens rendszerekhez igazodik – éppúgy, ahogy Stelarc technológiai beavatkozásai is működnek.

A *Harmadik kéz* nem emberi kéz másolata, hanem új idegi és mozgási struktúra. A *Fül a karon* nem érzékszerv, hanem kommunikációs interfész, mely a testet hálózati csomóponttá alakítja. Ezek nem utánozzák a természetet, hanem komplex rendszerszintű működéslogikákat aktiválnak – ezért tekinthetők pantomimikriként működő művészeti



*Vacanti-egér,
1997. Laboratory for
Tissue Engineering and
Organ Fabrication,
Massachusetts General
Hospital,
Boston, MA, USA,
Dr. Joseph P. Vacanti*

aktusoknak. Ugyanebbe a diskurzusba illeszthető a *Vacanti-egér* példája is – az 1997-ben bemutatott, laboratóriumban előállított egér, melynek hátán emberi porcból növesztett fület alakítottak ki (Cao et al. 1997). Bár nem génmódosításról, hanem szövetmérnökségi kísérletről volt szó, az egér képe mégis ikonikussá vált a biotechnológia és etika határterületein. Tudományos szempontból a Vacanti-egér a regeneratív orvoslás áttörését jelezte: azt demonstrálta, hogy az élő test strukturálható, újraépíthető – nem csupán biológiai, hanem mérnöki szempontból is. Stelarc művészetével párhuzamosan ez az aktus a test médiumként való újraértelmezését reprezentálja: míg a Vacanti-egér esetében az emberi szövet élő állat testén nyer formát, addig Stelarc a saját testét alakítja

át technológiai eszközök segítségével, új funkciókat és jelentéseket adva neki. Mindkét esetben a test olyan nyitott, újraszerkeszthető platformként jelenik meg, ahol az identitás, funkcionalitás és biológiai forma többé nem rögzített, hanem átírható. A Vacanti-egér képe a mimikri határán lebeg: bár látszólag utánozza az emberi fület, valójában inkább strukturális és kontextuális relációt hoz létre – így a pantomimikrihez hasonló elven működik, miközben előrevetíti az ontomimikri posztumán lehetőségeit.

Ugyanakkor Stelarc munkái túl is lépnek a pantomimikri keretén. Nemcsak természeti logikákhoz adaptálódnak, hanem új ontológiai státuszokat hoznak létre a test és technológia összefonódásából. Ezt a mimikrit – mely nemcsak utánoz, hanem *léteket konstruál* – nevezhetjük *ontomimikrinek*. Stelarc tehát nem a természet mintájára formálja testét, hanem új testvilágokat épít, ahol a test egyszerre médium, rendszer és kritikai állítás.

Agi Haines: Spekulatív orvosi testmódosítás – az újszülött-fiziológia újraértelmezése

Agi Haines brit designer és kutató azon kortárs alkotók közé tartozik, akik a testet nem pusztán biológiai organizmusként, hanem technológiailag alakítható, társadalmilag tervezett és esztétikailag konstruált entitásként értelmezik. Munkássága különösen a spekulatív design eszközein keresztül vizsgálja a jövőbeli orvosi technológiák társadalmi, etikai és ontológiai következményeit (Dune és Raby 2013). A *Transfigurations* (Átváltozások, 2013) című projekt hiperrealisztikus újszülöttszobrokon keresztül jelenít meg olyan sebészeti módosításokat, melyek célja a jövőbeni környezeti és szociális kihívásokhoz való testi alkalmazkodás.

Ezek a beavatkozások nem a jelenkori orvosi gyakorlat meghosszabbításai, hanem egy radikálisan új testfelfogás spekulatív víziói. A *thermal epidermiplasty* során a koponyabőr felszínének megnövelésével fokozódik a hőleadás, lehetővé téve a test alkalmazkodását a globális felmelegedéshez. A *bibuccalplasty* a pofazacsók tágítását célozza a koffein gyorsabb felszívódása érdekében, egy olyan jövőt feltételezve, ahol a stressztűrés biológiai eszközökkel optimalizálható. Az *extension osteogenesis* az arccsontok irányított növekedését modellezi: a csontok milliméterenkénti tágítása révén aerodinamikusabb fejforma hozható létre. Végül az *epidermal myotomy* egy új nyílás létrehozását írja le a fül mögött, mely gyógyszerbevitelre optimalizált felületet kínál olyan csecsemők számára, akik tartós kezelést igényelnek (Haines 2013).

A *Transfigurations* testei groteszkek és mégis ismerősek: nem betegségek reprezentálnak, hanem a lehetséges adaptációk és új biológiai státuszok vizuális manifesztációi. Ezek a módosítások nem pusztán testátalakítások, hanem funkcionális és társadalmi jövőképek is egyben. A bemutatott testek nem a természetet másolják, hanem alternatív fiziológiákat konstruálnak – olyan világokat, ahol a túlélés, az alkalmazkodás és a testhasználat jelentése újrarendeződik. Ez a működés-mód illeszkedik az ontomimikri elméletéhez: nem a természet utánzásáról van szó, hanem új testvilágok létrehozásáról, ahol a funkció megelőzi a formát, és a test moduláris, adaptálható rendszerként működik.

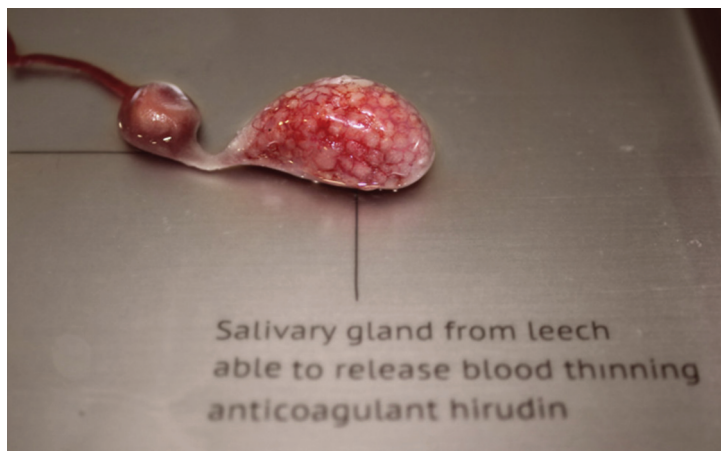
A Haines által megjelenített gyermektestek ebben a kontextusban különös jelentőséget kapnak: az újszülött mint leginkább *malleabilis* – alakítható – testforma, a jövő technológiai kísérleteinek elsődleges médiumává válik. Ez nemcsak biológiai, hanem mélyen etikai kérdés is. A *tervezett gyermek*, a *designer babyk* problematikája már nem pusztán spekulatív jövőkép: a testmódosítás már a jelen része, csak gyakran láthatatlan struktúrákon – hozzáféréseken, erőforráson, döntéshozatalon – keresztül valósul meg. A *Transfigurations* így egyszerre jövőrajz és jelenkritika: médiumként és kritikaként is működő testet mutat, mely egyszerre anyag, rendszer és állítás.



Agi Haines:
Transzfigurációk.
Termális
Epidermiplasztia,
2013

Haines későbbi munkáiban ez a gondolkodásmód még inkább a funkcionális szervdizájn spekulatív lehetőségeit dolgozza fel. A *Circumventive Organs* (Veszélyelhárító szervek) című projektjében például olyan hibrid szerveket képzel el, melyek különböző fajok sejteinek kombinálásával, majd bioprinting segítségével jönnek létre. Az egyik koncepció egy defibrilláló szerv, mely elektromos angolna

sejtjeit használja a szívritmuszavar észlelésére és az azonnali beavatkozásra; egy másik egy légzőszervi váladékot eltávolító szerv, mely csörgőkígyó izomszöveteit alkalmazza cisztás fibrózisban szenvedők számára; míg egy harmadik a piócák nyálmirigyéből vett sejtek



Agi Haines:
Circumventive Organs,
2013

révén képes érzékelni és megelőzni az agyi vérrögképződést. Ezek az elképzelt szervek nem természetes evolúciós minták másolatai, hanem ontomimikriként működő konstrukciók, melyek új biológiai és funkcionális lehetőségeket nyitnak meg a test számára – túl a fajhatárokon és a hagyományos szervezeti logikán.

Patricia Piccinini: Hiperrealista biohibridek – gondoskodás, evolúció és empátia a poszthumán testben

Patricia Piccinini ausztrál kortárs művész munkái a test, a biotechnológia és az érzelmi kapcsolatok összefüggéseit vizsgálják. Hiperrealista szobrai és installációi olyan bioorganikus lényeket jelenítenek meg, melyek az emberi és állati anatómia határait elmosva – gyakran egyidejűleg ismerősként és idegenként – állnak a néző elé. Ezek a hibrid testek nem csupán formai vagy esztétikai kísérletek, hanem relációs konstrukciók: érzékeny térképek arról, hogyan alakulhat ki kötődés, empátia és gondoskodás olyan entitások felé, melyek nem illeszkednek a megszokott biológiai kategóriákba (Heartney 2004).

A művész gyakran jelenít meg olyan szituációkat, ahol ezek a lények emberekkel – leggyakrabban gyermekekkel – kerülnek intim interakcióba. A *The Young Family* (Az újdonsült család, 2002) című szobor például egy genetikai manipulációval létrehozott, emlésszerű lényt

ábrázol, mely saját utódait szoptatja. Bár a test felépítése idegenséget sugall, a jelenet hangulata ismerős: az anyai gondoskodás ikonográfáját idézi fel. Itt nem a gének, hanem az érintések, tekintetek és közelségek válnak jelentéshordozókká – a biológiai különbség nem kizár, hanem összekapcsol (Braidotti 2013).



Patricia Piccinini:
Prone, 2011.
Szilikon, rókaszőr,
új-zélandi
opossumszőr.
Fotó: Graham Baring

Hasonlóan komplex viszonyokat tematizál a *Prone* (Hasmánt) című szobor is, mely egy fekvő helyzetben ábrázolt lényt mutat be: teste újszülöttré emlékeztet, de disznószerű orra, állati fülei és átlényegült arányai elbizonytalanítják a nézőt. Ez az emberközeli, de mégsem emberi minőség nemcsak esztétikai, hanem etikai kérdéseket is felvet. A lény sebezhetősége, puha bőre és passzív testtartása az anyai gondoskodás gesztusaira hívja a tekintetet, miközben anatómiai idegensége provokálja is azt (Piccinini 2023). Caitlyn Burford szerint ezek a lények nem szörnyek, hanem groteszk, queer testek, melyek liminális zónákban – emberi és nem emberi, mitikus és aktuális között – léteznek, és ezzel az empátia új lehetőségeit nyitják meg (Burford 2014)

A *Hasmánt*-ban megjelenő lény testi jelenléte – meztelen, puha bőrű, passzív, alvó alakja – különös módon idézi fel a mesterségesen létrehozott lényt, Drent, Vincenzo Natali *A hibrid* (2009) című filmjéből. Mindkét figura a gyermekiség, a kiszolgáltatottság és a biológiai ambivalencia jegyeit hordozza: egyszerre keltenek gondoskodásra készítő empátiát és feszültséggel teli idegenségérzetet. A filmben a gyermektelen kutató házaspár saját laboratóriumában neveli fel az általa létrehozott hibridet, miközben szülői, tudományos és hatalmi szerepeik folyamatosan összemosódnak. Ahogyan Piccinini lényei, úgy Dren sem helyezhető el egyértelműen az emberi–állati, természetes–

mesterséges vagy szerethető–félelmetes dichotómiákban. A kérdés tehát nemcsak esztétikai vagy narratív, hanem etikai is: milyen testeket vagyunk hajlandók szeretni, mikor válik egy lény hozzánk tartozóvá, és hol húzódik a határ a teremtés, a törődés és a kontroll között?

A poszthumanizmus Piccinini értelmezésében nem a technológiai dominancia víziója, hanem a kapcsolatok új mintázatainak lehetősége. Az emberi test nem zárt fajspecifikus forma, hanem kapcsolódásra képes interfész, melyen keresztül érzelmi, kulturális és ontológiai viszonyok újrendezhetők. Az evolúció nem lineáris, hanem nyitott, variábilis és spekulatív folyamatként jelenik meg – ahol a hibriditás nem kivétel, hanem működési elv.

Az empátia, mely Piccinini műveiben központi jelentőségű, nem az azonosságra, hanem a másikkal való törődés tapasztalatára épül – akkor is, ha az a másik biológiailag radikálisan eltérő. E testek nem azért érintenek meg, mert emberek, hanem azért, mert érzékenyek és sebezhetőek – affektív térként működnek. Művészete ebben az értelemben nem

Vicenzo Natali: *Hibrid*,
2017. Játékfilm



a természet mimézise, hanem ontomimikri: új testvilágokat konstruál, ahol a forma nem utánoz, hanem új affektív és relációs konfigurációkat aktivál. A test itt nemcsak médium, hanem kritikai tér is, ahol a biopolitikai kérdések nemcsak értelmeződnek, hanem meg is testesülnek.

5.12.4. A test, a faj és a jövő újraírása – biofikciók és ökodisztópiák

A poszthumán és ökokritikai gondolkodás másik kísérleti terepe a spekulatív irodalom és film, ahol a test, a faj és a jövő nemcsak ábrázolható, hanem újraírható entitásként jelenik meg. A biofikció,

mint intermediális és konceptuális műfaj, nem csupán biológiai változásokat tematizál, hanem rákérdez arra is, mit jelent embernek lenni egy olyan világban, ahol az élőlények tervezhetővé, cserélhetővé és kommodifikálhatóvá válnak. A spekulatív szöveg univerzumokban az ökológiai válság és a biotechnológiai fejlődés nem egymást kizáró, hanem egymást erősítő erők: az ökodisztópiákban a természet nem háttér, hanem a testbe írt kihívás. Ebben a fejezetben olyan műveket vizsgálunk, melyek felforgató módon jelenítik meg a faj és test spekulatív újratervezését: Margaret Atwood *MaddAddam*-trilógiája a bioetikai és mitikus struktúrák irodalmi újraszervezését mutatja be, míg David Cronenberg *Jövő bűnei* című filmje egy posztorganikus testuniverzumot vetít elénk, ahol az ökológiai adaptáció a belső szervek és metabolikus folyamatok szintjén zajlik. E művek nemcsak a biopolitikai kontroll és az ökológiai túlélés kérdéseit tematizálják, hanem a test és az identitás határait is elbizonytalanítják. A biofikció tere tehát nem pusztán narratív, hanem ontológiai és etikai laboratórium: olyan tér, ahol a test nem stabil entitásként, hanem folyamatosan újraformált, átírt és újraértelmezett konfigurációként jelenik meg. A *MaddAddam*-trilógia guvatjai – a genetikailag módosított, poszthumán lények – nem egy lineáris evolúció végpontjai, hanem egy tervezett, morális és kulturális kivonulás eredményei. Nem az emberiség jobbik verziói, hanem egy radikálisan más társadalmi és érzékelési rend hordozói. Ezzel szemben Cronenberg filmjében a test nem kivonul, hanem reagál: az ökológiai pusztulásra válaszul saját belső architektúráját kezdi módosítani, mintegy újrahangolva önmagát a megváltozott világ anyagi viszonyaira. A biofikció ezen példái a jövő politikai anatómiai kérdésfeltevéseiként olvashatók, melyek túlmutatnak az utópiák és disztópiák binaritásán. Inkább azt mutatják meg, hogy az emberi test maga válik a spekuláció médiumává – a jövő nem valahol máshol van, hanem a húsban, a génben, az anyagcserében és a mitikus nyelv újraaktivált formáiban íródik újra.

Genetikai mítoszteremtés és poszthumán testpolitika – Atwood trilógiája

A biofuturista és ökodisztópikus irodalom egyik legkomplexebb vízióját Margaret Atwood *MaddAddam*-trilógiája nyújtja, mely az ökológiai összeomlás, a biotechnológiai vállalatok uralma és a génszerkesztés következményeinek sötét ökológiájában kalauzol. Atwood világa nemcsak disztópikus, hanem groteszk és sötéten ironikus: megjelennek benne a húsgólemek – tudat nélküli, gyorsan termesztethető szárnyas húsorganizmusok, melyeknek nincs fejük vagy agyuk; a PuHaj-birkák (*Mo'Hair sheep*), melyeket emberi haj növesztésére hoztak létre;

valamint a görmenyek (*rakunks*), a házi kedvenként tenyésztett görény–mosómedve hibridek, melyek kedves külsejük ellenére veszélyesek (Atwood 2009). Ilyen még a kengubarány (*kanga-lamb*), mely a birka szelíd természetét és nagy fehérjehozamát kombinálja a kenguru ellenálló képességével, miközben nem termel metángázt – ám idővel invazív fajjá válik. A kutyafarkasok (*wolvogs*) pedig kutyának álcázott ragadozók: szelídnek tűnnek, de veszélyesek, megtevesztésre lettek kitenyésztve (Atwood 2003).

Ezek a bioentitások az ipari biotechnológia eszköztárába illeszkednek: a kommodifikált test paradigmájába, ahol az élőlény funkcionális nyersanyaggá válik, autonómia vagy identitás nélkül. A gömböc (pigoon) ennek emblematikus példája: emberi DNS-sel módosított intelligens sertés, melyet hús- és szervtermelésre fejlesztettek ki. A projekt célja az volt, hogy emberi szövetekkel kompatibilis szerveket termeljenek bennük: „olyan, humán szövetekből álló szervek széles választékát növezzék, melyek könnyen és kilöködés nélkül beültethetők az emberbe, ugyanakkor ellenállnak az opportunista mikrobáknak és vírusoknak” (Atwood 2003). Ám a gömböcök később már nem csak orvosi nyersanyagként jelennek meg: csoportba rendeződnek, emlékeznek, megtorlást gyakorolnak – vagyis a bioetikai státuszuk radikálisan újraértékelődik (Hamrouni 2021).

A guvatkák, Atwood poszthumán lényei, laboratóriumi körülmények között előállított, genetikailag javított emberek: békére kondicionáltak, növényevők, UV-álló bőrrel, és színváltásra képesek. Létezésük célja egy természethez szimbiotikusan illeszkedő, agressziómentes új emberi faj létrehozása. Ám megszületésük egy bioetikai kísérlet eredményeként történik – a test és az identitás itt már nem természetes adottság, hanem mesterségesen formált és programozható konstrukció (Kucukalic 2021). A guvatkák teste egy identitáslabor médiuma, mely az emberi fejlődést biotechnológiai formálhatóságként értelmezi (Gibson 2020).

A trilógia viláépítése nem csupán jövőkritika, hanem poszthumán újrakezdés is: a globális kataklizma után az emberiség nem tűnik el, hanem átalakul – biológiailag, társadalmilag és mitopoétikusan. Crake, a trilógia transzhumanista és biopolitikai társadalommérnöke, Atwood víziójában nem pusztán egy karizmatikus tudós, hanem a poszthumán világ architektusa is. Technokrata géntervezőként egy új, mesterségesen optimalizált emberfajt – a guvatkákat – hoz létre, akiket a hagyományos emberi agressziótól, szexualitástól és vallási impulzusoktól mentes biológiai programozás jellemez (Marks de Marques 2015). Crake alakja egyszerre testesíti meg a biotechnológiai utópizmus radikális logikáját

és annak etikai válságát: víziója egy letisztított, steril emberiség, mely kizárólag a funkcionalitás és az ökológiai fenntarthatóság elvei szerint él. Az ő szerepében sűrűsödik össze a korporatív tudásgyárak hatalma, a testek feletti kontroll technológiai lehetősége, valamint a világvége utáni újrakezdés ambivalens ígérete. Crake nemcsak egy karakter, hanem egy biopolitikai projekt megtestesülése, aki az emberi evolúciót már nem természetes, hanem mérnöki úton írná újra.

A guvatkák például nemcsak bioetikailag újraformált entitások, hanem mitológiát alkotó lények is, így a nyelv a túlélés és az értelmezés médiumává válik (Cuadrado Payeras 2021). Ez a mitikus-nyelvi dimenzió különösen fontossá válik egy olyan világban, ahol a technológiai tervezés nem csupán anyagi, hanem jelentésalkotó aktus is. A guvatkák egyúttal Crake bioetikai vízióját is tükrözik: születésük nem profit-orientált, hanem egy új poszthumán társadalmi rend programozott modelljeként jönnek létre, melyben az agresszió, birtoklás és tribalizmus kiiktatásra kerül (Ray 2022). Atwood nem teljesen reménytelen jövőt fest: lehetőséget hagy egy posztapokaliptikus koegzisztenciára, mely egy radikálisan átalakult világban játszódik le – de a túlélés formái itt már nem az emberi dominancia folytatásai, hanem a fajok közötti viszonyok újraértelmezései (Cuadrado Payeras 2021).

Ironikus módon épp a történetmesélés, a rítus és a mítosz válik új közösségi struktúrájuk alapjává – annak ellenére, hogy Crake tudatosan próbálta kiiktatni belőlük a vallási és szimbolikus gondolkodást (Atwood 2003; Marks de Marques 2015). A nyelv, az írás és a rituális struktúrák megjelenése a *MaddAddam* zárórészében válik teljessé, amikor Blackbeard, a guvatka fiú megtanul írni, történeteket alkot, és megírja a Könyvet – egy új mitológia és történelem alapkövét (Atwood 2013).

A technológiai sterilizációval operáló transzhumanista ideál itt visszájára fordul: Crake poszthumán projektje nemcsak etikai és kulturális kudarcot vall, hanem ökológiai átalakulásokat is katalizál. A guvatka–ember hibridek, az írásbeliség és történetmesélés visszatérése, valamint a könyv szimbolikus jelentése mind azt jelzik: a kultúra nem kiiktatható, csak új médiumokon keresztül reterritorializálható (Marks de Marques 2015).

A természet ebben a világban már nem a rend és stabilitás szimbóluma, hanem politikai, gazdasági és etikai viták terepe – egy radikálisan újraértelmezett ökológiai színpad, ahol az emberiség már nem néző, hanem tervező és felelős aktor. Donna Haraway természetkultúrafogalma szerint minden természetkép egyben kulturális konstrukció is – Atwood világa pedig ennek irodalmi manifesztációja (Haraway 2003;

Wolfe 2009). Cary Wolfe értelmezésében a poszthumanizmus egy olyan történeti-társadalmi állapot, ahol az ember már nem tekinthető sem önálló biológiai egységnek, sem független kulturális entitásnak, hanem a technológiai és ökológiai rendszerekbe ágyazott lényként jelenik meg (Wolfe 2009). Atwood usztopiája épp ezt a feszültséget tematizálja: a technológia és kultúra teljes elhagyására irányuló poszthumán tervezés, valamint a nyelv, mítosz és történetmesélés újraszületése közötti feszültséget (Atwood 2011).

A test mint ökokritikai médium Cronenberg világában

A test poszthumán újraírásának kérdése a kortárs filmben is központi témává válik. David Cronenberg *Jövő bűnei* (2022) című filmje nem elszigetelt mű, hanem életművének radikális összegzése: a test, technológia és identitás viszonyainak végpontig tolt esztétikai és politikai újraírása. Már korábbi alkotásaiban – mint a *Videodrome* (1983), az *eXistenZ* (1999) vagy a *Crash* (1996) – is következetesen a test médiumként való értelmezése dominál: organikusán beépülő képernyők, bioportok, mutálódó játékkonzolok, szexualizált balesettettek. Ezek mind a test technológiai behatolhatóságát, valamint az érzékelés és identitás destabilizálódását tematizálják. Cronenberg világában a test már nem kizárólag médium, hanem belső technológiai tér – nem kívülről csatlakoznak hozzá a gépek, hanem maga a test válik technogén felületté, ahol a természet és kultúra közti határok végleg felszámolódnak (Pappis 2023).

A *Jövő bűnei* ebben az értelemben egy posztorganikus poszthumán vízió: egy olyan világot tár elénk, ahol az evolúció már nem a természet vak folyamata, hanem a szándékosan beavatkozott, kontrollált és esztétizált testek terepe. A háttérben egy diszkréten lepusztult, szürke, ipar utáni táj sejlik fel: a civilizáció romjai között nincs természet, csak rozsda, beton, törmelék és sötét vizek. Az ökoszisztéma összeomlott, de ezt a világ nem siratja el – az alkalmazkodás organikus és szintetikus válaszai némán dolgoznak tovább az emberi testen belül. Ez a világ nem a természet elvesztését gyászolja, hanem annak újrendeződését ünnepli: a természet már nem ökoszisztéma, hanem posztbiológiai jelenlét a testben – például új szervek, ismeretlen eredetű metabolikus funkciók formájában.

A film univerzuma ennek megfelelően nemcsak disztópikus, hanem szervesen groteszk: a testek új szerveket növesztenek, melyek célja és eredete ismeretlen. Az emberi fájdalomérzet eltűnt, a sebzés és belső módosulás már nem trauma, hanem esztétikai tapasztalat. A test nem

a fájdalom tárgya, hanem látvány és közlés médiuma – az élő boncolások, mint Saul Tenser művészeti aktusai, új érzéki protokollt hoznak létre. A művészet nem kívülről értelmezi a testet, hanem a testen keresztül generál új érzéki ökológiákat – a mutáció mint esztétikai médium jelenik meg, mely újraérzékenyít a test változékonyságára (Pappis 2023). Cronenberg radikálisan újraértelmezi a test fogalmát: nem biológiai entitásként, hanem médiumként és performatív felületként jelenik meg, ahol az organikus és technológiai, a természetes és mesterséges közti határok elmosódnak, az emberi test maga válik a spekulatív design terepévé.

A film spekulatív kérdésfeltevése egyszerre ökokritikai és bioesztétikai: mi történik egy olyan világban, ahol a természet már nem külső, hanem belső dimenzió, ahol az emésztőrendszer nemcsak élelemfeldolgozó szerv, hanem egy új ökológiai jövő kulcsa? A háttérvilág rejtetten ökokritikai: a civilizáció maradványai közé szorult emberiség új túlélési stratégiái között megjelennek a műanyagevők is, akiknek emésztőrendszere képes lebontani a szintetikus polimereket. Ők egy újfajta, posztindusztriális metabolizmust képviselnek, mely már nem természetközeli, hanem hulladékalapú ökológiát feltételez – ez az adaptáció nem a környezeti alkalmazkodás hagyományos formája, hanem a test belső evolúciójára, a szintetikus hulladékhoz való fiziológiai idomulásra épül (Tronstad 2023).

Az ökológiai érzékelés nem a táj felé irányul, hanem a test belsejében megjelenő új szerveken és metabolizmusokon keresztül szerveződik újra (Pappis 2023).

A motívum háttérében valós ökológiai tapasztalat is áll: Cronenberg egy 2022-es interjúban úgy fogalmazott, hogy saját filmje utólagos megerősítést nyert a tudományos felfedezés által, mely szerint mikrop拉斯ztikot mutattak ki az emberi vérben. Bár a film ötlete és forgatókönyve ezt megelőzően született, a felfedezés rámutat arra, hogy a szintetikus anyagok már nem külső fenyegetésként, hanem belső valósággként írják át az emberi testet (Handler 2022).

E belsővé vált természet tapasztalatát erősíti meg egy friss értelmezés is, mely szerint a test nem csupán áldozat vagy védekező mechanizmus, hanem egyfajta biológiai érzékelőfelület, mely a jövő környezeti hatásaira reagál. A testben növekvő szervek ebben az értelmezésben nem devianciák, hanem előérzékelők – biológiai válaszreakciók, melyek a szennyezés, mutáció és kontroll világában jönnek létre. Mindezt egy állami szerv – az *Új Szervek Regisztrációs Hivatala* – próbálja szabályozni, mely a testekben megjelenő mutációkat nyilvántartja, osztályozza,

és szükség esetén kriminalizálja. A test így egyszerre válik az állam által kontrollált biopolitikai objektummá és a privát ellenállás performatív felületévé. A szabályozási mechanizmus Foucault biopolitikai koncepciójának megfelelően nem pusztán adminisztratív gyakorlat, hanem a természet és a test feletti hatalom újratermelésének terepe, mely a test belső változásait is kormányozhatóvá és katalogizálhatóvá igyekszik tenni. Ugyanakkor a film világában egy biokapitalista szereplő – egy technológiai vállalat – is megjelenik, mely saját fejlesztésű műanyag-évő testeket és gépeket állít elő. Ez a cég nem ökológiai egyensúlyt, hanem monopolizálható túlélési infrastruktúrát gyárt, a testet pedig a bioipari innováció és gazdasági kisajátítás terepévé alakítja. A természet belsővé válása nemcsak érzéki és ökológiai tapasztalat, hanem politikai és gazdasági tét is. A test ebben a kontextusban egyszerre válik a biopolitikai kontroll tárgyává és a biokapitalista innováció eszközévé. Ugyanakkor megnyílik egy harmadik értelmezési horizont is: a test mint új bioesztétikai szuverenitás színtere jelenik meg, ahol az élő anyag nem csupán kormányozható, hanem érzéki-ontológiai performanszként is értelmezhető (Pappis 2023; Cooper 2008; Foucault 1978).

Cronenberg világképe – akárcsak Atwoodé – nem pusztán disztópia, hanem spekulatív testpolitikai allegória: a test az a tér, ahol az ökológiai válság, a biotechnológiai beavatkozás és az új esztétikai rezsimek keresztezik egymást. A túlélés, alkalmazkodás és jelentésképzés immár nem az emberi tudat, hanem a test morfológiájának terepén megy végbe. Ebben a poszthumán világban a természet nem kívülről szabályoz, hanem belülről formál – s ezáltal a test válik a jövő legfőbb spekulatív felületévé.

A biofikció mediális működésének egyik kulcsa a mimikri újraértelmezett fogalmi hálózata. Atwood és Cronenberg világai nem formai utánzást, hanem komplex, többretegű ráhangolódást mutatnak: a *pantomimikri* logikája szerint a testek nem a természet külső formáit másolják, hanem belső működésmintázatait – metabolikus, relációs és affektív szinten. A *guvatkák* animamimetikus szereplők, akik mitikus történetalkotásukkal és rituális tudásukkal új közösségi struktúrát hoznak létre. Ugyanakkor megjelenik egy további, eddig nem nevesített dimenzió is: az ontomimikri, melyben a mimézis már nem csupán relációs vagy affektív viszonyt tükröz, hanem új létfeltételeket hoz létre. A *guvatkák* nem utánoznak, hanem újrászervezik az emberi lét lehetőségét – létezésük önálló ontológiai konfigurációként értelmezhető. Hasonlóképp, a *Jövő bűne*iben megjelenő műanyag-évő testek sem biológiai másolatok, hanem olyan létmódok, melyek a természet elvesztése után, annak romjain épülnek fel. Az ontomimikri tehát nem egyszerűen válasz a természetre, hanem alternatív létformák

performatív konstruálása: olyan mimetikus működés, melyben a természet helyét a test veszi át mint világgépző médium. Ez a radikális elmozdulás igazolja a disszertáció alaptételét: hogy az élet nem csupán biológiai, hanem esztétikai, etikai és technikai döntések által konstruált médium, melyen keresztül a jövő nem csupán elképzelhető, hanem megformálható.

VI. ÖSSZEGZÉS

A disszertáció kiindulópontja, hogy az élet fogalma nem tekinthető stabil ontológiai kategóriának: jelentése kulturálisan és mediálisan konstruált, és történeti, technológiai, valamint társadalmi kontextusok szerint folyamatosan újrendeződik. Az élet ebben az értelmezésben nemcsak biológiai entitás, hanem médium, melyen keresztül különböző társadalmak technikai, esztétikai és filozófiai jelentéseket artikulálnak. A dolgozat ennek megfelelően a médium fogalmát is újradefiniálja, és kiterjeszti az élő rendszerekre, a biológiai anyag performatív és reprezentációs működésére.

A biomédia – mely nem új médiumtípus, hanem interdiszciplináris és kritikai mező – olyan művészeti, design- és tudományos gyakorlatokat ölel fel, melyek az életet nemcsak tárgyként, hanem mediális aktorként kezelik. A bioart, biodesign, spekulatív design és biofikció gyakorlatai együtt egy olyan fogalmi és érzékelési térképet alkotnak, melyben az élet reprezentációja, újrászervezése és spekulatív performativitása új fénytörésbe kerül.

A dolgozat történeti és elméleti áttekintésen keresztül mutatja be, hogyan alakult át az élet médiumként való felfogása a korai szimbolikus és teológiai értelmezésektől kezdve a felvilágosodás tudományos reprezentációs rendszerein, majd a XX. század biopolitikai és információelméleti fordulatain át egészen a kortárs poszthumanista és ökokritikai gyakorlatokig.

A kutatás egyik eredménye az új fogalmi keretrendszer kidolgozása, különös tekintettel a mimikri alternatív formáira: az episztemomimikri, animamimikri, szimbioimimikri és ontomimikri négy olyan értelmezési tengelyt kínál, melyek lehetővé teszik a természetutánpás nemcsak technikai, hanem spirituális, affektív, esztétikai és etikai dimenzióinak értelmezését is. Ezek a fogalmak a biomédia komplex működését és kritikai potenciálját teszik hozzáférhetővé egy poszthumán, relációs és ökológiai horizontban.

Az *élet mint médium* megközelítés lehetővé teszi az élet és a természet vizuális, materiális és episztemológiai reprezentációk kritikáját, a tudományos illusztrációktól a bioart performativitásáig. A dolgozat hangsúlyozza, hogy a mimetikus technológiák nem semlegesek, hanem a természet redukcióját és biopolitikai leképezését szolgálják – legyen szó ipari biomimetikáról, mérnöki szemléletről vagy bioetikai kérdésekről.

A disszertáció lehetséges gyakorlati implikációja a designkutatás és -oktatásban a fogalmi keret alkalmazása a bio-, spekulatív és kritikai design oktatásában, különösen olyan témákban, mint az anyagökológia, a bioetika vagy az ökoesztétika. Másrészt a biomédia mint mediális működésmód új szempontokat kínál a bioart és poszthumán művészet értelmezéséhez, archiválásához és kuratori kontextualizálásához. Harmadrészt a dolgozat által tárgyalt fogalmak és esettanulmányok segíthetik a művészek, tudósok és tervezők közti együttműködést egy közös konceptuális nyelv megteremtésével. A bio- és pantomimikri-stratégiák nemcsak esztétikai megoldások, hanem kritikai ökológiai gesztusok. Ezek a stratégiák a poszthumán etikához, a kollektív felelősséghez és a tervezői szerep újraértelmezéséhez kapcsolódnak.

Jövőbeli lehetséges kutatási irányok közt szerepel a mimikri fogalmainak mélyebb empirikus vizsgálata: a dolgozat által bevezetett négy mimikritípus alkalmazhatóvá válik konkrét művészeti projektek, biodesign-kísérletek és tudományos kutatások elemzésére. Másrészt a biomédia és ökológiai adaptáció: további részletesebb kutatás tárgya lehet, hogy a biomédia hogyan reagál a klímaválásra, és milyen spekulatív vagy adaptív formákban képződik újra az ökológiai gondolkodás. Hasonlóképpen a poszthumán test- és identitásformák témája tovább vizsgálható a test mint médium, valamint a spekulatív interfészek alapján, hogyan írható újra a biológiai identitás a jövőben. Illetve a digitális és mesterséges biomédia kapcsolatának vonatkozásában: a szintetikus biológia és az AI-alapú valós és biofikciós gyakorlatok – például mesterséges sejtek, biorobotika vagy szimulált ökoszisztémák – vizsgálata releváns lehet az élet médiumként való értelmezésének további rétegeihez. Ilyen kutatási irány lehet: AI-bioszféra interakciók és algoritmikus ökológia, különös tekintettel arra, hogy az algoritmusok hogyan érzékelik és reprezentálják az élő; poszt-biológiai életmodellek: olyan entitások vizsgálata és kritikája, melyek nem biológiai módon, de életszerűként viselkednek vagy a gépi életérzékelés: annak vizsgálata, hogyan értelmezik a mesterséges rendszerek az élet, halál, empátia vagy ökológiai válaszadás fogalmait.

REFERENCIÁK

2.1. Az életfogalom dinamikus keretei: konstrukció, modellezés és médium

Braidotti, Rosi. 2022. *Posthuman Feminism*. Cambridge: Polity Press.

Dupré, John, and Nicholson, Daniel J. 2021. *Everything Flows: Towards a Processual Philosophy of Biology*. Oxford: Oxford University Press.

O'Malley, Maureen A. 2021. *Philosophy of Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Parikka, Jussi. 2023. *Operational Images: From the Visual to the Invisual*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Zsíros, László Róbert. 2025. Személyes interjú, készítette Blaumann Edit, 2025. június 11.

2.2. Biomédia és biomedialitás: Az élő mint médium a természettudományban, a médium elméletben és a művészetben

Ascott, Roy. 1999. "Edge-Life: Technoetic Structures and Moist Media." In *Reframing Consciousness*, edited by Roy Ascott. Exeter: Intellect Books.

Ascott, Roy. 2000. "Moistmedia, Technoetics, and the Three VRs." In *Proceedings of ISEA2000: 10th International Symposium on Electronic Art*, 7–10 December 2000. Paris: ISEA.

Hauser, Jens. 2014. Microperformativity and Biomediality." *Performance Research* 19 (3): 78–85. <https://doi.org/10.1080/13528165>.

— 2016. Biomediality and Art. *Recomposing Art and Science*. <https://doi.org/10.1515/9783110474596-021>.

— 2019. "Biomediality: The Intertwining of Biological and Media Processes." *Leonardo* 52 (5): 467–472.

Hayles, N. Katherine. 1999. *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago: University of Chicago Press.

McLuhan, Marshall. 1964. *Understanding Media: The Extensions of Man*. New York: McGraw-Hill.

Parikka, Jussi. *Insect Media: An Archaeology of Animals and Technology*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2010.

Parikka, Jussi. *A Geology of Media*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2015.

Parisi, Luciana. *Abstract Sex: Philosophy, Biotechnology and the Mutations of Desire*. London: Continuum, 2004.

Parisi, Luciana. *Contagious Architecture: Computation, Aesthetics, and Space*. Cambridge, MA: MIT Press, 2013.

Reder, Kimo. 2016. "Roy Ascott's Moistmedia and the Second Big Bang: Bits, Atoms, Neurons, Genes." *Jacket2*, október 22. <https://jacket2.org/commentary/roy-ascotts-moistmedia-and-second-big-bang-bits-atoms-neurons-genes>. Megtekintve: 2025. március 19.

Pandilovski, Melentie, and Eugene Thacker. 2010. "Interview with Eugene Thacker." *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/370150832_Interview_with_Eugene_Thacker. Megtekintve: 2025. július 25.

Thacker, Eugene. 2004. *Biomedial*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Thacker, Eugene. 2005. "What Is Biomedial?" *Configurations* 11 (1): 47–79.

Vilém Flusser, *Towards a Philosophy of Photography*, trans. Anthony Mathews. London: Reaktion Books, 2000.

Weibel, Peter, ed. 2023. *BioMedia: The Age of Media with Life-like Behavior*. Karlsruhe: ZKM! Zentrum für Kunst und Medien.

2.3. Az élet és természet viszonya mint mediális és elméleti keret

Haraway, Donna. *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Duke University Press, 2016. Latour, Bruno. *Politics of Nature: How to Bring the Sciences into Democracy*. Harvard University Press, 2004.

Morton, Timothy. *Ecology Without Nature: Rethinking Environmental Aesthetics*. Harvard University Press, 2007.

2.4. A mimikri fogalma és történeti háttére

Arisztotelész. 1984. *Poétika*. Ford. Trencsényi-Waldapfel Imre. Budapest: Gondolat.

Bacon, Francis. 2000. *The New Organon*. Edited by Lisa Jardine and Michael Silverthorne. Cambridge: Cambridge University Press.

Benyus, Janine M. 1997. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: William Morrow.

Bourriaud, Nicolas. 2006. Relációesztétika. Ford. Somogyi Zsófia és Készman József. Budapest: Műcsarnok.

Dicks, Henry. 2023. *The Biomimicry Revolution: Learning from Nature How to Inhabit the Anthropocene*. New York: Columbia University Press.

Kemp, Martin. 2000. *Visualizations: The Nature Book of Art and Science*. Oxford: Oxford University Press.

2.6. Biodesign mint fogalmi tipológia

Collet, Carole. 2020. "Biofabricating Futures." In *Design As Nature: A Future Design Research Anthology*, edited by Elise Hodson, Amanda Parkes, and Claudia Mareis, 92–107. New York: Parsons School of Design.

3.1. Kozmológiai és spirituális világképek az élet értelmezésében

Büchner, Ludwig. 1855. *Kraft und Stoff: Empirisch-naturphilosophische Studien*. Leipzig: Theodor Thomas.

3.2. Mechanikus testmodelltől a nooszféráig – az élet értelmezésének modern fordulatai

Bashford, Alison, and Philippa Levine, eds. 2010. *The Oxford Handbook of the History of Eugenics*. Oxford: Oxford University Press

Plotkin, Stanley A. 2014. History of Vaccination. In *Vaccines*, edited by Stanley A. Plotkin, Walter A. Orenstein, and Paul A. Offit. Elsevier.

Schelling, Friedrich Wilhelm Joseph. 1797. *Ideen zu einer Philosophie der Natur*. Hamburg: Meiner.

Setz, Cathryn. 2021. *Primordial Modernism: Animals, Ideas, Transition (1927–1938)*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

3.3. XX. századi elméleti fordulatok

Bookchin, Murray. 1982. *The Ecology of Freedom: The Emergence and Dissolution of Hierarchy*. Palo Alto: Cheshire Books.

Daly, Herman E. 1996. *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press.

Dryzek, John S. 2021. *Politics of the Anthropocene*. Oxford: Oxford University Press.

European Commission. 2020. *The European Green Deal*. Brussels: European Union.
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.

Foucault, Michel. 1976. *La volonté de savoir*. Paris: Gallimard.

— 2003. *Society Must Be Defended: Lectures at the Collège de France, 1975–76*. New York: Picador.

Huxley, Aldous. 1932. *Brave New World*. London: Chatto & Windus.

Georgescu-Roegen, Nicholas. 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Kevles, Daniel J. 1985. *In the Name of Eugenics: Genetics and the Uses of Human Heredity*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Kirby, David A. 2000. "The New Eugenics in Cinema: Genetic Determinism and Gene Therapy in GATTACA." *Science Fiction Studies* 27, no. 2: 193–215.

Lovelock, James. 1979. *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford: Oxford University Press.

— 2019. *Novacene: The Coming Age of Hyperintelligence*. London: Allen Lane.

Lyon, Thomas P., and John W. Montgomery. "The Means and End of Greenwash." *Organization & Environment* 28, no. 2 (2015): 223–249.

Margulis, Lynn, and James Lovelock. 1974. "Biological Modulation of the Earth's Atmosphere." *Icarus* 21 (4): 471–89.

Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, Jørgen Randers, and William W. Behrens III. 1972. *The Limits to Growth*. New York: Universe Books.

Merchant, Carolyn. 1980. *The Death of Nature: Women, Ecology, and the Scientific Revolution*. San Francisco: Harper & Row.

Næss, Arne. 1973. "The Shallow and the Deep, Long-Range Ecology Movement." *Inquiry* 16 (1–4): 95–100.

Ocasio-Cortez, Alexandria, and Edward Markey. 2019. *Green New Deal Resolution*. Washington, DC: U.S. House of Representatives, 2.

Paul, Diane B. 1995. *Controlling Human Heredity: 1865 to the Present*. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press.

Rose, Nikolas. 2007. *The Politics of Life Itself: Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*. Princeton: Princeton University Press.

Rowe, James K. 2021. *Radical Mindfulness: Critical Perspectives on Environment and Wellbeing*. London: Zed Books.

Serres, Michel. 2022. *A természeti szerződés*. Ford. Seregi Tamás. Budapest: Atlantisz.

Steffen, Will, Paul J. Crutzen, and John R. McNeill. 2011. "The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?" *Ambio* 40 (7): 614–21.

World Commission on Environment and Development. 1987. *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.

3.4. Az élet új határai: biotechnológia, poszthumanizmus és információelmélet – kortárs nézőpontok

Bedau, Mark A., and Emily C. Parke eds. 2009. *The Ethics of Protocells: Moral and Social Implications of Creating Life in the Laboratory*. Cambridge: MIT Press

Bolt, Adam, dir. 2019. *Human Nature*. Dokumentumfilm. Wonder Collaborative/The New Yorker Studios.

Bostrom, Nick. 2005. *In Defense of Posthuman Dignity*. *Bioethics* 19 (3): 202–214. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8519.2005.00437.x>.

Bostrom, Nick, and Anders Sandberg. 2009. "Cognitive Enhancement: Methods, Ethics, Regulatory Challenges." *Science and Engineering Ethics* 15 (3): 311–41. <https://doi.org/10.1007/s11948-009-9142-5>.

Cohen, Jon. 2025. "The Organ Farm. Gene-edited pig kidneys are finally moving the long-stymied field of xenotransplantation forward." *Science*. <https://www.science.org/content/article/can-gene-edited-pigs-solve-organ-transplant-shortage>. Megtekintve 2025. június 1.

- Crawford, Kate, and Vladan Joler. 2018. *Anatomy of an AI System*. Share Lab. <https://anatomyof.ai>. Megtekintve: 2025. július 25.
- Cyranoski, David. 2019. "The CRISPR Baby Scandal: What's Next for Human Gene-Editing." *Nature* 566, no. 7745: 440–442. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00673-1>.
- Church, George. 2020. *Regenesis: How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*. New York: Basic Books.
- Davies, William. 2017. *The Happiness Industry: How the Government and Big Business Sold Us Well-Being*. London: Verso.
- Doudna, Jennifer A., and Samuel H. Sternberg. 2017. *A Crack in Creation: Gene Editing and the Unthinkable Power to Control Evolution*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Drew, Liam. 2024. "Elon Musk's Neuralink Brain Chip: What Scientists Think of First Human Trial." *Nature*, February 2. <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00304-4>. Megtekintve: 2025. július 24.
- Egender, Joe, and Leeor Kaufman. 2019. *Unnatural Selection*. Netflix Documentary Series.
- Esvelt, Kevin M., and Neil J. Gemmell. 2017. "Conservation demands safe gene drive." *PLoS Biology* 15 (11): e2003850. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2003850>.
- Ettinger, Robert C. W. 1962. *The Prospect of Immortality*. New York: Doubleday.
- Fernández-Mateo, Beatriz. 2023. Neurotechnologies and Human Rights: Ethical and Legal Challenges. *Bioethics Journal* 37 (1): 1–22.
- Firestone, Shulamith. 1970. *The Dialectic of Sex: The Case for Feminist Revolution*. New York: William Morrow.
- Floridi, Luciano. *The Philosophy of Information*. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- Fukuyama, Francis. 2002. *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Gsell, Christian Frei, and Maxim Arbugaev. 2018. *Genesis 2.0*. Dokumentumfilm. <https://www.genesis-two-point-zero.com/>. Megtekintve: 2025. július 25.
- Gibson, Daniel G., John I. Glass, Carole Lartigue, Vladimir N. Noskov, Ray-Yuan Chuang, Mikkel A. Algire, Gwynedd A. Benders. 2010. "Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome." *Science* 329 (5987): 52–56. <https://doi.org/10.1126/science.1190719>.

Ginsberg, Alexandra Daisy, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Elfick, and Drew Endy. 2014. *Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature*. Cambridge: MIT Press.

Graafstra, Amal. 2019. "Tesla Model 3 Chip Implant." *Dangerous Things Blog*, August. <https://dangerousthings.com/>. Megtekintve: 2025. július 25.

Goertzel, Ben, and Cassio Pennachin, eds. 2007. *Artificial General Intelligence*. Berlin: Springer.

Gyngell, Christopher, Benjamin Capps Bowman-Smart, and Julian Savulescu. 2019. "Germline Gene Editing and the Enhancement of Traits." *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine* 9 (7): a034587. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a034587>.

Haldane, J. B. S. 1924. *Daedalus; or, Science and the Future*. London: Kegan Paul.

Hameroff, Stuart, and Penrose, Roger. 2014. "Consciousness in the Universe: A Review of the 'Orch OR' Theory." *Physics of Life Reviews* 11 (1): 39–78. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002>.

Harrison Dupré, Maggie. 2023. *Billionaire Peter Thiel Says He's Freezing His Body After Death Just in Case*. Futurism. <https://futurism.com/the-byte/peter-thiel-cryonics>. Megtekintve: 2025. július 7.

Ienca, Marcello, and Roberto Andorno. 2017. "Towards New Human Rights in the Age of Neuroscience and Neurotechnology." *Life Sciences, Society and Policy* 13 (1): 5. <https://doi.org/10.1186/s40504-017-0050-1>.

Jasanoff, Sheila. 2005. *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*. Princeton: Princeton University Press.

Kafer, Alison. 2013. *Feminist, Queer, Crip*. Bloomington: Indiana University Press.

Keulartz, Jozef. 2020. "Biohacking between Activism and Entrepreneurship." *NanoEthics* 14: 3–17.

Kurzweil, Ray. 2006. *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. New York: Penguin Books.

Latour, Bruno. 1999. *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies*. Cambridge: Harvard University Press.

Ledford, Heidi. 2010. "Garage Biotech: Life Hackers." *Nature* 467 (7316): 650–652.

Lewis, Sophie. 2021. *Full Surrogacy Now: Feminism Against Family*. London: Verso.

Liptak, Andrew. 2019. "A Tesla owner implanted the RFID chip from her Model 3's keycard into her arm" *The Verge* <https://www.theverge.com/2019/8/12/20800798/tesla-model-3-rfid-chip-keycard-amiedd-video-watch-body-hacking-body-modification>.

More, Max. 2013. "The Philosophy of Transhumanism." In *The Transhumanist Reader: Classical and Contemporary Essays on the Science, Technology, and Philosophy of the Human Future*, edited by Max More and Natasha Vita-More, 3–17. Malden: Wiley-Blackwell.

Min, John, Andrea L. Smidler, Devora Najjar, and Kevin M. Esvelt. 2017. "Harnessing Gene Drive." *Journal of Responsible Innovation* 4, no. sup1: S40–S65. <https://doi.org/10.1080/23299460.2017.1415586>.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/23405>.

O'Riordan, Kate. 2017. *The Genome Incorporated: Constructing Biodigital Identity*. London: Routledge.

Partridge, Emily A., et al. 2017. "An extra-uterine system to physiologically support the extreme premature lamb." *Nature Communications* 8 (1): 15112. <https://doi.org/10.1038/ncomms15112>.

Penrose, Roger. 1989. *The Emperor's New Mind*. Oxford University Press

Reardon, Sara. 2022. "First pig-to-human heart transplant: what can scientists learn?" *Nature* 601, no. 7894. January: 305–306. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-00111-9>. Megtekintve: 2025. július 25.

Redford, Kent H., William Adams, and Georgina Mace. 2013. "Synthetic Biology and Conservation of Nature: Wicked Problems and Wicked Solutions." *PLoS Biology* 11 (4): e1001530. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001530>.

Sandel, Michael J. 2007. *The Case Against Perfection: Ethics in the Age of Genetic Engineering*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Shapiro, Beth. 2015. *How to Clone a Mammoth: The Science of De-Extinction*. Princeton: Princeton University Press.

Smajdor, Anna. 2007. "The Moral Imperative for Ectogenesis." *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics* 16 (3): 336–345. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1017/S0963180107070405>.

Unnatural Selection. 2019. Directed by Joe Eggender and Leeor Kaufman. Netflix Dokumentumsorozat.

Tegmark, Max. 2017. *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence*. New York: Alfred A. Knopf.

Thacker, Eugene. 2005. *The Global Genome: Biotechnology, Politics, and Culture*. Cambridge: MIT Press.

Wexler, Anna. 2017. "A Pragmatic Analysis of the Regulation of Consumer Neurotechnologies." *Science and Engineering Ethics* 23 (4): 1051–1073. <https://doi.org/10.1093/jlb/lsv039>.

Zayner, Josiah. 2018. "A DIY Guide to CRISPR and Genetic Engineering." *The ODIN*. <https://www.the-odin.com>.

Zimov, Sergey A., Nikita Zimov, and George Church. 2014. "Pleistocene Park: Return of the Mammoth's Ecosystem." https://www.pleistocenepark.ru/en/_ Megtekintve: 2025. július 7.

3.5. Az élő mint adat és aktor

Ajana, Btihak. 2017. "Digital Health and the Biopolitics of the Quantified Self." *Digital Health* 3. <https://doi.org/10.1177/2055207616689509>.

Ajana, Btihak. 2020. "Personal Metrics: Users' Experiences and Perceptions of Self-Tracking Practices and Data." *Social Science Information* 59 (4). <https://doi.org/10.1177/0539018420959522>.

Andrejevic, Mark. 2021. *Automated Media*. New York: Routledge.

Boyd, David R. 2017. *The Rights of Nature: A Legal Revolution That Could Save the World*. Toronto: ECW Press.

Brunton, Finn, and Helen Nissenbaum. 2015. *Obfuscation: A User's Guide for Privacy and Protest*. Cambridge, MA: MIT Press.

Bucher, Andreas, Stefanie Kurtz, and Jonas Köhler. 2020. "Digital Twins and the Emerging Science of Self: Implications for Digital Health Experience Design." *Frontiers in Computer Science*. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.00031>.

Cartwright, Lisa. 1995. *Screening the Body: Tracing Medicine's Visual Culture*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Chakrabarty, Dipesh. 2009. "The Climate of History: Four Theses." *Critical Inquiry* 35, no. 2: 197–222. <https://doi.org/10.1086/596640>.

Church, George. *Regenesis: How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*. New York: Basic Books, 2020.

Crawford, Kate, Jennifer Lingel, and Tero Karppi. 2015. "Our Metrics, Ourselves." *European Journal of Cultural Studies* 18 (4–5): 479–496.

Crawford, Kate, and Vladan Joler. 2018 *Anatomy of an AI System*. New York: AI Now Institute.

Creemers, Rogier. 2018. "China's Social Credit System: An Evolving Practice of Control." SSRN Scholarly Paper No. 3175792. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3175792>.

Das, Reena, and David Grande. 2020. "Artificial Intelligence in Health Care: The Hope, the Hype, the Promise, the Peril." *Health Affairs* 39 (3): 393–400.

Fernández-Mateo, Joaquín. 2023. "Philosophical & Bioethical Boundaries in Current Biotechnologies: Human Enhancement and Welfare Biology." *TECHNO REVIEW: International Technology, Science and Society Review / Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad* 11 (2). <https://doi.org/10.37467/revtechno.v13.5120>.

Gsell, Christian Frei, and Maxim Arbugaev. 2018. *Genesis 2.0*. Dokumentumfilm. <https://www.genesis-two-point-zero.com/>.

Halusker, Hannah. 2020. „*The 'Unregulated Wild West': A Socio-Ethical Discourse Analysis of Direct-To-Consumer Genetic Testing*.” MA thesis, Clemson University. https://open.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4413&context=all_theses.
Megtekintve: 2025. július 24.

Hamilton, Jennifer A. 2020. "Genetic Ancestry Testing and the Politics of Identity." In *Bioethics and Biopolitics*, edited by R. Lipkin and D. Magnus, 200–207. Routledge.

Ienca, Marcello, and Roberto Andorno. 2017. "Towards New Human Rights in the Age of Neuroscience and Neurotechnology." *Life Sciences, Society and Policy* 13 (1): 1–27. <https://doi.org/10.1186/s40504-017-0050-1>.

Kauffman, Craig M., and Pamela L. Martin. 2021. *The Politics of Rights of Nature: Strategies for Building a More Sustainable Future*. Cambridge, MA: MIT Press

Kay, Lily E. 2000. *Who Wrote the Book of Life? A History of the Genetic Code*. Stanford: Stanford University Press.

Lebedev, Miguel A., and Miguel A. L. Nicolelis. 2017. "Brain–Machine Interfaces: From Basic Science to Neuroprostheses and Neurorehabilitation." *Physiological Reviews* 97 (2): 767–837. <https://doi.org/10.1152/physrev.00027.2016>.

Lupton, Deborah. 2016. *The Quantified Self: A Sociology of Self-Tracking*. Cambridge: Polity Press.

Mann, Thomas. 2006. *A varázshegy*. Budapest: Európa Könyvkiadó.

Moore, Phoebe V., and Andrew Robinson. 2016. *The Quantified Self: Health, Science and Subjectivity*. London: Palgrave Macmillan.

Moore, Phoebe V. 2018. "Tracking Affective Labour for Agility in the Quantified Workplace." *Body & Society*. <https://doi.org/10.1177/1357034X18775203>.

Neuralink. 2022. *Show and Tell – Telepathy*. YouTube-video.
<https://www.youtube.com/watch?v=eXUeTMp-O6o>. Megtekintve: 2025. július 4.

Obermeyer, Ziad, Brian Powers, Christine Vogeli, and Sendhil Mullainathan. 2019. "Dissecting Racial Bias in an Algorithm Used to Manage the Health of Populations." *Science* 366 (6464): 447–453. <https://doi.org/10.1126/science.aax2342>.

O'Neill, Christopher. 2017. "Taylorism, the European Science of Work, and the Quantified Self at Work." *Science, Technology, & Human Values* 42 (4): 600–621.
<https://doi.org/10.1177/0162243916677083>.

Redford, Kent H., William Adams, és Georgina Mace. 2013. "Synthetic Biology and Conservation of Nature: Wicked Problems and Wicked Solutions." *PLoS Biology* 11 (4): e1001530. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001530>.

Sanders, Rachel. 2016. "Self-Tracking in the Digital Era: Biopower, Patriarchy, and the New Biometric Body Projects." *Body & Society*. 23 (1): 36–63.
<https://doi.org/10.1177/1357034X16660366>.

Sandler, Ronald. 2014. „The ethics of reviving long extinct species." *Conservation Biology* 28.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12198>.

Schüll, Natasha Dow. 2016. "Data for Life: Wearable Technology and the Design of Self-Care." *BioSocieties* 11: 317–333. <https://doi.org/10.1057/biosoc.2015.47>.

Shostak, Sara. 2004. *Becoming Immortal: Combining Cloning and Stem-Cell Therapy*. Albany: SUNY Press.

Smith, Gavin J. D., and Toby Miller. 2020. *Surveillance in the Time of Insecurity*. New Brunswick: Rutgers University Press.

Stafford, Barbara Maria. 2007. *Echo Objects: The Cognitive Work of Images*. Chicago: University of Chicago Press.

Stone, Morley O., Jack Blackhurst, Jennifer Gresham, és Werner J. A. Dahm. 2014. "Development of the Quantified Human." In *Neuro Robotics: From Brain-Machine Interfaces to Rehabilitation Robotics*, ed. Panagiotis Artemiadis, 181–205. Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8932-5_7.

The Verge. 2019. "How Amazon Automatically Tracks and Fires Warehouse Workers for 'Productivity.'" *The Verge*, April 25, 2019. <https://www.theverge.com/2019/4/25/18516004/amazon-warehouse-automated-firing-productivity>. Megtekintve 2025. június 01.

Van der Ploeg, Irma. 2012. "The Body as Data in the Age of Information." In *Bodies in Technology*, edited by Don Ihde and Evan Selinger, 163–181. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Van Dijck, José. 2005. *The Transparent Body: A Cultural Analysis of Medical Imaging*. Seattle: University of Washington Press.

Whitson, Jennifer R. 2013. "Gaming the Quantified Self." *Surveillance & Society* 11 (1/2): 163–176. <https://doi.org/10.24908/ss.v11i1/2.4454>.

Zuboff, Shoshana. 2019. *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York: PublicAffairs.

3.6. Az élő mint politikai és jogi aktor

Biermann, Frank. *Earth System Governance: World Politics in the Anthropocene*. Cambridge, MA: MIT Press, 2014.

Chakrabarty, Dipesh. 2009. "The Climate of History: Four Theses." *Critical Inquiry* 35, no. 2: 197–222. <https://doi.org/10.1086/596640>.

Crutzen, Paul J. "Geology of Mankind." *Nature* 415 (2002): 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>.

Haraway, Donna. *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Duke University Press, 2016.

Latour, Bruno. 2017. *Facing Gaia: Eight Lectures on the New Climatic Regime*. Cambridge: Polity Press.

Lovelock, James. 1979. *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford University Press.

Serres, Michel. 1990. *Le Contrat naturel*. Paris: Flammarion.

Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena Bennett, Reinette Biggs, and Wim de Vries. 2015. "Planetary Boundaries: Guiding Human

Development on a Changing Planet.” *Science* 347 (6223): 1259855. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>. Megtekintve: 2025. július 24.

3.7. Poszthumanizmus és ökológiai fordulat

Ascott, Roy. 2003. *Telematic Embrace: Visionary Theories of Art, Technology, and Consciousness*. Berkeley: University of California Press.

Braidotti, Rosi. 2013. *The Posthuman*. Cambridge: Polity Press.

— 2022. *Posthuman Feminism*. Cambridge: Polity Press.

Haraway, Donna J. 2016. *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Durham: Duke University Press.

Hauser, Jens. 2008. “Observations on an Art of Growing Interest: Toward a Phenomenological Approach to Art Involving Biotechnology.” In *Signs of Life: Bio Art and Beyond*, edited by Eduardo Kac, 85–102. Cambridge, MA: MIT Press.

Morton, Timothy. 2013. *Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Morton, Timothy. 2016. *Dark Ecology: For a Logic of Future Coexistence*. New York: Columbia University Press.

Thacker, Eugene. 2010. *After Life*. Chicago: University of Chicago Press.

Zayner, Josiah. 2021. “How to Genetically Modify Yourself.” *The ODIN*. <https://www.the-odin.com>. Megtekintve: 2025. július 25.

3.8. Az anyag, mint viszony – újmaterialista szemlélet és kritikai anyagökológia

Barad, Karen. 2007. *Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*. Durham, NC: Duke University Press.

Bennett, Jane. 2010. *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things*. Durham, NC: Duke University Press.

Coole, Diana, and Samantha Frost, eds. 2010. *New Materialisms: Ontology, Agency, and Politics*. Durham, NC: Duke University Press.

Karana, Elvin, Owain Pedgley, Valentina Rognoli, and Anouk Geenen. 2020. *Alive: Active Materials and Adaptive Environments*. Delft: TU Delft Open.

4.1. Bevezetés a mimetikus stratégiák és természetfelfogások történetébe a művészet és design területén

Mitchell, W. J. T. 2002. Showing Seeing: A Critique of Visual Culture. In *Practices of Looking*, edited by Marita Sturken and Lisa Cartwright, 1–20. Oxford: Oxford University Press.

Stafford, Barbara Maria. 1994. *Artful Science: Enlightenment, Entertainment and the Eclipse of Visual Education*. Cambridge, MA: MIT Press.

4.2. Az utánzás alakzatai: mimézis és természetrepresentáció a művészet történetében

Benyus, Janine M. 1997. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: William Morrow.

Dicks, Henry. 2023. *The Biomimicry Revolution: Learning from Nature How to Inhabit the Earth*. New York: Columbia University Press.

4.3. Animamimikri: az élő világ szellemi és vizuális megidézése

Abram, David. 1996. *The Spell of the Sensuous: Perception and Language in a More-than-Human World*. New York: Pantheon.

Clottes, Jean. 2016. *What Is Paleolithic Art? Cave Paintings and the Dawn of Human Creativity*. Trans. Y. Martin, Oliver and Robert D. Martin. Chicago: University of Chicago Press.

Harvey, Graham. 2006. *Animism: Respecting the Living World*. London: Hurst.

Ingold, Tim. 2000. *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*. London: Routledge.

Lewis-Williams, David. 2002. *The Mind in the Cave: Consciousness and the Origins of Art*. London: Thames & Hudson.

Schmidt, Klaus. 2010. *Göbekli Tepe – The Stone Age Sanctuaries: New Discoveries of the World's Oldest Temple*. Berlin: Ex oriente.

4.4. Ókor: természet és rend vizuális és technikai formálása

Ames, Roger T., and David L. Hall. 2003. *Dao De Jing: Making This Life Significant: A Philosophical*

Translation. New York: Ballantine Books.

Arisztotelész. 1984. *Poétika*. Ford. Trencsényi-Waldapfel Imre. Budapest: Európa.

Assmann, Jan. 2001. *The Search for God in Ancient Egypt*. Trans. David Lorton. Ithaca: Cornell University Press.

Cahill, James. 1993. *The Lyric Journey: Poetic Painting in China and Japan*. Cambridge: Harvard University Press.

Dicks, Henry. 2023. *The Biomimicry Revolution: Learning from Nature How to Inhabit the Anthropocene*. New York: Columbia University Press.

Mathews, F. 2011. Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry. *Organization & Environment*, 24 (4), 364–387.

Needham, Joseph. 1965. *Science and Civilisation in China, Vol. 4, Physics and Physical Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Vitruvius. 1997. *Az építészetről tíz könyv*. Ford. Mertzsa Ferenc. Budapest: Corvina.

4.5. Középkor: a természet mint isteni rend és allegória

Camille, Michael. 1992. *Image on the Edge: The Margins of Medieval Art*. Harvard University Press.

Clark, Kenneth. 2006. *Animals and Men: Their Relationship as Reflected in Western Art from Prehistory to the Present Day*. New York: William Morrow.

Flanagan, Sabina. 1998. *Hildegard of Bingen, 1098–1179: A Visionary Life*. Routledge.

Newman, Barbara. 1987. *Sister of Wisdom: St. Hildegard's Theology of the Feminine*. University of California Press.

Weisheipl, James A. 1980. *Albertus Magnus and the Sciences: Commemorative Essays 1980*. Pontifical Institute of Mediaeval Studies.

4.6. Újkor: a természet mint kép, gép és gyűjtemény

Escardó, Anna. 2021. *Science Illustration: A History of Visual Knowledge from the 15th Century to Today*. Ed. Julius Wiedemann. Köln: Taschen.

Hooke, Robert. 1665. *Micrographia: or, Some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses*. London: John Martyn and James Allestry.

Listri, Massimo, and Giulia Carciotto. 2019. *Cabinets of Curiosities*. Köln: Taschen.

Margócsy, Daniel. 2014. *Commercial Visions: Science, Trade and Visual Culture in the Dutch Golden Age*. Chicago: University of Chicago Press.

La Mettrie, Julien Offray de. 1748. *L'Homme Machine*. Leiden: Elie Luzac.

Rommelin, Johann. 1613. *Catoptrum Microcosmicum*. Frankfurt am Main: Nikolaus Hoffmann.

Riskin, Jessica. 2016. *The Restless Clock: A History of the Centuries-Long Argument over What Makes Living Things Tick*. Chicago: University of Chicago Press.

Seba, Albertus. 2001. *Cabinet of Natural Curiosities: Locupletissimi rerum naturalium thesauri 1734–1765*. Köln: Taschen.

Snodin, Michael, and John Styles. 2001. *Design and the Decorative Arts: Britain 1500–1900*. London: V&A Publications.

Stafford, Barbara Maria. 1994. *Artful Science: Enlightenment, Entertainment and the Eclipse of Visual Education*. Cambridge, MA: MIT Press.

Thinking 3D Project. 2025. "Johann Rommelin *Catoptrum Microcosmicum*." <https://www.thinking3d.ac.uk/Rommelin/>. Megtekintve 2025. június 20.

Wellmann, Janina. 2017. *The Form of Becoming: Embryology and the Epistemology of Rhythm, 1760–1830*. New York: Zone Books.

4.7. A természet mint esztétikai, tudományos és ideológiai konstrukció a XIX. században

Bassegoda, Juan. 2008. *Gaudí: The Entire Work*. New York: Rizzoli.

Böhme, Gernot. 1996. *Natürlich Natur: Über Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Brighton Museums. 2025. "The Dark Side of Botany: How the Myth of the 'Harmless Botanist' Conceals Colonial Realities." <https://brightonmuseums.org.uk/discovery/history-stories/the-dark-side-of-botany-how-the-myth-of-the-harmless-botanist-conceals-colonial-realities/>. Megtekintve 2025. június 20.

- Burke, Edmund. 1757. *A Philosophical Enquiry into the Origin of Our Ideas of the Sublime and Beautiful*. London: R. and J. Dodsley.
- Crary, Jonathan. 1990. *Techniques of the Observer: On Vision and Modernity in the Nineteenth Century*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Daston, Lorraine, and Peter Galison. 2007. *Objectivity*. New York: Zone Books.
- Haeckel, Ernst. 1904. *Kunstformen der Natur*. Leipzig: Bibliographisches Institut.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.49539>.
- Gombrich, E. H. 1960. *Art and Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation*. London: Phaidon Press.
- Kant, Immanuel. 1790/2004. *Az ítéldőerő kritikája*. Ford. Márkus György. Budapest: Atlantisz.
- Mitchell, W. J. T. 2002. *Landscape and Power*. Chicago: University of Chicago Press.
- Morton, Timothy. 2010. *The Ecological Thought*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nesbitt, Kate. 1996. *Theorizing a New Agenda for Architecture: An Anthology of Architectural Theory 1965–1995*. Princeton Architectural Press.
- Punter, David. 2007. *The Literature of Terror: A History of Gothic Fictions from 1765 to the Present Day*. London: Longman.
- Schama, Simon. 1995. *Landscape and Memory*. New York: Knopf.
- Sembach, Klaus-Jürgen. 2001. *Art Nouveau*. Köln: Taschen.
- Stafford, Barbara Maria. 1994. *Artful Science: Enlightenment Entertainment and the Eclipse of Visual Education*. MA: MIT Press.
- Switzer, Terri. 2018. "Nationalism and the Myth of Hungarian Origin: Attila and Árpád." In *A Companion to Nineteenth-Century Art*, edited by Michelle Facos, 439–456. Chichester, UK: Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118856321.ch22>.
- Vaughan, William. 1994. *German Romantic Painting*. New Haven: Yale University Press.
- Whitford, Frank. 1984. *Gustav Klimt*. Thames & Hudson.

4.8. Modernista biomorfizmus

Arp, Hans. 2011. *Biomorph! : Hans Arp in a Dialogue with Current Artist Positions*. Karlsruhe: ZKM | Center for Art and Med.

Botar, Oliver A. I. 2011. "Biocentrism and Modernism: Raoul Francé and the Biological Roots of Constructivism." In *Biocentrism and Modernism*, edited by Oliver A. I. Botar and Isabel Wünsche, 81–117. London: Routledge.

Blaumann, Edit. 2021. "Bios, Lobsters, Penguins: Moholy-Nagy's Vitalist Thinking from Francé to London Zoo". *Disegno. Journal of Design Culture* 5: 68–85.
https://disegno.mome.hu/articles/Disegno_2021_1-2_05-Edit_Blaumann.pdf.

Crowther, Paul, and Iris Wünsche. 2012. *Meanings of Abstract Art: Between Nature and Theory*. New York: Routledge.

Francé, Raoul Heinrich. 1924. *Biotechnik: Die Lebensgesetze der Tier- und Pflanzenwelt als Grundlage einer neuen Technik*. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung.

Grigson, Geoffrey. 1935. *The Arts Today*. London: Bodley Head.

Hagan, Susannah. 2001. *Taking Shape: A New Contract Between Architecture and Nature*. Oxford: Architectural Press.

Jodidio, Philip. 2013. *Santiago Calatrava: The Complete Works*. Köln: Taschen.

Loye, Zur, T. P. 2010. *History of a Natural History: Max Ernst's Histoire Naturelle, Frottage, and Surrealist Automatism*. MA thesis. University of Oregon.
<https://scholarsbank.uoregon.edu/server/api/core/bitstreams/ec908982-013a-4203-80a0-0765731bfecf/content>. Megtekintve: 2025. június 27.

Moholy-Nagy, László. 1947. *Vision in Motion*. Chicago: Paul Theobald.
 Moszynska, Anna. 2020. *Abstract Art*. London: Thames & Hudson.

Phillips, Stephen J. 2017. *Elastic Architecture: Frederick Kiesler and Design Research in the First Age of Robotic Culture*. Cambridge, MA: MIT Press.

Setz, Cathryn. 2021. *Primordial Modernism: Animals, Ideas, Transition (1927–1938)*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

Wick, Rainer. 2000. *Teaching at the Bauhaus*. Ostfildern-Ruit: Hatje Cantz Verlag.

Wünsche, Isabel. 2012. "Life into Art: Nature Philosophy, the Life Sciences, and Abstract Art." In *Meanings of Abstract Art*, edited by Paul Crowther, 13–33. London: Routledge.

5.1. A természet mint szervezőelv

Banham, Reyner. 1960. *Theory and Design in the First Machine Age*. Cambridge, MA: MIT Press.

Benner, Steven A. 2010. *Life, the Universe and the Scientific Method*. Philosophical Transactions of the Royal Society A 368 (1914): 3729–3749.

Benyus, Janine M. 1997. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: William Morrow.

Bortoft, Henri. 1996. *The Wholeness of Nature*. Edinburgh: Floris

Buckingham, Susan. 2004. "Ecofeminism in the Twenty-First Century." *The Geographical Journal* 170 (2): 146–154.

Fuller, R. Buckminster. 1969. *Operating Manual for Spaceship Earth*. Carbondale: Southern Illinois University Press.

Gruber, Petra. 2011. *Biomimetics in Architecture: Architecture of Life and Buildings*. Vienna: Springer.

Haraway, Donna. 2016. *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Durham: Duke University Press.

Irwin, Terry. 2015. "Transition Design: A Proposal for a New Area of Design Practice, Study, and Research." *Design and Culture* 7 (2): 229–246.
<https://doi.org/10.1080/17547075.2015.1051829>.

Irwin, Terry, Gideon Kossoff, and Cameron Tonkinwise. 2015. "Transition Design Provocation", *Design Philosophy Papers* 13 (1), 3–11. <https://doi.org/10.1080/14487136.2015.1085688>.

Juarrero, Alicia. 1999. *Dynamics in Action: Intentional Behavior as a Complex System*. Cambridge, MA: MIT Press.

Kossoff, Gideon. 2015. "Holism and the Reconstitution of Everyday Life: A Framework for Transition to a Sustainable Society." *Design Philosophy Papers* 13 (1): 25–38.

Kossoff, Gideon, Terry Irwin, and Anne-Marie Willis. 2015. "Transition Design." *Design Philosophy Papers* 13 (1): 1–2. <https://doi.org/10.1080/14487136.2015.1085681>.

Krausse, Joachim. 2008. "The Fuller Effect." In *Utopie Jetzt! Architekturvisionen aus dem 20. Jahrhundert*, edited by Ute Meta Bauer and Beatrix Ruf, 60–75. Berlin: Hatje Cantz.

Margolin, Victor. 2002. *The Politics of the Artificial: Essays on Design and Design Studies*. Chicago: University of Chicago Press.

Marks, Robert W. 1960. *The Dymaxion World of Buckminster Fuller*. New York: Anchor Books.

McHarg, Ian L. 1969. *Design with Nature*. Garden City, NY: Natural History Press.

Merchant, Carolyn. 1980. *The Death of Nature: Women, Ecology and the Scientific Revolution*. New York: Harper & Row.

Oxman, Neri. 2010. *Material-based Design Computation*. MIT PhD Dissertation, Massachusetts Institute of Technology.

Papanek, Victor. 1971. *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. New York: Pantheon Books.

Pawlyn, Michael. 2011. *Biomimicry in Architecture*. London: RIBA Publishing.

Speck, Thomas, and Olga Speck. 2008. "Process Sequences in Biomimetic Research." *Journal of Bionic Engineering* 5 (3): 162–169.

Spirn, Anne Whiston. 2000. "Ian McHarg, Landscape Architecture, and Environmentalism: Ideas and Methods in Context." In *Environmentalism in Landscape Architecture*, edited by Michel Conan, 97–114. Washington: Dumbarton Oaks Research Library.

Steele, Jack E. 1960. "The Bionics Symposium: Living Prototypes—The Key to New Technology." *Wright Air Development Center Technical Report*. Ohio: United States Air Force.

Tonkinwise, Cameron. 2011. "A Taste for Practices: Unrepressing Style in Design Thinking." *Design Studies* 32 (6): 533–545. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.001>.

— 2015. "Design for Transitions—From and to What?" *Design Philosophy Papers* 13 (1): 85–92. <https://doi.org/10.1080/14487136.2015.1085686>.

Vincent, Julian F. V., Olga A. Bogatyreva, Nikolay R. Bogatyrev, Adrian Bowyer, and Anja-Karina Pahl. 2006. "Biomimetics: Its Practice and Theory." *Journal of the Royal Society Interface* 3 (9): 471–482.

Zari, Maibritt Pedersen. 2007. "Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability." In *SBO7 New Zealand Sustainable Building Conference Papers*, 44–53.

5.2. Ökológiai médiumlaborok: építészet, technológia, életforma

Brand, Stewart. 2001. *Amíg világ a világ. Idő és felelősség—a hosszú most órája*. Ford. Kertész Balázs. Budapest: Vince.

GBA (Green Building Advisor). 2020. "Earthship Hype and Earthship Reality." *Green Building Advisor*, February 14. <https://www.greenbuildingadvisor.com/article/earthship-hype-and-earthship-reality>.

Grossman, Joan, and Tom McCourt. 2012. *Drop City*. Dokumentumfilm.

Holmgren, David. 2002. *Permaculture: Principles and Pathways Beyond Sustainability*. Hepburn: Holmgren Design Services.

King, Eleanor. 2021. "Earthship Pros and Cons." *The Ministry of Architecture*. <https://theministryofarchitecture.com/earthships/earthship-pros-cons/>. Megtekintve: 2025. július 2.

Lorenz, John. 2003. *Drop City*. New York: HarperCollins.

Markoff, John. 2022. *Whole Earth: The Many Lives of Stewart Brand*. New York: Penguin Press, Riportfilmváltozat. <https://www.youtube.com/watch?v=3fmcVjlaqMM&t=631s>. Megtekintve: 2025. július 2.

Mohamed, Amany Saker. 2023. "Nurturing Sustainable Urban Space: Integrating Smart City Innovations and Earthship Design Principles for Eco-Friendly Futures." *International Journal of Architecture, Engineering and Urban Research* 6 (2): 376–400. <https://doi.org/10.21608/ijaeur.2024.265873.1066>.

Mollison, Bill. 1988. *Permaculture: A Designer's Manual*. Tyalgum: Tagari.

Sadler, Simon. 2005. Drop City Revisited: Hippie Communes and Countercultural Architecture. In *Archigram and Its Legacy*, ed. David Greene. London: Architectural Association, 26–29.

Turner, Fred. 2006. *From Counterculture to Cyberculture: Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the Rise of Digital Utopianism*. Chicago: University of Chicago Press.

Wolf, Matt. 2020. *Spaceship Earth*. Dokumentumfilm. New York: Neon.

Zars, Brett. 2019. "Is the Earthship the Solution to Sustainable Housing or a Useless Fantasy?" *The Independent*, June 27. <https://www.independent.co.uk/life-style/design/earthship-housing-sustainable-living-climate-change-a8980241.html>. Megtekintve: 2025. július 24.

5.3. Ökoművészet és taktikai beavatkozások

Braidotti, Rosi. 2013. *The Posthuman*. Cambridge: Polity Press

Benham, Kevin. 2016. "Wheatfield—A Confrontation: The Work of Agnes Denes", *Landscape Research Record* No. 5: 1–10.

Denes, Agnes. 1993. Notes on Eco-Logic: Environmental Artwork, Visual Philosophy and Global Perspective. *Leonardo* 26 (5), 355–365. <https://doi.org/10.2307/1576033>.

Hennessy, Kate. 2022. "The Artist Most Likely to Change the World? Tomás Saraceno on Making Art from Dust, Webs and Pollution." *The Guardian*, December 20, 2022. <https://www.theguardian.com/artanddesign/2022/dec/20/the-artist-most-likely-to-change-the-world-tomas-saraceno-on-making-art-from-dust-webs-and-pollution>. Megtekintve: 2025. június 1.

Studio Tomás Saraceno. 2025. *Hybrid Webs*. <https://studiotomassaraceno.org/hybrid-webs/>. Megtekintve: 2025. július 7.

Tsing, Anna, Heather Swanson, Elaine Gan, and Nils Bubandt, eds. *Arts of Living on a Damaged Planet: Ghosts and Monsters of the Anthropocene*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2017.

5.4. A természet mint modell – bionika, biomimikri

Abdullah, Amatalraof, Ismail bin Said, and Dilshan Remaz Ossen. 2018. Cooling Strategies in the Biological Systems and Termite Mound: The Potential of Emulating Them to Sustainable Architecture and Bionic Engineering. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences* 13 (19): 8127–8141.

Burkhardt, Berthold. 2016. "Natural Structures – The Research of Frei Otto in Natural Sciences." *International Journal of Space Structures* 31 (1): 9–15. <https://doi.org/10.1177/0266351116642060>.

Collet, Carole. 2021. "Designing our future bio-materiality." *AI & Society* 36: 1331–1342. <https://doi.org/10.1007/s00146-020-01013-y>.

Escher Cornelia. 2016. "Nested Utopias: GEAM's Large-Scale Designs." In *Re-Scaling the Environment* 81–96. <https://doi.org/10.1515/9783035608236-006>.

Fabricius Daniela. 2016. "Architecture before Architecture: Frei Otto's 'Deep History.'" *The Journal of Architecture* 21 (8): 1253–1273. <https://doi.org/10.1080/13602365.2016.1254667>.

Glaeser Ludwig. 1972. *The Work of Frei Otto*. New York: Museum of Modern Art.

Goldsmith Nicholas. 2016. "The Physical Modeling Legacy of Frei Otto." *International Journal of Space Structures* 31 (1): 25–30. <https://doi.org/10.1177/0266351116642071>.

Han, Zhiwu, Zongxuan Mu, Weiyang Yin, Shuhui Niu, Jianbin Zhang, and Licheng Ren. 2016. "Biomimetic Multifunctional Surfaces Inspired from Animals." *Advances in Colloid and Interface Science* 234: 27–50. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2016.03.004>.

Meissner, Irene, Möller, Eberhard, and Frei, Otto. 2017. *Frei Otto: Forschen Bauen Inspirieren = A Life of Research Construction and Inspiration*. München: Edition Detail.

Murphy Douglas. 2020. "Frei Otto (1925–2015)." *Architectural Review*. <https://www.architectural-review.com/essays/reputations/frei-otto-1925-2015>. Megtekintve: 2025. július 7.

Nerdinger Winfried ed. 2005. *Frei Otto: Complete Works. Lightweight Construction Natural Design*. Basel: Birkhäuser.

Parikka, Jussi. 2010. *Insect Media: An Archaeology of Animals and Technology*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

5.5. Építészet és biofil design: test, érzékelés, környezet

Kellert, Stephen R., Judith Heerwagen, and Martin Mador. 2008. *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Pallasmaa, Juhani. 2005. *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

Parametric Architecture. 2023. *Biophilia in Architecture: Is It Sustainable?* <https://parametric-architecture.com/biophilia-in-architecture-is-it-sustainable/?srsId=AfmBOorLbnGmhTo9QovaDJTQSBntG1N3kqBtgSlaRx5nkfmTOxK6wo-I>. Megtekintve: 2025. július 7.

Bakonyi, György. 2024. *Biofilia design—vissza a természethez*. Építészfórum. <https://epiteszforum.hu/biofilia-design—vissza-a-termeszethez>. Megtekintve: 2025. július 7.

5.6 Természetalapú megoldások

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S., eds. 2016. *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.

Dicks, Henry. 2021. *The Philosophy of Biomimicry*. London: Bloomsbury Academic.

European Commission. 2021. "Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A Handbook for Practitioners." Brussels: European Commission. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d7d496b5-ad4e-11eb-9767-01aa75ed71a1>. Megtekintve: 2025. július 24.

Frantzeskaki, Niki, Timon McPhearson, Marcus J. Collier, Dave Kendal, Harriet Bulkeley, Adina Dumitru, Claire Walsh, Kate Noble, Ernita van Wyk, Camilo Ordóñez, Cathy Oke, and László Pintér. 2019. "Nature-Based Solutions for Urban Climate Change Adaptation: Linking Science, Policy, and Practice Communities for Evidence-Based Decision-Making." *BioScience* 69 (6): 455–466. <https://doi.org/10.1093/biosci/bizo42>.

Kabisch, Nadja, Horst Korn, Jutta Stadler, and Aletta Bonn. 2017. *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>.

McPhearson, Timon, Nadja Kabisch, and Niki Frantzeskaki, eds. 2023. *Nature-Based Solutions for Cities*. Cheltenham, UK: Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9781800376762>. Megtekintve: 2025. július 24.

5.7. A természet mint alapanyag – bioalapú design

Ginsberg, Alexandra Daisy, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Elfick, and Drew Endy. 2014. *Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature*. Cambridge, MA: MIT Press.

Kollar, Zsófia. 2022. *The Human Material Loop*. <https://zsofiakollar.com/human-material-loop/>. Megtekintve: 2025. július 25.

Kollar, Zsófia, and Ineke Veldhoen. 2023. *Hair as a Human Resource: Reframing Biomaterials in Design*. Eindhoven: Dutch Design Week White Papers.

Lohmann, Julia. 2013. *The Department of Seaweed*. London: Victoria and Albert Museum Archives.

Lohmann, Julia, Hille van der Kaa, and Anna Berkenbusch. 2020. Algae as Material and Collaborator: Transdisciplinary Methods in Seaweed Design. *Journal of Design Research* 18 (4): 303–326.

Malpass, Matt. 2017. *Critical Design in Context: History, Theory, and Practices*. London: Bloomsbury Academic.

Myers, Natasha. 2022. "How to Grow Liveable Worlds: Ten (Not-so-easy) Steps for Life in the Planthropocene." In *The World to Come: Art, Politics, and Climate Change*, edited by Kerry Oliver-Smith, 66–78. Gainesville: University of Florida Press.

Tonuk, Damla. 2021. "Material Encounters: Designing with the More-than-Human." *Design and Culture* 13 (1): 71–90.

5.8. A természet mint partner – növesztéses biodesign

Blaumann, Edit. 2021. Építészet és Biodesign – Bevezetés. Építészfórum. <https://epiteszforum.hu/epiteszet-es-biodesign>. Megtekintve: 2025. június 1.

— 2022a. "Építészet és biodesign III. – Indus, ökológiai szennyvíztisztító." *Építészfórum*, november 17. <https://epiteszforum.hu/epiteszet-es-biodesign-iii--indus-okologiai-szennyviztisztito>. Megtekintve: 2025. július 25.

— 2022b. *Építészet és biodesign IX.: Fák vs. építészet*. Építészfórum. <https://epiteszforum.hu/epiteszet-es-biodesign-ix-fak-vs-epiteszet->. Megtekintve: 2025. június 1.

— 2022c. "Építészet és biodesign V.: Micélium – The Growing Pavilion." *Építészfórum*, november 10. <https://epiteszforum.hu/epiteszet-es-biodesign-v-micelium-the-growing-pavilion>. Megtekintve: 2025. július 7.

— 2022d. "Építészet és biodesign VI. – Hub for Biotechnology in the Built Environment." *Építészfórum*, június 19. <https://epiteszforum.hu/epiteszet-es-biodesign-vi-hub-for-biotechnology-in-the-built-environment>. Megtekintve: 2025. június 1.

Catts, Oron, and Ionat Zurr. 2008. The Tissue Culture and Art Project: The Ethics of the Semi-Living Art. In *Signs of Life: Bio Art and Beyond*, ed. Eduardo Kac, 233–246. Cambridge, MA: MIT Press.

Catts, Oron, and Ionat Zurr. 2012. "Growing for Different Knowledge Object Cultures: The Significant Otherness of Tissue Engineered Entities." *Configurations* 20 (1–2): 131–155.

Dicks, Henry. 2021. *The Biomimicry Revolution: Learning from Nature How to Inhabit the Earth*. New York: Columbia University Press.

Ecovative Design. 2025. *Ecovative.com*. <https://ecovative.com>. Megtekintve: 2025. június 1.

Ginsberg, Alexandra Daisy, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Elfick, and Drew Endy. 2014. "Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature." *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 15: 269–276.

HBBE (Hub for Biotechnology in the Built Environment). 2023. *Living Construction: Biotechnologies for the Built Environment*. Newcastle University and Northumbria University. <http://www.bbe.ac.uk/>. Megtekintve: 2025. június 1.

Karana, Elvin, Owain Pedgley és Valentina Rognoli. 2020. *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Karana, Elvin, Bahareh Barati, and Elisa Giaccardi. 2020. "Living Artefacts: Conceptualizing Livingness as a Material Quality in Everyday Artefacts." *International Journal of Design* 14 (3): 37–53. <https://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/1304>. Megtekintve: 2025. július 7.

Karana, Elvin, Valentina Rognoli, Nynke Tromp, and Giulia Zampollo. 2023. *Living Artefacts: Design and Research for Living Materials*. Cambridge: Cambridge University Press.

Libertiny, Tomas. 2020. *The Unbearable Lightness of Bees*. Rotterdam: Studio Libertiny.

Parikka, Jussi. 2010. *Insect Media: An Archaeology of Animals and Technology*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Pataranutaporn, Pat, Joseph Paradiso, Joe Davis, and Deblina Sarkar. 2020. *Living Bits: Bacteria as an Interactive Interface*. MIT Media Lab. <https://www.media.mit.edu/projects/living-bits/>. Megtekintve: 2025. július 7.

Lee, Suzanne. 2011. "BioCouture." *TEDx Talks*. https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_grow_your_own_clothes. Megtekintve: 2025. június 1.

Ludwig, Ferdinand, Regine Keller, and Baubotanik Research Group. 2019. *Baubotanik Projects*. München: Technische Universität München.

Myers, William. 2012. *Bio Design: Nature + Science + Creativity*. New York: Museum of Modern Art / Thames & Hudson.

Myers, William. 2018. *Bio Design: Nature + Science + Creativity*. 2. bőv. kiad. London: Thames & Hudson.

Norona, Leah M., Deborah G. Nguyen, David A. Gerber, Sharon C. Presnell, Edward L. LeCluyse, et al. 2016. "Editor's Highlight: Modeling Compound-Induced Fibrogenesis In Vitro Using Three-Dimensional Bioprinted Human Liver Tissues." *Toxicological Sciences* 154 (2): 354–367. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfw169>.

Organovo Holdings, Inc. 2014. "A novel in vitro three-dimensional bioprinted liver tissue system for drug development." Organovo weboldal. <https://organovo.com/a-novel-in-vitro-three-dimensional-bioprinted-liver-tissue-system-for-drug-development/>. Megtekintve: 2025. július 18.

Poietis és Basf. 2017. "Joint Press Release." Basf weboldal. <https://www.basf.com/global/en/media/news-releases/2017/10/p-17-352>. Megtekintve: 2025. július 18.

Rabinow, Paul, and Gaymon Bennett. 2012. *Designing Human Practices: An Experiment with Synthetic Biology*. Chicago: University of Chicago Press.

Shen, Jianxin X., Stephanie Youhanna és Ramin Z. Shafagh. 2019. "Organotypic and Microphysiological Models of Liver for Drug Screening." *Chemical Research in Toxicology*. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.9b00245>.

Soderbergh, Steven. 2011. *Fertőzés*. Játékfilm. USA: Warner Bros.

Stephens, Neil, Lucy Burke, and Brian Salter. 2013. "Bioprinting and the Ethics of 3D Printed Body Parts and Organs." *Journal of Medical Ethics* 39 (9): 601–603.

Wadman, Meredith. 2011. "Don't Call It Viral Marketing: The Story Behind *Contagion's* Microbial Billboard." *Science*, September 13. <https://www.science.org/content/article/dont-call-it-viral-marketing-story-behind-contagions-microbial-billboard>. Megtekintve: 2025. július 7.

Wang, J. Z., Xiong, N. Y., Zhao, L. Z., Hu, J. T., and Kong, D. C. 2018. Review: Medical implications of 3D-printing in liver surgeries, liver regeneration, liver transplantation and drug hepatotoxicity testing. *International Journal of Surgery* 56. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743919118314961>. Megtekintve: 2025. július 18.

5.9. Az anyagökológia és biogyártás – Neri Oxman munkássága

Davis, Heather. 2022. *Plastic Matter*. Durham: Duke University Press.

Gabrys, Jennifer. 2016. *Program Earth: Environmental Sensing Technology and the Making of a Computational Planet*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Halpern, Orit. 2017. "Smartness and the Logic of Digital Design." *Grey Room* 68 (1): 105–129.

Oxman, Neri. 2010. "Material-based Design Computation." PhD diss., Massachusetts Institute of Technology.

— 2016. "The Age of Entanglement." *Journal of Design and Science* no. 1. <https://doi.org/10.21428/7e0583ad>.

— 2020. "Silk Pavilion II." *Mediated Matter Group*. <https://matter.media.mit.edu>.

Oxman, Neri, Christoph Bader, Sunanda Sharma, and the Mediated Matter Group. 2016. "Vespers." *Mediated Matter Group*. <https://www.media.mit.edu/articles/vespers-the-latest-mask-collection-by-mit-s-neri-oxman/>. Megtekintve: 2025. július 18.

5.10. A természet mint adat – tudományos képalkotás és biopolitika

Agamben, Giorgio. 1998. *Homo Sacer: Sovereign Power and Bare Life*. Stanford: Stanford University Press.

Agamben, Giorgio. 2000. *Means without End: Notes on Politics*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Anker, Suzanne, and Dorothy Nelkin. 2004. *The Molecular Gaze: Art in the Genetic Age*. Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Davis, Joe. 1996. "Microvenus." *Art Journal* 55 (1): 70–74. <https://doi.org/10.2307/777811>.

Dewey-Hagborg, Heather. 2013. *Stranger Visions*. <https://deweyhagborg.com/projects/stranger-visions>. Megtekintve: 2025. június 1.

Hauser, Jens. 2008. "Observations on an Art of Growing Interest: Toward a Phenomenological Approach to Art Involving Biotechnology." In *Tactical Biopolitics: Art, Activism, and Technoscience*, eds. Beatriz Da Costa and Kavita Philip, 83–103. Cambridge, MA: MIT Press.

Ishii, Hiroshi, and Brygg Ullmer. 1997. *Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms*. Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press. <https://doi.org/10.1145/258549.258715>.

Morton, Timothy. 2013. *Hyperobjects: Philosophy and Ecology After the End of the World*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Parikka, Jussi. 2015. *A Geology of Media*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Tremblay, Élène. 2014. "Portrait génétique et identité plastique : Stranger Visions de Heather Dewey-Hagborg." *ETC MEDIA* 103: 47–52. <https://www.erudit.org/en/journals/etcmedia/2014-1103-etcmedia01585/72960ac.pdf>. Megtekintve: 2025. június 1.

5.11. A természet mint meghackelhető rendszer – szintetikus biológia és tervezett élőlények

Aloi, Giovanni. 2020. "The Center for PostNatural History." *Antennae: The Journal of Nature in Visual Culture* 50: 64–75. <https://www.dropbox.com/s/rhi4wihaoyaioyt/ANTENNAE%20ISSUE%2050.pdf?dl=1>.

Ankeny, Rachel A., and Sabina Leonelli. 2011. "What's So Special about Model Organisms?" *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 42, no. 2: 313–323. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2010.11.039>.

Bolt Threads. 2025. <https://boltthreads.com/technology/silk-protein/>. Megtekintve: 2025. július 20.

Chieza, Natsai Audrey. 2017. „*Project Coelicolor*.” Faber Futures. <https://www.faberfutures.com/project-coelicolor>. Megtekintve: 2025. július 20.

Ginsberg, Alexandra Daisy, Jane Calvert, Pablo Schyfter, Alistair Elfick, and Drew Endy, eds. 2014. *Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature*. Cambridge, MA: MIT Press.

Haraway, Donna. 2003. *The Companion Species Manifesto: Dogs, People, and Significant Otherness*. Chicago: Prickly Paradigm Press.

Karana, Elvin, Owain Pedgley, and Valentina Rognoli. 2020. *Materials Experience 2: Expanding Territories of Materials Research in Design*. Amsterdam: Elsevier.

Murray-Nag, Beatrice. 2017. "Bolt Threads' Spider Silk Ties." *Designboom*. <https://www.designboom.com/technology/bolt-threads-spider-silk-ties-03-14-2017/>. Megtekintve: 2025. június 1.

Myers, Natasha. 2012. "Sensing Life: The Scope of Biological Design." In *Synthetic Aesthetics: Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature*, edited by Alexandra Daisy Ginsberg et al., 60–71. Cambridge, MA: MIT Press.

Pell, Richard W. 2023. *This Is Not an Artifact: Selections from the Center for PostNatural History*. Berlin: K. Verlag.

Rutherford, Adam. "Synthetic Biology and the Rise of the 'Spider-Goats.'" *The Guardian*, 2012. január 14. <https://www.theguardian.com/science/2012/jan/14/synthetic-biology-spider-goat-genetics>. Megtekintve: 2025. július 20.

Service, Robert F. 2014. "Synthetic Biology Strives to Bring New Life to Materials." *Science* 343 (6178):1421. <https://doi.org/10.1126/science.343.6178.1421>.

Wilcox, Claire, and Edwina Ehrman, eds. 2018. *Fashioned from Nature*. London: V&A Publishing.

5.12. A természet mint spekulatív rendszer – spekulatív design és biofikció

Animal New York. 2014. "Art Collective Comes Forward As Creators Of ... Bite Labs." Dec 12, 2014. <https://animalnewyork.com/2014/12/12/art-collective-comes-forward-creators-genecoin-mcmass-project-bite-labs>. Megtekintve: 2025. június 1.

Ascott, Roy. 2003. *Telematic Embrace: Visionary Theories of Art, Technology, and Consciousness*. Berkeley: University of California Press.

Atwood, Margaret. 2003. *Oryx and Crake*. Toronto: McClelland & Stewart.

— 2009. *The Year of the Flood*. Toronto: McClelland & Stewart.

— 2011. *In Other Worlds: SF and the Human Imagination*. London: Virago.

— 2013. *MaddAddam*. London: Bloomsbury.

Bay, Michael. 2005. *A sziget*. Játékfilm. DreamWorks Pictures.

Belluck, Pam. 2022. "In a First, Man Receives a Heart from a Genetically Altered Pig." *The New York Times*, January 10, 2022. <https://www.nytimes.com/2022/01/10/health/heart-transplant-pig-bennett.html>. Megtekintve: 2025. július 20.

Begley, Sharon. 2017. "Scientists Edit Pig Genome to Remove Viruses, Paving Way for Organ Transplants to Humans." *STAT News*, August 10, <https://www.statnews.com/2017/08/10/crispr-pigs-organ-transplant/>. Megtekintve: 2025. július 21.

Bolt, Adam, dir. 2019. *Human Nature*. Dokumentumfilm. Wonder Collaborative/The New Yorker Studios.

Bong, Joon-ho. 2017. *Okja*. Játékfilm. Netflix/Plan B Entertainment.

Braidotti, Rosi. 2013. *The Posthuman*. Cambridge: Polity Press.

Burford, Caitlyn. 2014. "The Empathetic Move: The Spirit of the Carnavalesque." *Manor House Quarterly*, September 14. <https://medium.com/manor-house-art-culture-and-criticism/the-empathetic-move-the-spirit-of-the-carnavalesque-fb7e8ca561e1>. Megtekintve: 2025. július 21.

Cao, Yilin, Joseph P. Vacanti, Keith T. Paige, Joseph Upton, and Charles A. Vacanti. 1997. "Transplantation of Chondrocytes Utilizing a Polymer-Cell Construct to Produce Tissue-Engineered Cartilage in the Shape of a Human Ear." *Plastic and Reconstructive Surgery* 100, no. 2: 297–302. <https://doi.org/10.1097/00006534-199708000-00001>.

Cooper, David K. C., et al. 2016. "Justification of specific genetic modifications in pigs for clinical organ xenotransplantation." *Xenotransplantation* 23 (6): 457–463.
<https://doi.org/10.1111/xen.12285>.

Caccavale, Elio. 2004. *Utility Pets*. <https://v2.nl/works/utility-pets>. Megtekintve: 2025. július 20.

Carrington, Damian. 2023. "Meatball from Long-Extinct Mammoth Created by Food Firm." *The Guardian*, March 28, <https://www.theguardian.com/environment/2023/mar/28/meatball-mammoth-created-cultivated-meat-firm>. Megtekintve: 2025. július 20.

Center for PostNatural History. 2025. <https://postnatural.org>. Megtekintve: 2025. július 21.

Cuadrado Payeras, Teresa G. 2021. Apocalypse and Posthumanism in Margaret Atwood's MaddAddam Trilogy. In *Apocalypse in Contemporary Literature and Culture*, edited by Monica Germanà and Berthold Schoene, 174–183. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.

Dicks, Henry. 2023. *The Biomimicry Revolution: Learning from Nature How to Inhabit the Anthropocene*. New York: Columbia University Press.

Dixon, Steve. 2007. *Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation*. Cambridge, MA: MIT Press.

Design Indaba. 2016. "Luxury Leather Bags Made from Human Skin." *Design Indaba*, July 26. <https://www.designindaba.com/articles/creative-work/luxury-leather-bags-made-human-skin>. Megtekintve: 2025. július 20.

Dunne, Anthony, and Fiona Raby. 2013. *Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming*. Cambridge, MA: MIT Press.

Famous Campaigns. 2014. "Celebrity Salami: the acceptable face of cannibalism?" <https://www.famouscampaigns.com/2014/03/celebrity-salami-the-acceptable-face-of-cannibalism>. Megtekintve: 2025. július 20.

Grub Street. 2014. "'BiteLabs' Start-up Aims to Make Salami from Celebrities." Feb 27. <https://www.grubstreet.com/2014/02/bite-labs-celebrity-salumi.html>. Megtekintve: 2025. július 20.

Handler, Rachel. 2022. "What Is David Cronenberg's *Crimes of the Future* About?" *Vulture*. <https://www.vulture.com/2022/06/what-is-david-cronenbergs-crimes-of-the-future-about.html>. Megtekintve: 2025. július 22.

Haines, Agi. 2013. *Transfigurations*. Project documentation. <https://www.agihaines.com/transfigurations>. Megtekintve: 2025. július 20.

Haraway, Donna. 1985. "A Manifesto for Cyborgs: Science, Technology, and Socialist Feminism in the 1980s." *Socialist Review* 80: 65–108.

— 2003. *The Companion Species Manifesto: Dogs, People, and Significant Otherness*. Chicago: Prickly Paradigm Press.

Hamrouni, Houssem. 2021. Az ökológiai disztópia mint társadalomkritika: Margaret Atwood és Paolo Bacigalupi néhány regényéről. *Et al.* 6: 106–118. https://acta.bibl.u-szeged.hu/77787/1/et_al_2021_006.pdf. Megtekintve: 2025. július 22.

Kucukalic, Lejla. 2021. *Biofictions: Literary and Visual Imagination in the Age of Biotechnology*. New York: Routledge.

Harris, Yolande. 2022. "I Wanna Deliver a Dolphin." In *New Techno-natures: The Future of Human Reproduction in Sci-Art*, eds. Marta de Menezes, Ionat Zurr, and Oron Catts, 121–124. Porto: Cultivamos Cultura.

Hasegawa, Ai. 2013. *I Wanna Deliver a Dolphin*. Ai Hasegawa Official Website. <https://aihasegawa.info/i-wanna-deliver-a-dolphin>. Megtekintve: 2025. július 20.

Hayles, N. Katherine. 1999. *How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*. Chicago: University of Chicago Press.

Heartney, Eleanor. 2004. "Patricia Piccinini: We Are Family." *Art in America* 92 (4): 104–109.

Los Angeles Times. 2014. "Ellen DeGeneres Salami? One Company's Quest to Make Meat from Celebrity Tissue Samples." March 5, 2014. <https://www.latimes.com/food/dailydish/la-dd-bitelabs-make-salami-celebrity-tissue-samples-20140304-story.html>. Megtekintve: 2025. július 20.

Natali, Vincenzo. 2009. *A hibrid*. Játérfilm. USA: Dark Castle Entertainment.

New Republic. 2014. "Celebrity Meat: The science behind making a James Franco-furter." <https://newrepublic.com/article/116947/celebrity-meat-science-behind-making-james-franco-furter>. Megtekintve: 2025. július 20.

Niu, Dong, Hong-Jiang Wei, Lin Lin, Haydy George, Tao Wang, I-Hsiu Lee, Hong-Ye Zhao, Yinan Kan, Ellen Shrock, Emal Leshia, Gang Wang, Yonglun Luo, Yubo Qing, Deling Jiao, Heng Zhao, Xiaoyang Zhou, Shouqi Wang, Hong Wei, Marc Güell, George M. Church, and Luhan Yang. 2017. "Inactivation of Porcine Endogenous Retrovirus in Pigs Using CRISPR-Cas9." *Science* 357 (6357): 1303–1307. <https://doi.org/10.1126/science.aan4187>.

Nonhuman Nonsense. 2016. *Pink Chicken Project: Genetically Modified Marker of the Anthropocene*. <https://www.pinkchickenproject.com/>. Megtekintve: 2025. július 20.

Pappis, Andreas. 2023. "The Inner Technology of *Crimes of the Future*." *Interzone.digital* July 3, <https://interzone.digital/the-inner-technology-of-crimes-of-the-future/>. Megtekintve: 2025. július 22.

Piccinini, Patricia. 2023. *Patricia Piccinini – Official Website*. <https://www.patriciapiccinini.net>. Megtekintve: 2025. július 25.

Ray, Swagata Singha. 2022. "Speculative Fiction, Biocapitalism and Being Tentacular: Reading the *MaddAddam* Trilogy as Posthuman Saga." *New Literaria* 3 (1): 106–119. <https://dx.doi.org/10.48189/nl.2022.v03i1.012>.

Revive & Restore. 2025. "About the Passenger Pigeon." *Revive & Restore*. <https://reviverestore.org/projects/about-the-passenger-pigeon/>. Megtekintve: 2025. július 20.

Rieser, Martin. 2022. "I Wanna Deliver a Dolphin." In *New Techno-natures: The Future of Human Reproduction in Sci-Art*, eds. Marta de Menezes, Ionat Zurr, and Oron Catts, 84–89. Porto: Cultivamos Cultura.

Smith, Marquard. 2005. *Stelarc: The Monograph*. Cambridge, MA: MIT Press.

Smith, Margaret Osborne. 2023. "This Massive Meatball Was Made With Woolly Mammoth DNA." *Smithsonian Magazine* March 29. <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/this-massive-meatball-was-made-with-woolly-mammoth-dna-180981908/>. Megtekintve: 2025. július 20.

Stelarc. 1991. From Psycho-Body to Cyber-Systems: Images as Post-Human Entities. *Art Journal* 49 (3): 19–26. <https://doi.org/10.2307/777124>.

Tao, Kai-Shan, Zhao-Xu Yang, Xuan Zhang, Hong-Tao Zhang, Shu-Qiang Yue, Yan-Ling Yang, Wen-Jie Song, De-Sheng Wang, Zheng-Cai Liu, Hai-Min Li, Yong Chen, Rui Ding, Shi-Ren Sun, Ming Yu, Ji-Peng Li, Wei-Xun Duan, Zhe Wang, Jing-Wen Wang, Jia-Yun Liu, Min-Wen Zheng, Xi-Jing Zhang, Wen Yin, Wei-Jun Qin, Dong-Mei Bian, Lin Li, Min Li, Zhi-Bin Lin, Hao Xu, Dan Wei, Hong Zhang, Juan-Li Duan, Deng-Ke Pan, Hai-Long Dong, Lin Wang, and Ke-Feng Dou. 2025. "Gene-Modified Pig-to-Human Liver Xenotransplantation." *Nature* 641: 1029–1036. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08799-1>.

Vow. 2023. "The Mammoth Meatball." *Forged by Vow*. <https://www.forgedbyvow.com/the-feed/the-mammoth-meatball>. Megtekintve: 2025. július 20.

Wolfe, Cary. 2009. *What Is Posthumanism?* Minneapolis: University of Minnesota Press.

Yang, Luhan. 2018. "How to Create a World Where No One Dies Waiting for a Transplant." *TED Talk*, April 2018.

Zylinska, Joanna. 2002. *The Cyborg Experiments: The Extensions of the Body in the Media Age*. London: Continuum.

CURRICULUM VITAE

A Moholy-Nagy Művészeti Egyetem (MOME) Doktori Iskolájának Művészetelmélet Design-kultúra Tudomány PhD-várományosa. Kutatási területei a BioDesign, a BioArt, illetve a Spekulatív Design és a mesterséges intelligencia álló- és mozgóképi használata. Kutatási témáival összefüggésben számos magyar és külföldi folyóiratban publikál, állít ki, illetve oktatási tevékenységet folytat. A Metropolitan Egyetem (METU) és MOME oktatója.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen (ELTE) művészettörténészként, a Színház- és Film-művészeti Egyetemen (SZFE) operatőrként szerzett osztatlan ötéves képzésben diplomát. Szabadúszó operatőrként és fotósként nemzetközi és magyar játékfilmekben, tévésorozatokban, dokumentumfilmekben és reklámfilmekben dolgozott itthon és külföldön. Nemzetközi Kodak-díjat nyert az *Óra* című rövidfilmjével, valamint Arany szem díjra is jelölték. A Nipkow Alapítvány díjazottja és a Berlinale Talent Campus meghívott résztvevője volt.

TANULMÁNYOK

2019–2025	MOME Doktori Iskola, Designelmélet, PhD-várományos
2006–2011	SZFE, Operatőr osztatlan ötéves
1996–2002	ELTE, Művészettörténet osztatlan ötéves
1995–1996	Párizs VIII., Arts Plastiques
1989–1995	Kölcsey Ferenc Francia–Magyar Kéttanítási Nyelvű Gimnázium

DÍJAK, JELÖLÉSEK

2009	Kodak Silver Award for Excellence in the Craft of Filmmaking for the Short Film az <i>Óra</i> című rövidfilmjéért
2008	Superbrand's Díj a <i>Mandragóra</i> reklámfilmért
2008	Arany szem (HSC) jelölés az <i>Óra</i> című rövidfilmért
2004	Berlinale Talent Campus meghívott művész, Berlin
2002	Nipkow Program ösztöndíj, Berlin

KUTATÁS

2025	MBH Bank a Művészet Támogatásáért és Fejlesztéséért Alapítvány ArtHab kutató ösztöndíj shorlistese
2024	Internet és Media Hungary konferenciákon előadó, Spekulatív Design témában
2023	Foodwave nemzetközi eseményen bemutatkozás az <i>Egyél a jövőért! Ételek, élelmiszer láncok jövője</i> interdiszciplináris, spekulatív design projekttel, Milánó

	Future Materials Conference, Élelem és Egészség tematika, co-kurátor, MOME
	Biodesign Challenge zsűritag, Párizs
	<i>Future of Food</i> , Musea, S+T+ARTS program, zsűritag
2022–2024	ENGAGE4BIO, Horizon Europe keretprogram, a MOME csapatának tagja
2022–2023	ABRA, Artificial Biology, Robotics and Art for enhanced sustainability, az Aalborg, Aalto és Trento egyetemekkel és Ades szervezettel együttműködésben Erasmus+oktatási program és kiállítás, meghívott művész
2020–2024	Moholy-Nagy Művészeti Egyetem, Innovációs Központ, kutató

OKTATÁS

2024–2025	METU, Fotográfia Szak, egyetemi oktató
2023 és 2025	<i>Biomedica: a spekulatív designtól a meghackelt természetig</i> , szeminárium, MOME, oktató
2024	<i>Az Ugrás a jövőbe</i> mentorprogram mentora, MOME
2023	Telekommunikáció jövője a spekulatív design módszertanával a Magyar Telekom munkatársainak és MOME hallgatóinak létrehozott KFI kurzus, oktató
	<i>Egyél a jövőért! Ételek, élelmiszer láncok jövője</i> a spekulatív design módszertanával a MATE és MOME diákjainak és tanárainak közös interdiszciplináris kurzusa, oktató
	<i>Biomedica: a spekulatív designtól a meghackelt természetig</i> , szeminárium, MOME, oktató
	<i>Biológia és Design</i> , kurzus, MOME, oktató
	<i>Biológia és Design</i> , kurzus, MOME, oktató
2022	<i>Biodesign a gyakorlatban</i> , kurzus, MOME, oktató
	<i>Biodesign bevezetés</i> , Digitális Tárgyaló BA, MOME, vendégelőadó
2019	<i>Design Szolfézs kurzus</i> , <i>Design és az állatok</i> , MOME, vendégelőadó
2019–2023	<i>Etika és film</i> kurzus, MOME, vendégelőadó
2019	<i>Design Fikció</i> , kurzus heti kurzus, oktató
2002	Intermédia előkészítő kurzus, Magyar Képzőművészeti Egyetem, MKE

PUBLIKÁCIÓK, ELŐADÁSOK

„Biodesign, út a fenntarthatóság és biokapitalizmus között”, *Kultúra és közösség művelődés, elméleti folyóirat*, 2025. 01.

„Mi a spekulatív Design?” Media Hungary, előadás, 2024.

„Participative Speculative Design: from Navigating Climate Crisis Dystopiato Fostering Mindset Shifts” in.: *Apocalypse and Apathy Antology*, University of Kassel, 2025, társszerző Csernák Janka.

„Bios, Lobsters, Penguins: Moholy-Nagy’s vitalist thinking from France to London Zoo”, *Disegno*, 2021. ősz

„Biodesign és Építészet”, *Az év irodája*, előadás 2022.

„Biodesign és Építészet”, RTL Klub, interjú, 2022.

Biodesign és Építészet, cikksorozat, *Építészfórum*, 2021–2022:

„Építészet és biodesign – Bevezetés”

„Építészet és Biodesign II. – Sötét ökológia”

„Építészet és Biodesign III. – ‘Indus’ ökológiai szennyvíztisztító”

„Építészet és biodesign IV. – Neri Oxman: Man-Nahāta”

„Építészet és biodesign V. – Micélium – The Growing Pavilion”

„Építészet és biodesign VI.: Hub for Biotechnology in the Built Environment”

„Építészet és biodesign VII.: Szénmegkötő bakteriális biocement”

„Építészet és biodesign VIII.: Élő építkezés – Érzékeny, érzékelő, reagáló anyagok”

„Építészet és biodesign IX.: Fák vs. építészet”

„Építészet és biodesign: A robbantott nézet – The Exploded View”

„Extázis. A techoünnp”, *Pannonhalmi szemle*, 2005/13.

„Surfacing – Felületeskedés? (Háromperces férfiaknak)”, *exindenx*, 2004. október

„Videó-Játék”, *Balkon*, 2004/8.

„Aura: médiaművészeti kiállítás”, *Új Művészet*, 2004/1.

„Városbújócscsa”, *Ars Electronica*, Balkon, 2003/10.

„Trend a lelke mindennek. Digitális pillantás. Aktuális magyar print és virtuális képkiállítás”, *Új Művészet*, 1999/5.

„A király új kimenő ruhája”, *Octogon*, 1999/5.

„Theatre az egész – Blaumann Edit interjúja Jean Perrottet-val”, *Octogon*, 2000/5.

„Az idő nyomában. The Second/A másodperc/A második/. Időn alapuló művészet Hollandiából”, *Új Művészet*, 2000/4.

„Az összetartó erő legyen veled”, *Octogon*, 1999/4.

„Betűz a nap – A Szépművészeti Múzeum Könyvtára”, *Octogon*, 1999/2.

„Nagy Sándor összes – Az Alexandriai Könyvtár”, *Octogon*, 1999/2.

„Könyvrakás – BNF – Bibliothèque Nationale de France”, *Octogon*, 1999/2.

„FMR: Café Eklektika”, *Octogon*, 1999/1.

FILMOGRÁFIA

Standfotó

2025	<i>Barilla</i> , reklám
2024	<i>Lancôme</i> , reklám
2020	<i>Ducato</i> , reklám
2016	<i>Crodino</i> , standfotós, reklám
2011–2018	<i>Mulino Bianco</i> , Barilla, reklámfilmsorozat

Operatőr

2020	<i>Egyes karika</i> , operatőr, webes sorozat
2017	<i>The Real Housewives</i> , realitätsorozat <i>Biciklis Brigantik</i> , tévéfilmsorozat <i>Átalakítás folyamatban</i> , kislejátszófilm <i>Mindenem megvan</i> , dokumentumfilm
2016	<i>Havanna csak oda</i> , dokumentumfilm
2015	<i>Maigret</i> , EPK, tévéfilmsorozat <i>Budapest Noir</i> , EPK, játékfilm <i>Ék</i> , operatőr, videoklip <i>Templeton</i> , rövid dokumentumfilm-sorozat
2014	<i>Budapest Bár – A pesti dal története</i> , dokumentumfilm <i>Hetvenes</i> , kislejátszófilm
2013	<i>Lóti és Futi</i> , élőszereplős bábfilmsorozat <i>Szomszédaink</i> , operatőr, dokumentumfilm-sorozat
2011	<i>Pinkwater</i> , operatőr, kislejátszófilm
2010	<i>Teher</i> , operatőr, kislejátszófilm <i>Napozz Holddal – A Kispálfilm</i> , dokumentumfilm <i>Tough girls don't dream</i> , kislejátszófilm
2009	<i>Youtube Girls</i> , kislejátszófilm <i>Óra</i> , operatőr, kislejátszófilm
2008	<i>Bölcsődal</i> , dokumentumfilm
2007	<i>Hackni</i> , dokumentumfilm
2007	<i>Dübörög a nemzeti rock</i> , dokumentumfilm

Drónkamera-operatőr

2012–2017	<i>Strike Back</i> , tévéfilmsorozat
2016	<i>Aranyélet</i> , tévéfilmsorozat <i>Péterfy Bori: Szép halott</i> , videoklip <i>Atomic Blonde</i> , játékfilm

2015	<i>Ultra</i> , dokumentumfilm
2014	<i>The Last Kingdom</i> , tévéfilmsorozat
	<i>CampX</i> , drónkamera, tévéfilmsorozat

HydroFlex-tok-asszisztens

2015	<i>Inferno</i> , HydroFlex kamera asszisztens, játékfilm
------	--

ZENE :: VILÁGÍTÁS :: DÍSZLET

2013	<i>Pirkad</i> , világítás terv, színház
2008	<i>Mérhetetlen</i> , díszletterv, animáció
2008	<i>Gyengébb napok</i> , díszlettervező, kisjátékfilm
2008	<i>Bosszú</i> , díszlettervező, kisjátékfilm
2008	<i>Mínusz</i> , díszlettervező, kisjátékfilm
2005	<i>Ember a tükörben</i> , díszlettervező, kisjátékfilm
2003	<i>Exit</i> , díszlettervező, kisjátékfilm
2003	<i>Slussz</i> , díszlettervező, színház
2003	<i>Dorottya</i> , zene, színház

KIÁLLÍTÁS

2023	<i>BioPunk Budapest</i> , biopunk AI concept művészeti project
2006	<i>Mobile Studios</i> , kurator
2006	<i>A Másik Város</i> , művész

NYELVEK

FRANCIA felsőfok C
ANGOL középfok C

EREDETISÉGI NYILATKOZAT

Alulírott Blaumann Edit (1974. 09. 09. *anya neve: Bally Erzsébet szem. ig. szám: 914728ME*), a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem Doktori Iskola doktorjelöltje kijelentem, hogy *Az élet mint médium* című doktori értekezésem saját művem, abban a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint vagy azonos tartalommal, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem. Kijelentem továbbá, hogy a disszertációt saját szellemi alkotásomként, kizárólag a fenti egyetemhez nyújtom be.

Budapest, 2025. 07. 23.

.....
Aláírás

TARTALOMJEGYZÉK

Köszönetnyilvánítás.....	i
Prológus	iii
Összefoglaló	v
Abstract	vii
Tézisek	ix
Theses	xiii
I. Bevezetés.....	1
1.1. Kérdésfelvetés	1
1.2. Módszertani és diszciplináris keret.....	1
1.3. Cél és szerkezet.....	2
1.4. Időszerűség és társadalmi kontextus	3
1.5. A dolgozatban tárgyalt példák kiválasztásának szempontjai	4
II. Fogalmi keret.....	5
2.1. Az életfogalom dinamikus keretei: konstrukció, modellezés és médium	5
2.2. Biomédia: fogalom, előzmények, pozíciók	6
2.2.1. A biomédia fogalma	6
2.2.2. Természettudományos megközelítés	6
2.2.3. Biomédia fogalma a kortárs médiaelméletben.....	8
2.2.4. Kiterjesztett médiumelmélet.....	9
Eugene Thacker: a biomédia mint biológiai-informatikai rendszer	9
Roy Ascott: moist media és posztbiológiai érzékelés.....	11
Jens Hauser biomedialitása	12
2.2.6. Kritikai biomédia-elméletek és poszthumán gondolkodás	13
2.2.7. A biomédia fogalmának újradefiniálása	14
2.3. Az élet és természet viszonya	16
2.4. A mimikri fogalma és történeti háttere	17
2.4.1. Mimikri és mimézis a természetfilozófiában: a természet utánzása a tudományos és művészeti hagyományban	17
2.4.2. Henry Dicks biomimikri-tipológiája.....	18
2.4.3. A mimikri mint mediális és ismeretelméleti reláció	19
2.5. Új fogalmi hozzájárulások: episztemomimikri, animamimikri, szimbiomimikri és ontomimikri.....	20
2.6. Biodesign mint fogalmi tipológia	23
III. Az élet fogalmának történeti konstrukciói	25
3.1. Kozmológiai és spirituális világképek az élet értelmezésében.....	25
3.1.1. Az élet mint kozmikus és spirituális erő – animizmus és ősi világképek.....	25
3.1.2. Az élet rendszerezése és átlépése – görög filozófia és mitológia.....	26
3.1.3. A középkori életfelfogás: teológia, alkímia és misztika	27
3.1.4. Az élet mint dinamikus princípium – reneszánsz filozófia és természettudomány	29
3.2. Mechanikustest-modelltől a nooszféráig – az élet értelmezésének modern fordulatai	31

3.2.1. Descartes és a mechanikustest-modell	31
3.2.2. A természet osztályozása és láthatóvá tétele – Linné és a mikroszkóp.....	31
3.2.3. Vitalizmus és animizmus a XVIII. században	34
3.2.4. A romantikus természetfilozófia és az organikus világkép.....	34
3.2.5. Az enciklopédisták rendszerező természetképe	35
3.2.6. Materialista és evolúciós fordulat a XIX. században.....	35
3.2.7. Kozmizmus és biofikció mint jövőértelmezések	37
3.2.8. Frankenstein és a mesterséges élet allegóriája.....	38
3.3. Az élet és természet új tudásformái – biopolitika, ökológia és rendszerelmélet a XX. században.....	38
3.3.1. Mechanikus világkép és vitalizmus	39
3.3.2. Genetika, biokémia és az információ fogalma	39
3.3.3. Történeti eugenika, biopolitikai kontroll és disztópikus jövőképek	42
3.3.4. A DNS felfedezése és a rendszerelmélet.....	44
3.3.5. Biopolitika és ökológiai rendszerszemlélet.....	45
3.3.6. Ökológiai mozgalmak és zöld gondolkodás az 1970-es évektől napjainkig	46
3.3.7. Ökológiai gazdaságpolitika és a zöldközgazdaságtan dilemmái.....	47
3.4. Az élet új határai: biotechnológia, poszthumanizmus és információelmélet.....	48
3.4.1. Génszerkesztés és bioetikai kihívások	50
A CRISPR-Cas9 forradalma	50
Élet mint evolúció programozás és az ökológiai felelősség	51
3.4.2. Az élet előállítása: reprodukció, öröklés és mesterséges élet	52
Mesterséges élet és a szintetikus biológia programozhatósága	52
Génszerkesztés, designer baby és a genetikai jövő	53
Ektogenezis és a reprodukció technikai újratérképezése	54
3.4.3. Civil biotechnológia és biohacking	55
Genetikai önrendelkezés és Josie/Josiah Zayner	56
Grindhouse biohacking: a test mint technológiai platform.....	57
Longevity – hosszú élet.....	60
Életmeghosszabbítás és öregedésgátlás.....	60
Szomatodiverzitás és wellneszfetisizmus	61
Az optimalizált test árnyékában: A szer	61
Testtudatosság, technospiritualitás és szomatikus technikák	62
3.4.4. Transzhumanizmus: az ember technológiai meghaladása	63
3.4.5. Transzhumanizmus technológiái.....	65
Neurotechnológiák és agy–gép interfészek	66
Teljesítményfokozás: genetikai és kognitív augmentáció.....	68
Szövetnövesztés és xenotranszplantáció – a test biotechnológiai újratervezése	69
Krionika: halál mint visszafordítható állapot	70
A kiborgtest és az emberi határok újraírása	71
3.5. Az élő mint adat	72
3.5.1. Az emberi test, tudat és viselkedés kvantifikálása.....	73
Biometrikus megfigyelés és digitális testidentitás	77

3.5.2. A természeti rendszerek mint adatmodellek.....	79
Biomérnökség és ökológiairendszer-optimalizálás.....	79
Föld mint információs rendszer: Digital Earth és Planetary Computing.....	80
3.5.3. A kihalt fajok visszatelepítése és a biotechnológia ökológiai terei.....	81
3.6. Az élő mint politikai és jogi aktor.....	83
3.6.1. A természet mint jogalany és az új politikai ökoszféra.....	83
3.6.2. Planetáris kormányzás és földi intelligencia.....	84
3.7. Poszthumanizmus és ökológiai fordulat.....	85
3.8. Az anyag, mint viszony – újmaterialista szemlélet és kritikai anyagökológia.....	88
IV. A természet utánzása mint médiumtörténet – a biomédia kulturális előzményei.....	89
4.1. Bevezetés a mimetikus stratégiák és természetfelfogások történetébe a művészet és design területén.....	90
4.2. Az utánzás alakzatai: mimézis és természetrepresentáció a művészet történetében.....	91
4.3. Animamimikri: az élő világ szellemi és vizuális megidézése.....	92
4.4. Ókor: természet és rend vizuális és technikai formálása.....	93
4.4.1. A természet mint kozmikus szimbólum és szervezőelv az ókori Közel-Keleten.....	94
4.4.2. Antropomimikri és kozmikus rend: a klasszikus görög–római mimézis modelljei.....	95
4.4.3. Hibrid mimetikus rendszer az ókori Kínában.....	96
4.5. Középkor: a természet mint isteni rend és allegória.....	98
4.5.1. A középkori herbáriumok: gyakorlati és spirituális tudás.....	101
4.6. Újkor: a természet mint kép, gép és gyűjtemény.....	102
4.6.1. A természet mint gép és kép – az illusztráció és a boncolás technológiai racionalitása.....	103
4.6.2. Az élő gépek és a biomimetika előképei – Jacques de Vaucanson emésztő kacsája.....	107
4.6.3. A természet mint színpad – a test és a tudás vizuális performativitása.....	109
4.6.4. A természet mint katalogizálható világ – Wunderkammer, mikroszkopikus világ és taxonómia.....	111
4.6.5. A természet érzéki ritmusa – a rokokó biomorfizmus és esztétikai organikusság.....	114
4.7. A természet mint esztétikai, tudományos és ideológiai konstrukció a XIX. században.....	115
4.7.1. A romantikus természetkultusz: belső tájak, melankolikus horizontok és sötét fenség.....	116
4.7.2. A természet mint politikai aktus: birodalmi jelkép, nemzeti táj és mitikus reprezentáció.....	117
4.7.3. A természet vizuális rendszerezése és az esztétikai tudományosság – Haeckel és a képi taxonómia.....	119
4.7.4. A természet ornamentális nyelve: szecesszió, biomorfizmus.....	122
4.8. A természet esztétikai és formai leképezése a modernizmusban.....	123
4.8.1. Természet mint esztétikai archívum – modernista biomorfizmus.....	123

A biomorf és organikus forma mint kulturális archívum	124
Puha lesz és szőrös – Dalí modernitáskritikája	126
Organikus építészet és design a modernitásban	127
Biotechnika és formaalkotás – Moholy-Nagy László és a Bauhaus természetfelfogása	128
V. A természet mint médium: mimikri, anyag és spekuláció a kortárs designban és művészetben	129
5.1. A természet mint szervezőelv	131
5.1.1. Buckminster Fuller absztrakt ökológiája	132
5.1.2. A társadalmi és ökológiai felelősség mint tervezési paradigma – Papanek és McHarg	136
5.1.3. Arturo Escobar és a pluriverzum: ontológiai átmenetek és a One-World World kritikája	137
5.1.4. Holizmus és a mindennapi élet újraszervezése mint átmeneti keret – Gideon Kossoff	138
5.1.5. Átmenettervezés: kritikai jövőorientált design és ökológia – Tonkinwise és társai	140
5.1.6. Ökofeminizmus és tervezéskritika	142
5.2. Ökológiai médiumlaborok: építészet, technológia, életforma	143
Drop City: geodéziai anarchia és ellenkultúra	144
Biosphere 2: ökoszisztéma-labor zárt rendszerben	146
Earthship: önellátás a peremen	148
Permakultúra: etikus rendszerek tervezése	150
5.2.2. Alacsony technológia, technokritika, újrahasznosítás és ökológiai médiarendszerek	151
Low-tech	151
Javításkultúra és újrahasznosítás mint ökológiai designelv	153
5.2.4. Whole Earth Catalog: ökoszisztémák a hálózaton	153
5.3. Ökoművészet és taktikai beavatkozások	155
5.3.1. Agnes Denes és az ökoszisztéma-művészet – természet alkotótárs	157
5.3.2. Critical Art Ensemble – technokritikai és ökoaktivista művészet	159
5.3.3. Érzéki ökológiák – természet mint atmoszferikus médium	159
Tomás Saraceno – érzéki ökológiák és a pókháló mint médium	159
Atmoszferikus érzékelés és kollektív test – Olafur Eliasson	162
5.4. A természet mint modell – bionika, biomimikri	162
5.4.1. A bionikus struktúrák mérnöki és építészeti úttörői	164
Frei Otto és a biológiai struktúrák építésze	164
Természeti morfológiák: Speck, Calatrava és a bionikus szemlélet	166
Funkcionális bionika – energia-, anyag- és rendszerhatékonyság	168
5.4.2. Bioinspirált parametrikus design	171
5.4.3. A biomimetika kettős politikai olvasata	172
5.5. Építészet és biofilddesign: test, érzékelés, környezet	173
5.6. Természetalapú megoldások – a természet mint infrastruktúra	175
5.7. A természet mint alapanyag – bioalapú design	177

5.8. A természet mint partner – növesztéses biodesign	180
5.8.1. Mycelium csomagolás ecovative, growing pavilion, regeneratív design – földtisztítás gombával	181
5.8.2. Elevenség – algák – élő organizmusok a rendszer aktív részeként	184
5.8.3. Baubotanik – természet és szerkezet határán	187
5.8.4. Élő építészet és mikrobiális ökoszisztémák – HBBE és az OME ház	189
5.8.5. Szövetnövesztés – biofabrikáció, bioprinting	190
Bakteriális textilek és együttműködő anyaghasználat	191
Biofabrikáció mint ipari gyakorlat	191
Etikai határhelyzetek: élő anyag mint műtárgy	192
5.8.6. Élő kép – mikroorganizmus mint bioesztétikai aktor	194
5.8.7. Fajközi nyomtatás – az élő mint építő	195
5.9. Az anyagökológia és biogyártás – Neri Oxman munkássága	197
5.10. Az élet mint adat – tudományos képalkotás és biopolitika	201
5.10.1. A test mint adat – biológiai interfészek és reprezentációk	202
A biológiai test mint viselkedő interfész – BHCI és Living Bits	202
Genetikai hulladék és identitásképek – Stranger Visions	203
Láthatatlan ikonográfia – Microvenus és a genetikai jel mint médium	205
5.10.2. A természet mint hipertárgy	206
5.11. A természet mint meghackelhető rendszer – szintetikus biológia és tervezett élőlények	208
5.11.1. Funkcionális élő anyagok és programozott természet	210
Élő textil, irányított természet – Project Coelicolor	210
BioMASON – biocement és önjavító anyagok	211
5.11.2. Az élő test mint bioetikai labor és gyártóközeg	212
BioAcél kecske – az élő anyag mint bioetikai labor és gyártóközeg	212
Bolt Threads – a pókselyem biotechnológiája és a természet mint gyár	213
5.11.3. Posztnaturális archívum	217
Kurált evolúció: a posztnaturális lények rendszerezése	217
5.12. A természet mint spekulatív rendszer	219
5.12.1. Természet mint gyár – anyagfikciók és biokapitalizmus	220
BioLace: növény mint programozott textilgyár	221
Védettből védjegy – a természet újraértékesítésének biopolitikája	223
Sejtételek – bioemlékezet és húsutópiák	225
Celebszalámi – BiteLabs: bioidentitás mint árucikk	226
5.12.2. Genetikai beavatkozás és ökológiai performansz	227
Génmeghajtás rózsaszín csirkékkel – antropocén marker	228
Haszonállatka: xenotranszplantációs játszótér vagy bioetikai labor	230
Transzfaji terhesség és ökospirituális gondoskodás	234
5.12.3. A test, mint spekulatív interfész – technoorganikus poszthumanizmus	236
Stelarc: A test mint kiborgplatform, technológiai kiterjesztés médiuma	237
Agi Haines: Spekulatív orvosi testmódosítás – az újszülött-fiziológia újraértelmezése	240

Patricia Piccinini: Hiperrealista biohibridek – gondoskodás, evolúció és empátia a poszthumán testben	242
5.12.4. A test, a faj és a jövő újraírása – biofikciók és ökodisztópiák	244
Genetikai mítoszteremtés és poszthumán testpolitika – Atwood trilógiája.....	245
A test mint ökokritikai médium Cronenberg világában	248
VI. Összegzés	251
Referenciák	253
Curriculum vitae	287
Eredetiségi nyilatkozat	292
Tartalomjegyzék.....	293