

Gépészmérnöki tudomány 2028-as jövőképe

Jelentés a gépészmérnöki tudomány
jövőjéről
tartott globális csúcstalálkozóról

2008

2028

ASME

Az irányadó mérce kitűzése

GÉPÉSZMÉRNÖKI TUDOMÁNY 2028-AS JÖVŐKÉPE

Beszámoló a gépészmérnöki tudomány jövőjéről tartott globális csúcstalálkozóról

2008. július

A jelentést az Alternatív Jövők Intézete készítette az ASME Stratégiai Menedzsment Részleg Stratégiai Kérdések Bizottsága részére

© 2008, ASME, Three Park Avenue, New York, NY 10016,USA (www.asme.org)

Minden jog fenntartva

AZ EBBEN A MUNKÁBAN MEGJELENŐ INFORMÁCIÓT A GÉPÉSZMÉRNÖKÖK AMERIKAI SZÖVETSÉGE SZEREZTE BE HITELESNEK VÉLT FORRÁSOKBÓL. ENNEK ELLENÉRE SEM AZ ASME, SEM A SZERZŐI, SEM A SZERKESZTŐI NEM VÁLLALNAK FELELŐSSÉGET A MUNKÁBAN SZEREPLŐ SEMMILYEN INFORMÁCIÓ PONTOSSÁGÁÉRT VAGY TELJESSÉGÉÉRT. SEM AZ ASME, SEM SZERZŐI, SZERKESZTŐI NEM FELELNEK AZ INFORMÁCIÓ HASZNÁLATÁBÓL EREDŐ SEMMILYEN HIBÁÉRT, KIHAGYÁSÉRT VAGY KÁRÉRT. A KIADVÁNY ANNAK TUDOMÁSULVÉTELÉVEL KÉSZÜLT, HOGY AZ ASME ÉS SZERZŐI, SZERKESZTŐI INFORMÁCIÓT SZOLGÁLTATNAK, DE MÉRNÖKI VAGY MÁS SZAKMAI SZOLGÁLTATÁST NEM NYÚJTANAK. AMENNYIBEN ILYEN MÉRNÖKI VAGY SZAKMAI SZOLGÁLTATÁSRA VAN SZÜKSÉG, MEGFELELŐ SZAKEMBER SEGÍTSÉGÉT KELL KÉRNI.

ELŐSZÓ

Sam Y. Zamrik, Ph. D.
ASME elnök 2007-2008

Nagy várakozással figyeljük, hogyan sorakozik fel a világ gépészmérnöki közössége a gépészmérnöki tudomány 2028-as jövőjéről tartott globális csúcstalálkozón megnevezett kihívások és célok mellé. 19 országból érkező, nagy tekintélyű előadóink és vendégeink „agytrösztöt” alkottak és segíteni fogják szakmánkat, hogy jövőképét a következő 20 évben megvalósítsa.

A gépészmérnököknek kell megoldást találniuk a változás azon hajtóerőire, melyeket ezen a csúcstalálkozón megismertünk.

Egy olyan jövőkép inspirál bennünket, mely felszólít, hogy:

- Új technológiák és technikák révén fenntarthatóan fejlesszünk, és a gazdasági növekedés kiváltotta globális környezeti terhelésre reagáljunk;
- Legyünk egy rendszertervezési megközelítés megvalósításának élharcosai nagy- és kisméretű rendszereknél;
- Alapvető fontosságú ismereteink és kompetenciáink révén kapcsolódjunk be a nemzetközi együttműködésbe;
- Dolgozzunk a feltörekvő Bio-Nano technológiák terén, hogy olyan különféle területeken, mint az egészségügy, az energia, a vízgazdálkodás, a környezet és a mezőgazdasági irányítás, megoldásokat nyújtsunk, és
- Mérnöki megoldásokat teremtsünk annak a másik 90 százaléknak, akik kevesebb, mint napi két dollárból élnek.

A csúcstalálkozó jövőképe és témaköre nagy területet fog át, de nem elérhetetlen, ha kollektív tehetségünkre, gondolatainkra, elképzeléseinkre, erőforrásainkra és globális szakmánk együttműködésére és hozzájárulására támaszkodunk. A gépészmérnököknek tudniuk kell alkalmazkodni és változni, hogy globálisan versenyképes mérnököket biztosítsanak, akik azután szakmánk növekvő igényeihez, a következő két évtizedben, hozzájárulnak.

Folytatnunk kell ezt a párbeszédet, meg kell kezdenünk válaszokat és megoldásokat megfogalmazni, hogy ezt a jövőképet együttesen elérjük. Mérnöki közösségek új hálózatának kiépítésével tudunk megfelelni a nagy kihívásoknak, belföldön és külföldön egyaránt.

Szeretném megköszönni a Csúcstalálkozó Operatív Bizottságának, előadóinknak, facilitátorainknak, résztvevőinknek és az ASME munkatársainak a részvételt és a segítséget, melyet a gépészmérnökök elkövetkező időszaka globális jövőképeinek jobb megfogalmazásához nyújtottak. ASME köszöntet mond az Alternatív Jövők Intézetének, hogy az ismereteinket és döntéseinket ebben a jelentésben összefoglalta. Nagyon várom, hogy mindannyiuknak megköszönhessem azt a jelentős hozzájárulást, melyet majd a jövőnkért tesznek, amint a globális jövőképben hozzánk csatlakoznak.

A GÉPÉSZMÉRNÖKI TUDOMÁNY JÖVŐJÉRŐL TARTOTT GLOBÁLIS CSÚCSTALÁLKOZÓRÓL, OPERATÍV BIZOTTSÁG

Chair

Winfred M. Phillips

Centers Reps

Robert O. Warrington

Thomas Perry

Codes & Standards Reps

Bernard E. Hrubala

June Ling

Institutes Reps

Dilip Ballal

Raj Manchanda

Knowledge & Community Reps

Doug Brown

Justin Young

Burt Dicht

Strategic Management Reps

Robert N. Pangborn

Phil Hamilton

Executive Office

Elizabeth Barna

Board of Governors Liaison

Marc W. Goldsmith

Ex-Officio Members

Thomas M. Barlow

Virgil R. Carter

Sam Y. Zamrik

Staff Support

Allian Pratt

Institute for Alternative Futures

Marsha Rhea

Craig Bettles

Devin Fidler

Summit Speakers

Rohit Talwar, Chief Executive,
Global Futures and Foresight,
London, England

Charles M. Vest, President,
National Academy of Engineering,
Washington, DC

G K Pillai, Chairman cum Managing
Director, Heavy Engineering
Corporation, Ranchi, India

Masaki Shiratori, President, The
Japan Society of Mechanical
Engineers, Tokyo, Japan

Maria Jesus Prieto-Laffargue,
President-elect, World Federation
of Engineering Organisations,
Madrid, Spain

Prof. Lu Yongxiang, President,
China Academy of Sciences and
President, Chinese Mechanical
Engineering Society, Beijing,
China

Deborah L. Grubbe, Vice
President-Group Safety &
Industrial Hygiene, BP International,
London, England

Miguel Angel Yadarola, President,
The Pan American Academy of
Engineering, Cordoba, Argentina

James J. Duderstadt, President
Emeritus and University Professor
of Science and Engineering at
the University of Michigan, Ann
Arbor, Michigan

Mark A. Burgess, Chief Engineer,
Phantom Works, The Boeing
Company, Seattle, Washington

Volunteer Facilitators

Dilip Ballal, ASME Vice President,
International Gas Turbine
Institute, University of Dayton

Andrew Bicos, ASME Industry
Advisory Board, The Boeing
Company, Boeing Phantom Works

Doug Brown, ASME Vice
President, Global Communities,
The Goodyear Tire & Rubber Co.

Michael Cronin, Chair, ASME
Industry Advisory Board,
Cognition Corporation

Marc W. Goldsmith, ASME
Governor, Marc Goldsmith &
Assoc., LLC

Bernard E. Hrubala, ASME
Senior Vice President, Codes and
Standards, TUV Rheinland of
North America

Robert N. Pangborn, ASME
Senior Vice President, Strategic
Management, Pennsylvania State
University

Robert O. Warrington, ASME
Vice President, Education,
Michigan Technological University

Justin Young, ASME Vice President,
Affinity Communities, Denmar
Technical Services

TARTALOMJEGYZÉK

Vezetői összefoglaló

Egy 2028-as jövőkép a gépészmérnöki tudományt nagy kihívások, és jelentős hozzájárulások elé állítja

Kritikus választások a 2028-as jövőképhez vezető úton

Felkészülés a gépészmérnöki tudomány előtt álló kritikus bizonytalanságokra

A nagy kihívások és a gépészmérnöki tudomány 2028-as világának előrevetítése

Következő lépések egy 2028-as kívánatos jövőhöz

Globális folyamat a kívánatos jövőnk meghatározásában való részvételhez

Jegyzetek

VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

Gépészmérnöki tudomány 2028-as jövőképe

Az embereket szolgáló technológia



Stratégiai témák gépészmérnöki tudomány számára

- Az energia, a környezet, az élelmiszer, a lakhatás, a víz, a közlekedés, a biztonság és az egészségügy terén a nagy kihívásoknak megfelelő új technológiák kialakítása
- Minden ember alapvető igényeit kielégítő globális, fenntartható mérnöki megoldások létrehozása
- A globális partneri viszony és helyileg megfelelő fejlesztés elősegítése
- A gyakorlati szakemberekkel megismertetni a felfedezés, a teremtés örömét, és a mérnöki megoldások alkalmazását az emberi élet jobbítása érdekében

A gépészmérnöki tudomány az elkövetkező 20 évben globális szakmaként fog fejlődni és együttműködni, egy közös jövőkép révén, olyan mérnöki megoldások fejlesztése érdekében, melyek tisztább, egészségesebb, biztonságosabb és fenntarthatóbb világot segítenek megteremteni.

ASME 19 országból több, mint 120 mérnök és tudományos vezetőt hívott össze az ipar, az elméleti szakemberek és kormányok képviselőiben egy globális csúcstalálkozóra, Washingtonba április 16. és 18. között annak előrevetítésére, milyen lesz a gépészmérnöki tudomány napjaink és 2028 között. A világunk előtt álló nagy kihívásokat vizsgálták arra törekedve, hogy az energia, a környezet, az élelmiszer, a lakhatás, a víz, a

közlekedés, a biztonság és az egészségügy kérdéseinek kezelésére kifejlesztendő új technológiák élharcosai legyenek. Az emberi életet jobbitó mérnöki megoldások felfedezésének, létrehozásának és alkalmazásának örömét emelték ki. Megerősítették, hogy a gépészmérnöki tudomány előnyeinek mindenkire el kell jutniuk a globális partneri viszony és a helyileg megfelelő fejlesztések révén.

A csúcstalálkozó résztvevői megfogalmazták a társadalmi tudatosság növelésének szükségességét a mérnöki tudománynak a fenntartható világgal összhangban álló életminőséghez való alapvető hozzájárulásáról. A koncentrált erőfeszítések jobbitása érdekében, egyéb kritikus választások közé, a szakmának ehhez, a jövőképhez vezető úton megteendő lépései közé tartoznak:

- Érdekérvényesítés a politikai döntéshozás befolyásolására a tudománnyal, mérnöki tudománnyal, és technológiával kapcsolatos kérdések terén;
- Multidiszciplináris és rendszerfejlesztési megközelítések a többskálás rendszerekhez;
- Partneri viszony az elméleti szakemberek, az ipar és a kormányok között a kutatás és fejlesztés kibővítésére és mérnökök új nemzedékének fejlesztésére, és
- Élethosszig tartó tanulás a globálisan alkalmas mérnökök és mérnökvezetők részére.

ASME olyan előadókat választott ki és vezetőket hívott meg, akik a 2028-as jövőképet globális összefüggésbe tudják helyezni. A résztvevők annak megértésén munkálkodtak, a szakma hogyan reagálhat a nagy kihívásokra és a gépészmérnököknek milyen kritikus tudásra és kompetenciára lesz szükségük az elkövetkező 20 évben. Ezen megbeszélések révén a 2028-as jövőkép legfontosabb elemeit, a lehetséges kritikus utat megnevezték, és megnézték milyen kritikus bizonytalanságok várhatók. ASME ezt a csúcstalálkozó jelentést, az előadásokat és jövőkutatásokat a globális gépészmérnöki szakmának, különféle szakmai szervezeteinek, mérnökvezetőinek, az iparnak, elméleti szakembereknek, kormányoknak és a nagyközönségnek ajánlja erőforrásként. A 2028-as jövőkép a világnak nyújtandó nagy együttműködés kezdete lehet arról, amit a világ a gépészmérnöki tudománytól leginkább elvár, a jelen és 2028 között.

EGY 2028-AS JÖVŐKÉP A GÉPÉSZMÉRNÖKI TUDOMÁNYT NAGY KIHÍVÁSOK ÉS JELENTŐS HOZZÁJÁRULÁSOK ELÉ ÁLLÍTJA

Gépészmérnöki tudomány 2028-as jövőképe

Az embereket szolgáló technológia



Stratégiai témák gépészmérnöki tudomány számára

- Az energia, a környezet, az élelmiszer, a lakhatás, a víz, a közlekedés, a biztonság és az egészségügy terén a nagy kihívásoknak megfelelő új technológiák kialakítása
- Minden ember alapvető igényeit kielégítő globális, fenntartható mérnöki megoldások létrehozása
- A globális partneri viszony és helyileg megfelelő fejlesztés elősegítése
- A gyakorlati szakemberekkel megismertetni a felfedezés, a teremtés örömét, és a mérnöki megoldások alkalmazását az emberi élet jobbítása érdekében

Két nap alatt, intenzív csoport megbeszélések három fordulójában a Gépészmérnöki Tudományról tartott Globális Csúcstalálkozó résztvevői egy eredmény elérése érdekében dolgoztak: egy olyan közös jövőkép elemeinek meghatározása, mely a szakmát az elkövetkező 20 évben a nagy kihívások, és komoly hozzájárulások élvonalában tartja. Sok prioritást és lehetőséget alaposan megvizsgáltak, és világszerte, a gépészmérnökök közös törekvéseinek megfogalmazása érdekében együttműködtek. Jövőre vonatkozó reményük középpontjában a következő jövőkép áll: a gépészmérnöki tudomány olyan mérnöki

megoldásokat dolgoz ki, mely egy tisztább, egészségesebb, biztonságosabb és fenntarthatóbb világot segít elő.

A gépészmérnökök, az embereket szolgáló technológiák szempontjából, nagy jelentőségűek. Mind a hagyományos, mind az alternatív energiaforrású iparágakban, széles körben jelen vannak. Megvan a tudásuk és készségeik, hogy új energiaforrásokat tervezzenek, a meglévő energiaforrásokat tisztábbá tegyék, és a jelenlegi valamint megjelenő technológiák hatékonyságát javítsák.

A gépészmérnökök a környezetvédelmi kármentesítés, a mezőgazdaság, az élelmiszer előállítás, a lakáshelyzet, a közlekedés, a biztonság, az egészségügy és a vízi erőforrások számára, új technológiák fejlesztésénél az élvonalban lehetnek. Ennek során, a mérnökök a világon minden ember alapvető igényét kielégítő és életminőségét javító fenntartható megoldásokat hozhatnak létre.

A mérnöki megoldások kidolgozása során, a gépészmérnököknek az előző nemzedékek tapasztalatait is figyelembe kell venniük. Az olyan országok, mint Kína és India, növekedése mindenki számára csodálatos lehetőségeket biztosít. A világon, több, mint egy milliárd embernek a középosztályba való eljuttatása, azonban, a világ erőforrásait és a környezetét is igénybe veszi, ha ugyanazokat a hibákat követjük el, mint korábbi országok elkövettek az iparosodás folyamatában.

Ezen országoknak nyújtott segítség, hogy fenntarthatóan fejlődjenek, nemcsak számukra jelent kihívást, hanem kihívás a világnak és a gépészmérnöki szakmának is. A fenntartható fejlődés terhének közös viselése érdekében, új, tisztább technológiákra, új szociális rendszerekre, valamint a fejlett országokban, az életminőség új értelmezésére lesz szükség. Ahogy az egyik csoport résztvevője megjegyezte: „a fejlett országok nem diktálhatnak a fejlődő országoknak, nem mondhatják, hogy nekik nincs joguk a modern élet kényelméhez”.

A gépészmérnököknek új tudásra és készségekre lesz szükségük, hogy rendszerfejlesztési megközelítéseket valósítsanak meg többszintű rendszerekben. Az összetett rendszerek újonnan megjelenő tulajdonságainak utánzására tervezett új szimulációs szoftver segíti majd a gépészmérnököket a rendszerkövetelmények és eredmények előrejelzésében.

EGY 2028-AS JÖVŐKÉP A GÉPÉSZMÉRNÖKI TUDOMÁNYT NAGY KIHÍVÁSOK, ÉS JELENTŐS HOZZÁJÁRULÁSOK ELÉ ÁLLÍTJA

Komoly társadalmi támogatásra lesz szükség a nagy kihívásoknak való megfeleléshez, a gépészmérnököknek pedig be kell kapcsolódniuk a politikai rendszerbe. A gépészmérnököknek meg kell győződnie, hogy a közvélemény és a politikacsinálók is tudatában vannak annak, amit a gépészmérnökök egy fenntartható világnak fel tudnak ajánlani. Az Egyesült Államokban, és más országokban is, a kormányok legmagasabb szintjén, kevés a tudományos vagy mérnöki tapasztalatokkal bíró politikacsináló. Más tudományos és mérnöki szakmákkal partneri viszonyban, a gépészmérnököknek is meg kell győződnie, a politikacsinálók megfelelő tudással és készséggel rendelkeznek, hogy a tudomány, a mérnöki tevékenység, a technológia, az újítás terén megalapozott döntéseket hozzanak.

Ahogy egy résztvevő megjegyezte: „a mérnökök azt teremtik meg, ami sohasem volt”. A társadalom előtt álló nagy kihívások megoldásához, a gépészmérnököknek azt a kreativitást van lehetőségük kiaknázni, ami a szakmát speciálissá teszi. A szakma, a történelem során, a nagy gépészmérnököket mindig is jellemző felfedezés örömét tudja a következő nemzedék számára közvetíteni. Ahogy a szakma is bizonyítja azt a képességét, hogy jobb emberi tapasztalatokhoz járul hozzá, úgy fognak fiatal embereket egy olyan pályára csábítani, ahol a gyakorló szakemberek érzékelik a nehéz problémáknak minden embert szolgáló, áttörést jelentő megoldásokká történő alakításának örömét.

KRITIKUS VÁLASZTÁSOK A 2028-AS JÖVŐKÉPHEZ VEZETŐ ÚTON

A gépészmérnöki tudomány 2028-as jövőképe érdekében a szakmai szervezeteknek és vezetőknek számos kritikus választást kell meghozniuk. Ahogy a csúcstalálkozó egyik résztvevője a kritikus választások egyre bővülő listáját kommentálta a vitacsoportjában: „ezek nem igazán választások, hanem olyan dolgok, melyeket a gépészmérnököknek tenniük kell”. Egy kritikus út részének kell tekinteni őket, melyet a szakmának követnie kell a 2028-as jövőképben kifejezett mérnöki megoldások megteremtéséhez.

A közvélemény tudatosságának növelése. A mérnöki szervezeteknek világosan megfogalmazott, objektív, tudományosan megalapozott és technológiailag hibátlan információt kell nyújtaniuk, melyek az új technológiák kockázatait az előnyükkel szemben és a hasznukat a következményeikkel szemben világosan meghatározzák, ahogy azok a világon minden embert érintenek. Szintén ezekre a szervezetekre hárul a mérnöki hivatás, sokkal inkább, mint más jól ismert hivatás, minden ember életminőségét javító lehetőségének elmagyarázása.

Az élethosszig tartó tanulás megújítása. Az új tudományos felfedezések és technológiai áttörések fejlődésében végbemenő változás gyorsuló üteme miatt, az egyetemek és szakmai szövetségek jelenlegi gyakorlatai nem megfelelőek globálisan alkalmas mérnökök és mérnökvezetők felkészítésére. Jelenlegi szerkezeteikben hogyan tudják ezek az intézmények felkészíteni a diákokat olyan állásokra, melyek még nem léteznek, valamint olyan technológiák használatára, melyeket még nem fedeztek fel annak érdekében, hogy olyan problémákat oldjanak meg, melyeket még csak most kell meghatározni. Milyen tudásanyagot tartalmazzon a tantárgy, hogy a jövő követelményeinek megfeleljen? Milyen tanulási stratégiák lesznek a leghatékonyabbak ahhoz, hogy fiatal emberek technikai alapismereteket sajátítsanak el és magasabb rendű gondolkodási készségeket szerezzenek meg a problémák innovációs megoldása érdekében? Milyen lesz az élethosszig tartó oktatás folyamata ahhoz, hogy minden gépészmérnöknek segítsenek lépést tartani a technológiai haladással és egyre bonyolultabb rendszerekkel? Sürgető szükség van a kérdéseknek együttműködő, a globális, mérnöki munkaerőt erősítő módon történő kezelésére.

A vezetést komolyan kell venni. A gépészmérnököknek új felhívásra kell készen állniuk, hogy vezető szerepet vállaljanak a politikai, a társadalmi, az ipari, a szakmai és a kulturális területeken, a mérnöki szempontoknak a szélesebb társadalmi kérdésekben történő megjelenítéséhez. A mérnökvezetőknek különféle, a szakmában a sokféleséget bátorító, a legjobb és legértelmesebb embereket vonzó és megtartó utakra van szükségük. Ennek a tehetséges mérnöki munkaerőnek a toborzása a legtöbb országban kihívás lesz.

Megalapozott közpolitikai döntések melletti kiállás. Az elkövetkező 20 évben sok globális prioritás verseng majd a közfigyelemért. Gépészmérnök vezetőknek és szervezeteknek, melyekkel kapcsolatban állnak, ki kell állniuk a megalapozott döntések, és a tudományhoz, a mérnöki munkához és a technológiához kapcsolódó komoly befektetések mellett, vagy különben tanúi lehetnek, ahogy a nagy kihívások megoldására szolgáló globális kapacitás kárt szenved. A gépészmérnök vezetőknek fel kell készülniük a döntéshozók felvilágosítására és a társadalom által, az újítás és fenntarthatóság területén, teendő kritikus választások befolyásolására (pl. kockázat szemben az eredménnyel, haszon szemben a következménnyel).

Vezetés multidiszciplináris és rendszerfejlesztési megközelítésekben. Egyetlen ország, ágazat, vagy szakma sem lesz képes egyedül megbirkózni a nagy kihívásokkal. A fejlett technológiák és a többszörös szintek (méret és idő dimenziók) összetettsége, ahogy a rendszerek egymással kölcsönhatásban állnak, a mérnökök, a tudósok, a társadalomtudósok, a közgazdászok és sok, más szakmabeli együttműködését követeli a multidiszciplináris megoldások kialakítása során. A gépészmérnöki tudománynak a rendszerfejlesztési megközelítések megvalósításának élvonalában kell állnia, a többszintű rendszerekben.

Partneri kapcsolatok és együttműködés kialakítása. A 2028-as jövőkép eléréséhez az együttműködés és partneri viszony globális szelleme alapvető. A gépészmérnöki tudománynak az ipar, a kormány és az elméleti szakemberek közötti partneri viszonyt kell átfognia a kutatás és a fejlesztés támogatásához és bővítéséhez, valamint a gépészmérnökök következő nemzedékének toborzásához és oktatásához. Az olyan események, mint a Gépészmérnöki Tudomány Jövőjéről szóló Globális Csúcstalálkozó és más, a globális közösség legfontosabb érdekhordozóinak az összehívására irányuló kezdeményezés, segítenek a bajtársiasság és konszenzus megteremtésében, hogy egy közös jövőkép mögött felsorakozzanak.

FELKÉSZÜLÉS A GÉPÉSZMÉRNÖKI TUDOMÁNY ELŐTT ÁLLÓ KRITIKUS BIZONYTALANSÁGOKRA

A szakma jobb jövőjének eléréséhez előtekintésre, türelemre, és a szakma vezetői körében, felkészülésre van szükség. A gépészmérnököknek figyelemmel kell kísérniük, és irányítaniuk kell a változó körülményeket, ahogy mérnöki megoldások megteremtésére törekednek egy tisztább, egészségesebb és fenntarthatóbb világ számára. Az összekapcsolódó világunk nemzetközi akaratot és együttműködést, minden nemzet részéről, a különböző kulturális hagyományok és politikai rendszerek területén, a globális érdekeket a nemzeti érdekek elé helyező átgondolt döntéshozatalt követel. A szakmának fejlődnie kell, ahogy a világ népessége nő, és a növekvő migráció a gépészmérnöki tudományt globális hivatássá teszi.

A természeti vagy ember okozta szerencsétlenségek, mint például a 2008-as tragédiák Kínában és Burmában vagy 2001. szeptember 11. az Egyesült Államokban, óriási hatással lehetnek a jövőbeli fejlesztésekre. A világ ilyen eseményekre, vagy konfliktusokra adott válaszai a jövő alakulását változtathatják meg, és azokat a kihívásokat határozzák meg, melyekkel a politikacsinálók először megbirkóznak.

Az ökörendszer összetett és a fordulópontjait nem megfelelően ismerjük. Nem tudjuk, mennyi időnk van a fenntarthatóságot biztosító megoldások megteremtésére. Az energiával, vízzel kapcsolatos globális erőforrások már most is nagy terhelés alatt állnak és valószínűleg még inkább így lesz, amint a lakosság több, mint nyolc milliárdra nő. A világ növekvő számú lakosságának infrastrukturális és társadalmi program követelményei nagyok lesznek.

A nagy kihívások kezeléséhez szükséges erőforrások megléte egyáltalán nem bizonyos. Vajon meglesz a társadalom akarata, hogy a kutatásba és fejlesztésbe a szükséges befektetéseket megtegye? Vajon a jelen vezetői olyan oktatási rendszerekbe fektetnek-e, melyek a fiatal embereknek műszaki tudományágakban való képzettségét teszik lehetővé?

A technológiai választásoknak nem kívánt etikai, környezeti és társadalmi következményei lehetnek. Vajon a gépészmérnöki tudomány készen áll a bölcs vezető szerepre, hogy ezek között a kihívások között el lehessen igazodni? A politikacsinálók jövőbeli döntéseinek olyan kérdésekben, mint a szabályozás, a felelősség és a szellemi tulajdon, óriási hatása lesz a technológiai fejlődésre és a globális gazdaságra.

A változás semmilyen dinamikus rendszerben nem jelezhető előre. A gépészmérnöki tudománynak olyan lényegi rendszerekben kell figyelemmel kísérni a változás ütemét, mint az oktatás, az ipar és a társadalom. Miközben a technológiák változása meglepő ütemű lehet, az intézmények, a kultúrák és a gazdaságok lassabban változhatnak.

Amint sok felszólaló a csúcstalálkozó résztvevőit emlékeztette, a gépészmérnöki tudománynak az elért eredményeire és leszűrt tanulságaira kell figyelnie, a problémamegoldók következő nemzedékének ösztönzése érdekében. Ennek ellenére, az energia, a víz és az élelmiszer nagy kihívásai, globális méretekben, nagyok, kezelésükre pedig most van szükség. A múltban, amikor a társadalom a gépészmérnöki tudomány jelentős hozzájárulására szorult, a szakma mindig felnőtt a kihíváshoz. Mindaz, ami 2028-ban más lesz, az a kihívások kibővült köre és a nagyobb számú ember, akik tisztább, egészségesebb, biztonságosabb és fenntarthatóbb világban fognak élni, mert a gépészmérnökök szerint így kell élniük.

A 2028-as jövőképhez vezető út kritikus bizonytalanságai

- Vajon lesz akarat a nagy kihívásokhoz szükséges választások és befektetések megtételéhez?
- Vajon lesz elegendő nemzetközi együttműködés a nagy kihívások kezelésére?
- Vajon lehetővé tudjuk tenni a fiatal emberek számára, hogy technikai tudományágakat sajátítsanak el?
- Mik lesznek a jövőbeli konfliktusokra és természeti katasztrófákra adandó reakciók?
- Hogyan fogják a nemzeti szabályozók és nemzetközi egyezmények befolyásolni a technológiai fejlődést?
- Hogyan fogja a népesség növekedése és a migráció befolyásolni a mérnöki tudományt?
- Mennyi időnk van a környezeti prioritások kezelésére?
- Vajon a társadalmak építenek-e a levont tanulságokra?
- Hogyan fog a gépészmérnöki tudomány alkalmazkodni a multidiszciplináris világhoz?

A NAGY KIHÍVÁSOK ÉS A GÉPÉSZMÉRNÖKI TUDOMÁNY 2028-AS VILÁGÁNAK ELŐREVETÍTÉSE

A gépészmérnökök olyan megoldásokat terveznek, melyek a közösségek és országok számára gazdasági fejlődést generálnak és a társadalom életminőségéhez kézzel fogható módokon járulnak hozzá. A következő 20 évre, két nagy kihívás ragadta meg a Csúcstalálkozó résztvevőinek képzeletét, fenntarthatóan fejlődni és mérnöki megoldások mindenki számára, és a következő 2028-as közös jövőképet inspirálta: **a gépészmérnöki tudomány tisztább, egészségesebb, biztonságosabb és fenntarthatóbb világot elősegítő mérnöki megoldásokat fog kialakítani.**

Egy évtizedes, vagy hosszabb tapasztalattal bíró gépészmérnökök tanúsíthatják, mennyit változott a világ pályájuk során. Az elkövetkező 20 évben, a gépészmérnöki tudomány bizonyára folytonos és meglepő változásokat fog tapasztalni. A csúcstalálkozó résztvevői különösen aggódtak, hogyan készítsék fel 2028 gépészmérnökét, hogy a jövőben szükséges kritikus tudást és kompetenciát birtokolja. Olyan jövő elé néznek, melyet a tudás versenyelőnyének megfelelő, az együttműködési előnyt felölelő, a globális újítást szabályozó, egy globális mérnöki hivatás sokszínű arculatát előrejelző, a Nano-Bio jövő technológiai lehetőségeit előkészítő, és otthondolgozó nagy- és kis-méretű mérnöki rendszerek jellemeznek. A jelentés következő oldalain minden egyes kihívást közelebbről vizsgálunk meg.

FEJLESZTÉS FENNTARTHATÓAN

A gyorsan fejlődő gazdaságok a globális környezeti terheléshez és az energiáért, a vízért és más nagyigényű erőforrásokért folyó versenyhez járulnak hozzá. A gépészmérnöki tudomány kihívás előtt áll, hogy új, a gazdasági növekedést erősítő és a fenntarthatóságot elősegítő technológiákat és technikákat fejlesszenek ki.

A gépészmérnökök előtt álló legkritikusabb kihívások egyike olyan mérnöki megoldások kialakítása, melyek egy tisztább, egészségesebb, biztonságosabb és fenntarthatóbb világot segítenek elő. A Mérnök Szervezetek Világszövetségének megválasztott elnöke Maria Prieto-Laffargue megfigyelése szerint: „a mobilitás, komplexitás és fenntarthatóság kritikus kihívások. A mérnöki tudománynak készségek széles skálájával bíró dinamikus tudományággá kell válnia... a világot ma nem az ideológia osztja meg, hanem a meglévő/ meg nem lévő technológiai közötti szakadék. Új technológia van születőben.”

Ahogy Prieto-Laffargue hangsúlyozta, sok esetben az olyan problémák, mint a szegénység, és sok környezeti kérdés elleni harchoz szükséges eszközök már megvannak. Amire szükség van azok a nagyobb számú és jobb, konkrét helyekhez és helyzetekhez igazított mérnöki megoldások.

A Nehézipari Mérnöki Szövetségek elnöke és ügyvezető igazgatója G.K. Pillai, aki nehézgép kovácsolások nagy indiai gyártója előre jelezte, hogy a természeti erőforrások kimerülése, a szennyezés ellenőrzése, a globális felmelegedés, a vízhiány, a népesség növekedése és a fejlődő világban, a javuló körülmények a civilizáció egészét érintő lényegi kihívások lesznek. Az olajhozam csúcs, annak a pontnak a megjelenése, amelynél a teljes globális olajtermelés egy maximális elérhető szintről esni kezd, széles körben a következő évtizedre vetítik előre.¹ Sok tudós szerint az elkövetkező húsz évben az éghajlatváltozás

megfordíthatatlan „fordulópontot” ér el és azok után sokkal nehezebb lesz hatékonyan beavatkozni.²

Az éghajlatváltozás és az erőforrásokért folytatott fokozódó verseny súlyosbítja a globális élelmiszer- és vízhiányt. A magas olajár jelentős befektetéseket ösztönzött olyan alapvető élelmiszerekből, mint gabona, szójabab és cukornád történő bio-üzemanyag termelésébe. A magas árak és az élelmiszerhiány élelmiszer lázadásokat váltott ki világszerte. Ugyanezen emberek közül sokan nagyon nagy vízhiánnyal is szembesülnek. 1995-ös becslések szerint 29 ország tapasztalt vízzel kapcsolatos problémát és a Világbank előrejelzése szerint 2025-re 48 ország tapasztal ilyen problémákat.³ Az elkövetkező két évtizedben, az emberek vízhasználata körülbelül 40 százalékkal nő és a rendelkezésre állónál 17 százalékkal több vízre lesz szükség a világ élelmiszer szükségletének előállítására.⁴

A gyorsan feltörekvő országok, különösen Kína és India, ígéri, hogy a természetes erőforrások iránti keresletüket növelik, még akkor is, ha a hagyományos készletek apadnak. Kínában és Indiában a szélesedő középosztály több húst és tejterméket épít étrendjébe, a keresletet nemcsak ezen élelmiszerek iránt, hanem a hústermeléshez szükséges gabona magvak iránt is növekszik.

A növekvő középosztály a világon több autót is vezet. Az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériumának becslése szerint Kína és India az olaj iránti globális kereslet több mint 40 százalékos növekedését ösztönzi 2030-ra.⁵ A londoni Globális Jövő és Előretétek Csúcsvezetője, Rohit Talwar, az új Tata Nano példáját emelte ki, mint az elsősorban a kínai és indiai növekvő középosztály számára tervezett új termékek sorában egyik legújabbat. A Nano egy autó és Indiában egy lakh-ért fogják árulni (körülbelül 2 500 dollár).⁶ A Nano, és hozzá hasonló autók, úgy fogják megváltoztatni a közlekedést a fejlődő világban, ahogy a T-modell megváltoztatta az Egyesült Államokban. Kitűnő, gazdaságos üzemanyag felhasználása ellenére, jelentősen növelni fogja az olaj iránti globális keresletet és maga szintű széndioxid kibocsátást és légszennyezést okoz.

Globálisan, a gépészmérnöki tudománynak hatalmas piaca van, mely a közöttünk lévő legszegényebbeket szolgálja. Jelenlegi becslések szerint körülbelül négy milliárd ember él kevesebb, mint napi 2 dollárból. 2030-ra, várhatóan további két milliárd ember népesíti be a földet, 95 százalékuk fejlődő vagy alul fejlett országokban. Ennek a nagy és növekvő számú lakosságnak élelmiszere, tiszta vízre, megfelelő higiéniára, energiára, oktatásra, egészségügyi ellátásra és megfizethető közlekedésre lesz szüksége.

Ezt a piacot nem a körülmények szegény áldozatai, hanem rugalmas és kreatív vállalkozók és potenciális fogyasztók uralják. Hatalmas érték rejlik abban, hogy ezek az emberek a jobb életminőség elérésében segítséget kapjanak. Ennek a növekvő népességnek a világgazdaságba történő integrálása mindenki számára virágzóbb és szilárdabb világot fog teremteni.⁷ Ahogy azonban a fenntarthatóan fejlődni részben megvitattuk, a környezet megvédése mellett, lesznek globális kihívások egy növekvő lakossági csoport életminősége javításának elősegítésére.

E lakosság szolgálata annak átalakítását követeli meg, ahogyan a mérnököket szakmájuk megközelítésére oktatják. Jelenleg, a legtöbb mérnökképző nem foglalkozik a szűkölködő emberek igényeivel annak ellenére, hogy közülük sokan iparosodott országokban élnek. A mérnöki megoldások szempontjából ki nem szolgáltak igényei azonban valószínűleg nőni fognak, ahogy a lakosság száma nő. A mérnökök képzése, hogyan dolgozzák ki a helyileg megfelelő mérnöki megoldásokat a nem megfelelően kiszolgáltak számára, kulcs a

fenntartható fejlődéshez. A Mérnökök Határok Nélkül, például, fenntartható fejlődést segít elő, és a mérnököknek értékes készségeket tanít a jövőre.⁸

NAGY- ÉS KIS LÉPTÉKŰ RENDSZEREK MÉRNÖKI IRÁNYÍTÁSA

2028-ban a mérnökök a két véglét egyikében, nagyon nagy, vagy nagyon kis rendszerekben fognak dolgozni, melyek szélesebb körű ismereteket és multidiszciplináris, illetve több léptékű mérnöki munka koordinálását igénylik nagyobb távolságokban és időkereten belül. A rendszerfejlesztési munka új területe a gépészmérnöki tudomány ismereteinek és gyakorlatainak nagy részét magába fogja foglalni.

Az Egyesült Államok Mérnökakadémiájának elnöke, Charles Vest azt jósolta, hogy a technológia az apró és „mega-léptékű” rendszerekből való kiáramlása „lesz a XXI. század nagy története”. Két új határterületnek lesz nagy hatása a mérnöki tudományra. Az első terület az egyre kisebb térbeli léptékek és az egyre csökkenő időskálák. Ez a terület a biotechnológia, a nanotechnológia és az információs technológia határán húzódik, és a gépészmérnököktől a hagyományos tudományágak határait átlépő munkát követel. A második terület „nagy bonyolultságú, a társadalom számára kiemelkedő fontossággal bíró nagyobb és nagyobb rendszerek”. Ez a terület a világ előtt álló, az energia, a környezet, az élelmiszer, a gyártás, a termékfejlesztés, a logisztika és a kommunikáció terén jelentkező legnagyobb kihívásokat kezeli. Mindkét terület azt a komplexitást fogja növelni, melyet a mérnököknek kezelniük kell és ez új tudást, új készségek megszerzését teszi szükségessé.⁹

A ma és holnap gépészmérnökeinek fel kell készülniük ezen a két bővülő határterületen való munkára. Nagyon bonyolult projekteket kell megalkotniuk és irányítaniuk, melyek a mérnöki rendszerek erőteljesen integráló szemléletét igénylik. A munkaadóknak különféle tudományágak integrálásában, egyre összetettebb fogyasztói és érdekhordozói követelmények kezelésében, és többszörös kölcsönhatásban álló rendszerek irányításában járatos mérnökökre lesz szükségük. Az összetett rendszerek fejlesztésében és kezelésében szimulációkra és számítógéppel segített tervezésre fognak erőteljesen támaszkodni. A számítógépes szimulációk jobbakké lesznek az összetett rendszerek modellezésére, és a mérnökök számára értékes eszközökké válnak a várható eredmények optimalizálásához, miközben a nem kívánt következményeket korlátozzák.

A Boeing Phantom Work főmérnöke, Mark Burgess, például, rámutatott, hogy pályája elején két évet töltött el CFD hálók létrehozásával. Ugyanezek a hálók ma azonnal megalkothatók mérnöki szoftverek használatával. Burgess azt vetíti előre, hogy 20 év múlva „még nem szakember felhasználók számára is megbízható eredmények létrehozására alkalmas erőteljesen integrált és átmenetmentes rendszerek” lesznek. Érvelése szerint az ilyen rendszereknek valószínűleg nagyon eredeti interfészük lesz, talán arra a ma olyan programokba tervezett egyszerűségre emlékeztetnek, mely az Amazon.com, fogyasztóra szabott e-kereskedelmi gyakorlatát megteremtette.

A TUDÁS VERSENYELŐNYE

2028-ban az egyének, és szervezetek tanulási, innovációs, gyorsabb elfogadási és alkalmazkodási képessége fogja a fejlett gazdaságokat ösztönözni. A gépészmérnöki oktatás szerkezete átalakul, hogy sok, szélesebb technikai ismeretekkel rendelkező egyén, és a menedzsmentben, a kreativitásban és problémamegoldásban is járatos szakmabeliek igényeit kielégítse.

A mérnöki ismeretek és készségek a modern társadalmak versenyképességéhez alapvető fontosságúak. Az újonnan iparosodott országok a mérnöki tudomány előnyeinek nagyon is

tudatában vannak, és erőteljesen növelik az évente végző mérnökök számát. India,¹⁰ Kína¹¹ és Mexikó¹² mind növelik az egyetemeken, műszaki intézeteikben végző mérnökök számát¹³.

A kínai Tudományos Akadémia és a Gépipari Tudományos Egyesület elnöke, Lu Yongxiang, előadásában rámutatott, hogyan ösztönzi a technológia felgyorsult globális transzfer rendszere és átalakulása a globális iparosodást. Kína ezeknek a változásoknak az élvonalában áll a világon vezető ipari parkokkal, mint amilyen a Z-Park Pekingben. A Z-Park egyike a számos, nemzeti, fejlett technológiát képviselő területeknek, melyek innovációs inkubátorokként működnek a technológia, az üzleti élet és a finanszírozás terén.

Azzal, hogy több mérnök lép be a globális munkaerőpiacra a szakma globálisabb és versenyképesebb lesz. Minden fajta mérnöki szolgáltatást nyújtó vállalat fog globálisan versenyezni mind projektekért, mind a munkavállalókért. Nemcsak műszaki készségekkel bíró mérnökökre lesz szükségük. A jövő gépészmérnökeinek kreatívnak,¹⁴ problémamegoldásban jártasnak¹⁵ kell lenniük, a problémák megértésére pedig multidiszciplinárisan, rendszerszinten kell képessé válniuk. A jövő mérnökeinek élethosszig tanulniuk kell, az információt tudássá való alakításában jártasnak kell lenniük és az új készségeket mesteri módon kell kezelniük.¹⁶

A Pánamerikai Mérnökakadémia elnöke, Miguel Yadarola, arra a problémára mutatott rá, milyen nehéz Latin Amerikában a mérnökképzést az elméleti és elvont tudástól a valós világ készségei irányába elmozdítani. Yadarola szerint „a mérnököknek egyre inkább magas szintű stratégiai gondolkodóként és véleményformálóként kell működniük”, ahogy a mérnöki és tudományos haladás a gazdasági növekedést és globalizációt ösztönzi.

Az Egyesült Államoknak, más országokkal együtt, növelnie kell nyitottságát és mérnökeinek azon képességét, hogy globális csapatokban tudjanak dolgozni. „A becslések szerint az amerikaiak csak 10-34 százalék közötti számának van útlevelle” mondta a BP International, csoport biztonságért és ipari higiéniáért felelős, alelnöke, Deborah Grubbe.

Az Egyesült Államok egyszer már előnyként használta fel a külföldi diákok és mérnökök iránti nyitottságát. Az Egyesült Államok azonban ma már nehezebbé teszi a nagyon tehetséges diákok és munkások bevándorlását, miközben más országok a sikeres amerikai programokat ismétlik meg. Az Európai Unió, például, tavaly ismertette az Amerikai Zöldkártyához hasonló, Kék Európai Munkakártyára vonatkozó terveit.¹⁷

A modern mérnöki gyakorlat bővülő működési köre, és összetettsége a mérnökképzés szokványos, négyéves tanterv kereteit feszegeti. A mérnöki tudomány területeit a „globalizáció és a tudásgazdaságból korábban kizárt emberek képessé válása ösztönzi”, figyelte meg a Michigan Egyetem nyugalmazott elnöke és természettudományi, mérnöktudományi professzora, James Duderstadt, „ennek ellenére, még ha a mérnöki tudomány az olyan régiókban, mint Kína és India bővül, a fejlett világban viszonylag alacsony a megbecsülése, és az Egyesült Államok kormányának támogatása jelentősen csökkent”. A csúcstalálkozó más, fejlett országokból érkező, résztvevői egyetértettek, hogy ez a megfigyelés az ő országaikra is érvényes.

A mérnöki tudomány elismerésének növelése, és világszínvonalú mérnökök képzésének kulcsa, Duderstadt érvelése szerint, a mérnökképzés kiszélesítése, hogy olyan más, elismert szakmákkal, mint az építészet és jog, egyenrangú legyen. Az előrelépéshez

inkább a szakmával, mint az egyéni munkaadókkal azonosuló szakmabeliek „céh kultúráját” kell kialakítani. Ehhez az oktatás rendszerezettebb megközelítésére van szükség, a mérnökképzés egyetemi szintű szakmai iskoláinak elvégzésére fektetett nagyobb hangsúllyal.

Ennek ellenére, egy másik, de kiegészítő jövőbeli forgatókönyv is megvalósulhat. Ebben a jövőben, a mérnöki hivatás inkább a rutin műszaki feladatok nagy részét magukra vállaló technikusokra támaszkodik. A változások hasonlóak lennének az orvosoknál végbemenővel, ahol sok rutin feladatot „orvos kisegítők” vesznek át az orvosoktól.¹⁸ Magas fokozattal rendelkező gépészmérnökök idejük nagyobb részét fogják, igen bonyolult műszaki kérdéseknél, hibaelhárítással, összetett rendszerek irányításával és a technikusok munkájának felügyeletével eltölteni. A tendencia tükrözni fogja azt, ami sok mérnöki feladat kiszervezésénél, és mérnöki asszisztensek számának növekedésénél tapasztalható.¹⁹

EGYÜTTMŰKÖDÉSI ELŐNY

2028-ban, minden iparágban a domináns szereplők azok a szervezetek lesznek, melyek az együttműködő munkában sikeresek. A XXI. századot, nemcsak konfliktusok, de, az együttműködés új módszereivel, a versengő piacok integrációja is meghatározza.

Charles Vest szerint a globalizáció „a három jövőbeli lehetőség forrásának egyike a mérnökök számára”. Sokan érvelnek azzal, hogy a globalizáció a helyszínt lényegtelené teszi. Ahogy Thomas Friedman, újságíró és író megjegyezte a *Világ Lapos* című munkájában, a globalizáció „véletlenül szomszédokká tette Pekinget, Bangalore-t és Bethesdát”.²⁰ Azok, azonban, akik a technológiát és innovációs politikát tanulmányozzák, felismerik, hogy a helyszín igenis számít. A technológiai innováció vezető kutató egyetemek és vállalkozói tőkeforrások köré csoportosul.

A helyszínről szóló vitánál fontosabb az, ahogy a globalizáció az országokat és szervezeteket versengésre és együttműködésre is ösztönzi. A globális verseny világszerte arra kényszeríti a cégeket, hogy gazdasági partnereket találjanak, kihasználják azokat az új piacokat, melyeket ők maguk nem tudnak kezelni. Egymás közötti és állami, valamint nem nyereségérdekeltségű szervezetekkel való partneri kapcsolat révén osztoznak a költséges technológiák és új üzleti modellek kialakításának kockázatán.

Prieto Laffargue megfigyelése szerint a telekommunikáció és az információtechnológia „másfajta információ globális átadását teszi lehetővé, és a mérnökök kiváltságos helyzetben vannak, ezeknek a különféle megközelítéseknek az integrálása céljából”. A nagysebességű, nagyméretű adathálózatok gyors bővülése nem szervezett és formális együttműködési erőfeszítéseket is eredményezett. A wikik²¹ és virtuális világok²² kialakulása csak tovább serkenti az ilyen technológiailag segített együttműködést a jövőben.

Az új kommunikációs és együttműködési eszközök következtében, a gépészmérnökök egy szervezet, vagy érdekhordozók hálózatának kollektív bölcsességéből meríthetnek. Egy globális hálózat használatának a lehetősége elősegíti a visszacsatolást és javítja az új technológia kifejlesztésének lehetőségét. A technológia virtuális prototípusain való osztozás képessége, és az egyének hálózatai közötti szimulációk futtatása valószínűleg szintén javulni fog. A mérnökök, a mérnöki fejlesztések korábbi szakaszában, lesznek képesek áttervezésre, még mielőtt a sokkal drágább prototípus és termelési időszakok bekövetkeznek.

A GLOBÁLIS INNOVÁCIÓ SZABÁLYOZÁSA

Az innováció, a globális gazdaság keretében, 2028-ban is egy összetett ügy lesz. A szabályozás alapvető átalakítása, és a szellemi tulajdonjogok védelme, globális méretekben, valószínűtlen. Ahogy az összetettebb technológiák komolyabb együttműködést és szabadalmakon való osztozást igényelnek, fokozatos változások mennek végbe az újítók és az újításokat elfogadó és forgalmazók számára, méltányos és kedvező eredményeket biztosítva.

A gazdasági növekedés hajtóereje, és a jövő globális kihívásai megoldásának kulcsa az innováció. Minden ország azzal a kihívással szembesül, hogy egyensúlyt kell teremteni az innovációnak nyújtott ösztönzők és az innováció előnyeinek a lehető legnagyobb mértékű elosztása között. Ez különösen igaz, ahogy egyre több újítás épül nyílt forrású módszerekre, és az összetett technológiák a szabadalmakon való jelentősebb osztozást, és hozzáférést igényelnek.

„A nyílt újítás kulcsfontosságú tendencia, ahogy a vállalatok, ahol csak tudják, keresik az újításokat”, jegyezte meg Vest. A szervezetek gyorsan mozdulnak el azoktól az újító módszerektől, melyek az újításokat szorosán a titok leplébe burkolják, az olyan modellek felé, melyek más vállalatokkal való partneri kapcsolatra vagy tőlük való engedélyre építenek. Ezek a vállalatok a beszállítókkal, sőt még a fogyasztókkal is partneri kapcsolatot építenek ki, új termékek vagy szolgáltatások újítása érdekében.

Az újítás nyitott forrású modelljeiben egy újabb forradalom megy végbe. Világszerte egyének sokasága, vállalati struktúrák kívül, több millió kód sorával és több millió élő munkaórával járult a nyílt forrású szoftverek megalkotásához. Majdhogynem pénzbeli ösztönző nélkül, olyan termékeket hoztak létre, melyek sikeresen versengenek a vállalati óriásokkal.²³ Ez a modell a szoftver iparon kívül is elterjedt, és az egészségügyben, a biotechnológiában, a gyártásban, és más törekvések terén, különböző mértékű sikerrel tárulnak fel.²⁴

Világos, hogy változásokra van szükség a globális szellemi tulajdonrendszerek hatékonyabbá, eredményesebbé és nyitottabbá tételéhez. Egyes becslések szerint, a szellemi tulajdonra vonatkozó pereskedés az összes ipari kutatásra és fejlesztésre költött összeg több, mint egy negyedét teszi ki.²⁵ Ez különösen elszomorító olyan összetett technológiák esetében, melyek kis mértékben függenek a szellemi tulajdonjogoktól az innovációs folyamat során. Üzleti becslések szerint, a vegyiparon kívül minden iparágban, az újítások több, mint 70 %-át megvalósították volna bármilyen szellemi tulajdonjog rendszer nélkül.²⁶ Az erős szabadalmak, egy olyan világban, ahol a technológiák gyorsan fejlődnek, még kevésbé fontosak. A gyógyszerészeti vállalatoktól eltérően, a komplex technológiai vállalkozások nem támaszkodhatnak nagyon hosszú tárolási idővel rendelkező termékeikre. Ennek következtében a szabadalomvédelem sok esete lényegtelenné és gazdaságtalanná válik.

Végül felmerülnek a szellemi tulajdonjogot övező, etikai viták. Egészen mostanáig, a szellemi tulajdonjog viták etikai vonatkozásai, majdnem teljes mértékben, a gyógyszeriparra és arra a problémára összpontosultak, hogy életmentő gyógyszereket tagadtak meg azoktól, akik nem tudják megfizetni. A géntechnológia és biotechnológia fejlődésével azonban, az etikai vita kezd inkább filozófiai/vallási jelleget ölteni. Ahogy a biotechnológia fejlődik, egyre több kérdés merül fel a vállalatok azon jogáról, hogy az élő gépeket ne csak létrehozzák, hanem joguk legyen szabadalmat és nyereséget is szerezni azokból, amik alapvetően élő tárgyak.

A MÉRNÖKI TUDOMÁNY SOKSZÍNŰSÉGE

Az új technológiák iránti igény 2028-ban is fenntartja a megfelelően képzett és innovatív gépészmérnökök iránti globális keresletet. A jövőbeli munkaadók keresni és támogatni fogják az egyedi és sokszínű háttérrel rendelkező embereket a siker lehetőségének maximalizálása érdekében, különféle kultúrákban és helyzetekben.

A gépészmérnöki tudomány sokszínűségének fontossága a Csúcstalálkozó során végig megjelent. Egy értelmezés szerint, a gépészmérnöki tudomány a szervezetekben a sokszínűség hullámának élén áll, ahogy a munkaerő globalizációja folytatódik. Más értelemben, a gépészmérnöki tudomány a sokszínűség hiányától szenved.

A lakosság tömeges vándorlása növekvő munkaerő sokszínűséget ösztönöz. 2028-ban, az IAF előrejelzése szerint több, mint 380 millió nemzetközi ki- bevándorló lesz, több, mint duplája a századforduló 175 millió nemzetközi ki- bevándorlójának.²⁷ Ez nagyobb szám, mint az Egyesült Államok és Németország jelenlegi lakosainak száma együttesen.²⁸ A mérnökök, mint egy nagyon igényes műszaki tudományág képviselői, e tendencia élén álltak, mivel legtöbbjük speciális munka- vagy diákvízum programban, együtt tanult vagy dolgozott kollégáival.

A szakma mégis azzal küzd, hogy az Egyesült Államokban született nőket és kisebbségeket megszerezze és megtartsa. Deborah Grubbe arról szolgáltatott adatokat, hogy a gépészmérnöki tudomány területén dolgozó nők százalékos aránya a legalacsonyabb az összes mérnöki szakterület közül. Szintén e területen, kétszer olyan valószínű, hogy a nők éves jövedelme több, mint 50 000 dollár és ugyanakkor fel annyira valószínű, hogy több, mint 100 000 dollárt keressenek. Ennek ellenére, ahogy Grubbe rámutatott, a nők bevonása projekt csapatokba javítja az üzletmenetet, a versenyképességet és az innovációt.

A vállalkozások, a piacon, a versenyelőny érdekében, különféle tapasztalatokat igényelnek a munkaerőtől. A kultúrában, nemi hovatartozásban, regionális szakértelemben gyökerező tapasztalatok új szempontokat visznek a közös munkába. A megjelenő üzleti lehetőségekre adandó innovációs válaszok kialakítása során, ezek versenyelőnyök. A sokszínű háttérrel rendelkező csapatok jobban tudják az innovációhoz szükséges elképzelések széles körét megteremteni.²⁹

A NANO-BIO JÖVŐ

Nanotechnológia és biotechnológia fogja az elkövetkező 20 évben a technológiai fejlődést uralni, és az életünket napi szinten befolyásoló technológia minden részébe beépül. A Nano-Bio nyújtja azokat az építőköveket, melyeket a jövő mérnökei a nyomasztó problémák megoldására, olyan különféle területeken, mint az orvostudomány, az energia, a vízgazdálkodás, a légügy, a mezőgazdaság és a környezetgazdálkodás, felhasználnak.

Charles Vest fejtette ki, hogy a technológiai innováció a fizikától, és nagysebességű telekommunikációtól a biológia és a környezet felé tolódott el. A biotechnológia és nanotechnológia gyorsan fejlődő területei állnak ezeknek a fejlesztéseknek a középpontjában. A gépészmérnökök előtt álló legnagyobb lehetőségek közül sok ennek a két technológiai területnek a találkozásánál van.

A nanotechnológia korai felhasználásai a nadrágokon a foltok megakadályozását célzó nano-anyagok prózai felhasználásától az orvosi célú képalkotáshoz alkalmazott új közvetítő anyagok izgalmas kifejlesztéséig terjed. A biotechnológia segítségével már

fejlesztettek életmentő gyógyszereket és élelmiszer termékeket. Mind a nanotechnológia, mind a biotechnológia sikeresen tért át az alapkutatástól a termékek és szolgáltatások kifejlesztésére.

A nanotechnológia és biotechnológia az elkövetkező 20 évben még nagyobb sikerekre számíthat. A nanotechnológia segítségével a szénél olcsóbban előállítható elektromos áram termelhető hatékonyabb napelemek³⁰ létrehozásával, a testben, pontosan a megfelelő sejtbe juttató gyógyszereket,³¹ és postai bélyeg méretű terabájt csipeket³² lehet létrehozni. A biotechnológia olyan forradalom küszöbén áll, ahol a genetikai összetevőket lehet szabványosítani és felcserélni. Ezek a szabványosított összetevők az autók számára hidrogén előállításától, a malária elleni új gyógyszerekig, és a mérgező hulladék megtisztításig terjedő feladatok sokaságára tervezett biológiai szervezetek megalkotását könnyítik meg.

TERVEZÉS OTTHON

2028-ra a számítógéppel segített tervezés, az anyagok, a robottechnika, a nanotechnológia és a biotechnológia fejlődése demokratizálni fogja a tervezés folyamatát és új eszközöket hoz létre. A mérnökök a helyi problémákra lesznek képesek megoldásokat tervezni. Az egyes mérnököknek, hazai anyagok és munkaerő felhasználásával, nagyobb mozgásterük lesz eszközeik tervezésében és megépítésében a mérnöki vállalkozók reneszánszát teremtve meg. A mérnöki munkaerő megváltozik, ahogy egyre több mérnök dolgozik otthon nagyobb, decentralizált mérnöki vállalatok tagjaként, vagy független vállalkozóként.

A számítógéppel segített tervezés (CAD), az anyagok, a robottechnika, a nanotechnológia és a biotechnológia terén megjelenő technológiák valószínűleg együttesen alakítják át a mérnökök munkavégzésének mikéntjét. A gyorsabb feldolgozás³³ és hálózati sebességek³⁴ rövidesen lehetővé teszik a jövő mérnökeinek, hogy egész termékeket rendszerként, és ne különálló darabokként tervezzenek meg.³⁵ Így a mérnökök lehetőségei bővülnek és bárhol elvégezhető, összetettebb terveket tesznek lehetővé.

A Rohit Talwar, futurista virtuális világokat, mint a Második Élet, emelt ki, mint egyikét az új technológiáknak, mely azt alakítja át, hogyan érzékeljük a valóságot. A virtuális világok hamarosan igazán interaktív környezetekké válhatnak, a kollégákkal való kapcsolattartáshoz.³⁶ A CAD rendszerekben végbemenő fejlődéssel együtt, a gépészmérnökök elmélyedést biztosító, interaktív környezetben dolgozhatnak, ahol együttműködve tervezhetnek, hipotéziseket vizsgálhatnak, modelleket és szimulációkat futtatathatnának és megalkotásukat három dimenzióban figyelhetnék, nagyon hasonlóan ahhoz, ahogy egy mérnök, kollégáival együtt, egy autó építését követheti nyomon a műhelyben.³⁷

Az otthon telepített személyes összeállítások könnyen hozzáférhetőek lesznek a számítógéppel segített tervezésnek valóságossá tételéhez. A gyors prototípust gyártó³⁸ és megmunkáló laboratóriumok³⁹ egyre jobbak, és rövidesen azok számára is megfizethetők lesznek, akiknek otthoni irodáik vannak, tanítanak, és akik hobbitevékenységként feltalálnak, vagy építenek. 20 éven belül valószínűleg az otthon dolgozó feltalálók gazdaságilag vonzóak és bárki, akinek szüksége van, számára hozzáférhetőek lesznek.⁴⁰

A mérnökök független üzemeltetőkként működhetnek, kapcsolatot teremtve kollégáikkal a világon. Tervezhetnek otthon fejlett számítógéppel segített tervező rendszerekkel (CAD), vagy az egész világon, más kollégáikkal együttműködve, virtuális világokban. Otthon

telepített szerkesztői technológiát tudnak majd használni sok tervük tesztelésére. A jövő mérnökeinek jobb eszközeik lesznek önálló feltalálóként, független vállalkozóként, és az egész világról származó mérnöki tehetségre építő, elosztott vállalkozások munkavállalójaként karriert építeni.

KÖVETKEZŐ LÉPÉSEK EGY 2028-AS KÍVÁNT JÖVŐ FELÉ

A 2028-as Gépészmérnökök Jövőjéről szóló Globális Csúcstalálkozó lehetőséget teremtett a világ gépészmérnök vezetői reprezentatív csoportjának a világunkban végbemenő változások áttekintésére, és annak kifejezésére, hogy az érintett gépészmérnökök milyenek lehetnek az előttünk álló kihívásokkal kapcsolatban. A szakma képes tanulni és tudományágát, valamint gyakorlatát úgy igazítani, hogy az elkövetkező 20 év nagy kihívásaira és nagy hozzájárulásaira adott válaszokat meghatározza. Vajon gyakorolja-e a szakma az elkötelezettségét és eltökéltségét, hogy az emberi élet minőségével kapcsolatban ugyanolyan jelentős legyen a jövőben is, mint amilyen a történelemben volt? Vajon hajlandók a vezetők a mérnöki megoldások kialakításának élére állni egy globálisan fenntartható világ számára, ahol a kritikus erőforrások nem elégségesek, és túl sok ember számára az élet alapvető szükségletei elérhetetlenek?

Az előttünk álló kritikus út sokkal kevésbé a gépészmérnöki tudományról, mint műszaki tudományágról és sokkal inkább azokról a választásokról szól, melyeket a szakmai vezetők meghoznak. Vajon hajlandók lesznek vezető szerepet vállalni az üzleti- köz- és magánélet minden vonatkozásában? Vajon soraikba fogadják azokat, akik különféle utakon jártak, hogy tehetségüket egy olyan világnak ajánlják, melynek megoldásokra van szüksége? És, mennyire kész a szakma más, az iránymutatásra köteles szervezetekkel és ágazatokkal együttműködni és partneri kapcsolatot kialakítani, egy, egyetlen intézmény vagy szakma ellenőrzéséhez túlzottan bonyolult, és kölcsönös függőségben álló világnak?

Ha a problémákat jobban meg lehet határozni és egyetlen vállalatra vagy országra szabni, másfajta szakértelem és vezetési stílus jobb eredményt hozhatna. Ahogy a gépészmérnöki tudomány 2028-ra tekint, a vezetők a sokszínű szakértelemmel és tapasztalattal bíró embereket fogják értékelni. Ők fogják ezt a globális szakmát összetartani, hogy betartsák a technológia embereket szolgáló ígéretét. Mindenütt ők fogják a férfiakat és nőket lelkesíteni, hogy elhiggyék a nagy kihívások összetartásra hívó kiáltások egy olyan szakmához, mely kész a kalandra, a nehéz problémákat megvalósíthatóvá tenni.

GLOBÁLIS FOLYAMAT A KÍVÁNATOS JÖVŐNK MEGHATÁROZÁSÁBAN VALÓ RÉSZVÉTELHEZ

ASME nagy hagyományokkal bír a gépészmérnökök jövőjét valószínűleg alakító tendenciák és kérdések tanulmányozásában. Az elmúlt évtizedben, a kutatás határozottan arra az időre utalt, amikor a globális környezet a szakmát legalább annyira, ha nem jobban, befolyásolta, mint a nemzeti vagy helyi körülmények. A 2008-as környezetvédelmi átvilágításhoz, ASME 19 országból, az ipar, az elméleti szakterületek és kormányok képviselőiben több, mint 120 mérnök és tudományos vezetőt hívott össze egy globális csúcstalálkozóra annak elgondolására milyen lesz a gépészmérnöki tudomány napjaink és 2028 között. A csúcstalálkozót 2008. április 16. és 18. között tartották a Nemzeti Mérnökakadémián Washington D.C.-ben.

ASME partneri kapcsolatba lépett az Alternatív Jövő Intézettel (IAF), hogy segítsen a csúcstalálkozó résztvevőinek felkészülni a tőlük telhető legjobb teljesítményre, a változás legjelentősebb erőinek előrejelzésében. IAF a mérnöki tudomány jövőjéről, a múltbeli ASME környezeti átvilágításokról és jövőre vonatkozó ismertetőkről szóló fontos jelentéseket, valamint kapcsolódó jelentéseket, és más tudományágak vezető gondolkodóinak tájékoztatóit és írásait tekintette át. Az IAF fókuszcsoportokat is vezetett az ASME Nemzetközi Kongresszusán és Kiállításán, a tagokról pedig a világhálón keresztül készített felmérést annak meghatározására, milyen tendenciákat és kérdéseket tartanak jelentősnek. IAF a környezet-átvilágítási jelentésében a változás kilenc hajtóerejét nevezte meg a csúcstalálkozó résztvevői számára, a jövőbeli összefüggések keretében.⁴¹

Az ASME vezetők operatív bizottsága és a végrehajtó személyzet a 2028-as jövőképek globális keretét nyújtani képes előadókat és vezetőket hívott meg. Két nap alatt intenzív csoport megbeszélések három fordulójában, a Gépészmérnökök Jövőjéről szóló Globális Csúcstalálkozó résztvevői egyetlen cél érdekében dolgoztak: a szakmát az elkövetkező 20 évben a nagy kihívások és nagy hozzájárulások élén tartani képes közös jövőkép elemeinek meghatározásán. Sok prioritást és lehetőséget vizsgáltak meg és együttműködtek, hogy ezt a reményt a jövőjükre nézve kifejezzék: a gépészmérnöki tudomány olyan mérnöki megoldásokat fog kialakítani, melyek egy tisztább, egészségesebb, biztonságosabb és fenntarthatóbb világot segítenek elő.

Rohit Talwar, futurista, a londoni Global Futures and Foresight első számú vezetője, nyitotta meg a konferenciát a világ előtt álló nagy kihívásokat, és a gépészmérnökök jövőben betölthető szerepét vizsgálva. Ahogy a lakosság száma Afrikában és Ázsiában nő, a globális gazdaság súlypontja is el fog mozdulni. Ez a népességnövekedés energia alternatívákat és fenntartható fejlődést igényel. A gépészmérnököknek szabadjára kell engedniük fantáziájukat, hogy ezeknek a kihívásoknak megfeleljenek, és jelentős mértékben hozzájáruljanak a fejlődéshez. Talwar Dubait említette példaként, ahol a mérnöki munka fantáziával párosult, jelentős eredményeket nyújtva a társadalom számára. Dubai az innováció új területére fektet be és grandiózus projekteket új szállodákkal, mint a Hydropolis, az első víz alatti luxus üdülőhely, és az Al-Taqa Energia Tornyt, egy kereskedelmi toronyház, tervezett saját energiaszükséglete kielégítésére, minden kibocsátás nélkül.

Charles M. Vest, az Amerikai Egyesült Államok Mérnökakadémiájának elnöke, nyitotta meg a gépészmérnökök előtt álló nagy kihívások és jelentős hozzájárulások feltárásával megbízott vitafórumot. Technológiai szempontból, Vest előrejelzése szerint, a mérnökök előtt álló legnagyobb lehetőségek a biotechnológia, a nanotechnológia és az információs

technológia területén lesznek. A technológia átáramlása az apró és „mega-méretű” rendszerektől lesz a XXI. század nagy története. Jelentős előrelépést jelzett az energia, a fenntarthatóság, a biztonság és az egészségügy területén.

G.K. Pillai, egy Nehézipari Vállalat, egy indiai nehéz gépkovácsoló gyártó elnöke és ügyvezető igazgatója, történelmi áttekintést nyújtott annak bemutatására, hogy a gépészmérnöki tudomány a társadalmi változás legjelentősebb előmozdítója. Előretételezve, Pillai a civilizáció egésze előtt álló legfontosabb kihívásoknak a természeti erőforrások elapadását, a szennyezés ellenőrzését, a globális felmelegedést, a vízhiányt, a népességnövekedést és a fejlődő országok javuló körülményeit jelezte előre.

Masaki Shiratori, a japán Gépészmérnök Szövetség elnöke, számos, a Gazdasági, Ipari és Kereskedelmi Minisztérium számára készített „technológiai útitervet” mutatott be. A Társaság konkrét technológiákra összpontosít, mint például a magas hőmérsékletű hőfluxus hő csökkentés, hőszivattyús meleg vízellátás, mikro- és nano-biomechanika, gépjárművek üzemanyag- és energiahatékonysága. Ezek az útitervek a technológiák lehetséges fejlődését, és az idők során, a lehetséges társadalmi és gazdasági hatásait mutatják. Egy évenként rendezett „Gép Napról”, mely a gépészmérnökök társadalmi hozzájárulását ünnepli, valamint 2007-ben a Szövetség fennállásának 110-ik évfordulójának megemlékezésére vállalt ünnepélyes projektek soráról beszélt.

Maria Prieto-Laffargue, a Mérnöki Szervezetek Világszövetségének megválasztott elnöke, rámutatott, hogy a „nagy kihívások és jelentős hozzájárulások nem lehetnek helytállóbbak, mivel a kihívásokra a XX. századtól teljesen eltérő módon kell válaszolnunk”. Sürgette a résztvevőket, reagáljanak a gépészmérnöki tudomány kulcsszerepére, melyet egy kölcsönösen egymástól függő tudásgazdaságban játszhat.

Lu Yongxiang professzor, a kínai Tudományos Akadémia elnöke, és a kínai Gépészmérnökök Egyesületének elnöke, azt a szerepet hangsúlyozta, melyet a tudomány és a mérnöki tudomány a társadalom kialakulásában és fejlődésében játszott. Lu megjegyezte, hogy az alapvető technológiák és tudományágak egy Internet által összekapcsolt, és növekvő mértékben tudásalapú társadalomban összefonódnak. Ezt a folyamatot, tette hozzá, a tudomány és technológia értékeinek változása és a kulturális sokféleség iránti továbbra is meglévő tisztelet kíséri.

Deborah Grubbe, A BP International Csoport Biztonságért és Ipari Higiéniáért felelős alelnöke, meglátásait a Vegyészmérnökök Amerikai Intézetének vezetőjeként osztotta meg. A mérnöki munka, tevékenységi körét tekintve, egyre nemzetközibb, kiterjedtebb és interdiszciplinárisabb, a vállalatoknak mégis alapos műszaki szakértelemmel kell rendelkezniük.

Miguel Yadarola, a Pánamerikai Mérnökakadémia elnöke, azt az aggodalmát osztotta meg a hallgatósággal, hogy sok latin-amerikai országban a mérnökképzés a szakmai magatartások fejlődését elbátortalanító elméleti és elvont tudáson alapul. Az inkább tudományorientált mérnöki tudományon kívül, érvelése szerint, a szakmának a gépészmérnökök képzésére is figyelmet kellene fordítani, hogy ismereteiket a lehető leghatékonyabban használják termékek és szolgáltatások biztosítására.

James Duderstadt, Michigan Egyetem Tudományos és Mérnöktudományi professzora és nyugalmazott elnöke, megjegyezte a mérnöki tudományt a globalizáció és a tudásgazdaságban való részvételből korábban kizárt emberek képessége hajtja. Ennek ellenére, miközben a mérnöki tudomány olyan területeken, mint Kína és India, növekszik,

a fejlett országokban megbecsülése viszonylag alacsony, és az Egyesült Államok kormánya jelentősen csökkentette támogatását. Több világszínvonalú mérnök képzésének kulcsa, ahogy elmondta, a képzés bővítése, más, elismert hivatásokhoz, mint az építészmérnöki és jogi, hasonlóan.

Mark Burgess, a Boeing Phantom Works részleg főmérnöke, a repülőmérnöki tudomány, pályája során bekövetkezett, követelményeinek változásaira tekintett vissza. Burgess rámutatott „1970 és 1983 között, ennek az időszaknak a kezdetén, a Fortune 500 vállalat összesen egyharmada lépett ki az üzletből”. A változásokkal való lépéstartás nemcsak a túlélés miatt szükséges, hanem egyszerűen a versenyképesség megtartásáért is. Három tényezőt, a fejlődő információtechnológiát, a kialakuló mérnöki módszereket és a változó üzleti modelleket nevezte meg, mint amelyeknek óriási hatásuk lesz a következő nemzedékre ezen a területen. 30 évvel ezelőtt a Boeing projekt csapatok központi helyről dolgoztak. Ma a vállalat élen jár abban, hogy globális csapatokra támaszkodik, de, véleménye szerint, ezeknek a csapatoknak még sokat kell tanulniuk a hatékony kommunikációról, az egész világra vonatkozó projektek esetén.

A csúcstalálkozó előadói és résztvevői tanulási és stratégiai megbeszéléseiket a globális társadalom előtt álló nagy kihívásokra és a gépészmérnökök jövőbeli világa számára szükséges kritikus kompetenciákra és tudásra összpontosították. A következő rész foglalja össze a csúcstalálkozó előadóinak legfontosabb megfigyeléseit, és a változás hajtóerőivel foglalkozó IAF környezetátvilágítási jelentés eredményeit.

ASME ezt a csúcstalálkozóról szóló jelentést, előadásokat és jövőről szóló kutatást a világ gépészmérnöki szakmájának, különféle szakmai szervezeteinek, az iparnak, az elméleti szakterületeknek, kormányoknak és a nagyközönségnek ajánlja erőforrásként. Ez a 2028-as jövőkép lehet a nagy együttműködés kezdete, hogy a világ megkapja a gépészmérnöki tudománytól, amire a leginkább szüksége van napjaink és 2028 között.

JEGYZETEK

¹ Az olajhozam csúcs pontos idejéről intenzív vita folyik. Miközben az alternatív energiaforrások sehol sem tudják a globálisan szükséges energiát biztosítani, vita van annak mértékéről amennyire egy másik fosszilis tüzelőanyagot, a szenet petróleum válthatná fel középtávon.

Duncan, R. (2003) Three World Oil Forecasts olajhozam csúcstermelést jelez előre. *Oil and Gas Journal*.

² Sok tudós érvelése szerint ez a pont inkább előbb, mint később jön el. Néhány újabb becslés szerint ez a fordulópont akár már 2010-ben bekövetkezhet, ha nem vagyunk már túl rajta.

Fairbridge, R. (2006. augusztus) Globális felmelegedés és a fordulópont. *International Journal of Environmental Studies*, 63 (4).

³ A Világbank (2004) *Vízforrások ágazati stratégia: Stratégiai irányok a Világbank részére*. 2007. 11. 28. a következő helyről:

http://www.wds.worldbank.org/servlet/WDScontentServer/WDSP/IB/2004/06/01/000090341_20040601150257/Rendered/PDF/28114.pdf

Lásd még: Alcamo, J., Henrichs, T., Rosch, T. (2000) *Világ Víz 2025-ben: Globális Monitorozás és forgatókönyv elemzés a Vízrel foglalkozó Bizottságnak a XXI. századra*. Earthscan Publications.

⁴ ITT iparágak (2006) ITT iparágak útmutató a globális vízkérdésekhez. 2007. 11. 28 a következő helyről:

<http://www.itt.com/waterbook/toc.asp>

⁵ Energia információs adminisztráció (2007) Nemzetközi Energia Kilátások 2007. Amerikai Energiaügyi Minisztérium. 2007 11. 15 a következő helyről:

<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>

⁶ Egy lakh = 100 000 rupia (körülbelül 2 500 amerikai dollár vagy 1 700 euró). A Nano 2 hengeres hátulra szerelt gázmotort használ (623 cc) a belső tér maximalizálása érdekében. Könnyű karosszériája és kis motorja segít a hatásos, gallononként 50 mérföld elérésében.

(2008. január 10.) „Népaútó” Indiából. *The Economist*. 2008. 12. 03. a következő helyről:

http://www.economist.com/business/displaystory.cfm?story_id=10498699

⁷ C.K. Prahalad professzor terjesztette elő, egy fogyasztói bázis kiépítésének gondolatát a szegények számára, megalapozott üzleti stratégiaként a *The Fortune at the Bottom of the Pyramid* (Vagyon a piramis alján) című könyvében. Ugyanez a logika, a szegények vállalkozási lehetőségeinek megteremtése, húzódott meg a 2006-os Béke Nobel díjnak a Grameen Bank és megalapítója Muhammad Yunusnak való odaítélése mögött.

Prahalad, C.K. (2006) *The Fortune at the Bottom of the Pyramid*. Wharton School Publishing

⁸ A Mérnökök Határok Nélkül, egy globális nem profit érdekeltségű humanitárius szervezet, melyet a fejlődő közösségekkel való partneri kapcsolat érdekében építettek ki

világszerte, az élet minőség javítására. A partnerség fenntartható mérnöki projekteket hajt végre nemzetközileg felelős mérnökök és mérnökhallgatók bevonásával és képzésével párhuzamosan. A Mérnökök Határok Nélkül tevékenységei a fejlődő közösségek által, külső segítség nélkül, birtokolható és működtethető fenntartható rendszerek megépítésétől a közösségeket, helyi, műszaki, menedzseri és vállalkozói készségek fejlesztésével történő erősítéséig terjednek.

Engineers without Borders- International (2007). 2007. 11. 10. a következő helyről:
<http://other90.cooperhewitt.org/>

⁹ Charles M. Vest a két rendszer növekvő fontosságát körvonalazta a csúcstalálkozón, de a témáról részletesebben az Nemzeti Mérnökakadémia (NAE) éves találkozásán, 2005. október 10-én szólt. Ezek a részletek egy Charles M. Vest: Mérnökképzés 2020-ra és azon túl című NAE cikkben szerepelnek, hozzáférhető:
<http://www.engineeringchallenges.org/cms/7126/7639.aspx>

¹⁰ Indiában, 2005-ben háromszor annyi mérnököt képeztek, mint az Egyesült Államokban és kétszer annyit, mint egész Európában. A mérnöki tehetség növekedése Indiában meghökkentő, még akkor is, ha ezek a számok a négy évnél rövidebb képzésben részesülő információtechnológiai szakembereket és mérnököket is magukba foglalják.

Mallaby, S. (2006. január 2.) Indiában, mérnöki siker. *The Washington Post* A13 oldal. 2007. november 6. a következő helyről:
<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/01/02/AR2006010200566.html>

¹¹ Kína radikálisan növeli a tudományra és mérnökképzésre, valamint K+F-re fordított kiadásait. Kínában az összes K+F tevékenységre fordított kiadás 500 %-kal nőtt, az 1991-es 14 milliárdról a 2002-es 65 milliárd amerikai dollárra. Az odaítélt doktori fokozatok száma Kínában szintén 50szerezre nőtt 1984 óta.

Hicks, D. (2004. nyár) Ázsiai országok erősítik kutatásaikat. *Issues in Science and Technology* 20 (4):75-78.

¹² Jelenleg Mexikóban több mérnökhallgató iratkozott be nappali képzésre (451 000 diák), mint az Egyesült Államokban (370 000).

ASME Stratégiai Kérdések, Lehetőségek és Tudás Bizottság (2006. július) *Mexikó ontja a mérnököket*. ASME

¹³ E rész lábjegyzetében, IAF becsléseket szolgáltatott a fejlődő országok mérnökeiről és mérnök hallgatóiról. Nem jár veszély nélkül. A kemény számok összegyűjtése ezen országok számára kihívást jelenthet. A különféle tehetségű és készséggel rendelkező mérnökök összehasonlításának is megvan a veszélye. Kínában és Indiában is más az oktatás színvonala, mely komoly, minősített tanárok hiányával párosul – a mérnökök közül sokan nem felelnének meg mérnöknek az Egyesült Államokban és legjobb esetben is csak technikusok lehetnének.

Bracey, G. W. (2006. május 21.) Hallott a 600 000 kínai mérnökről? *The Washington Post*. 2007. 11. 19. a következő helyről:
<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/05/19/AR2006051901760.html>

A legjobb tanulmányt, mely a mérnököket azonos mércével hasonlítja össze az Egyesült Államokban, Indiában, és Kínában, a Duke Egyetem készítette. Kizárólag a mérnök B. Sc. fokozatokat tekintve, az Egyesült Államok sokkal jobban teljesít, 137 437 mérnököt képez az indiai 112 000-rel és a kínai 351 537-rel szemben 2004-ben. Lakosságszámra vetítve, az Egyesült Államok még mindig több B. Sc. és az alatti fokozatot ad 1 millió állampolgárra számítva, mint Kína és India.

Gereffi, G. V. Wadhwa, B. Rissing, K. Kalakuntla, S. Cheong, Q. Weng and N. Lingarmneni (2005) *A mérnöki munka kihelyezés vita átfogalmazása: az Egyesült Államok azonos játéktérre helyezése Kínával és Indiával*. Duke University. 2007.12. 11. a következő helyről:

http://memp.pratt.duke.edu/downloads/duke_outsourcing_2005.pdf

¹⁴ Az egykor, mérnökök által végzett rutin műszaki feladatok közül sokat ma mér gépek vagy szoftver programok végeznek el. Ez a tendencia az elkövetkező 20 évben folytatódik, ahogy a fejlődés az A.I.-ban és robottechnikában tovább gyorsul. A kreatív készségek fontos versenyelőnyt jelentenek a mérnököknek. Mérnökiskolák növekvő száma nyújt a diákoknak elméleti képzést és ipari gyakorlatot a kreatív innováció terén.

Alternatív Jövők Intézete (2005) *A gépészmérnökök globális jövőjét alakító hat stratégiai kérdés*. ASME.

Pink, D.H. (2005. február). A jó agy bossúja. *Wired*. 2007. 12 13 a következő helyről: <http://www.wired.com/wired/archive/13.02/brain.html>

Richards, L.G. (2005 tavasz) Mindennapi kreativitás: Az innovációs tervezés elvei: Cutting Ed Online; James Madison Egyetem, Integrált Tudomány és Technológiai Tanszék. 2007 12. 13. a következő helyről: <http://www.isat.jmu.edu/cuttinged/spring05/creativity.html>

¹⁵ A 2007-es ASME Kongresszuson az IAF által vezetett fókuszcsoportok során, számos résztvevő a gépészmérnökök probléma-megoldási képességét nevezte a jelenlegi mérnökök fő jellemzőjének, ami legalább annyira, vagy még fontosabb, lesz a jövőben. Különösen a változás gyorsuló üteme, a fenntartható fejlesztés új módjainak azonosítását jelentő kihívással együttesen, teszi próbára a jövő mérnökeinek probléma-megoldó készségeit.

Alternatív Jövők Intézete (2007) *A gépészmérnöki tudomány jövője, 2028: Fókusz csoport kutatási prioritásai*. ASME

¹⁶ Az élethosszig tartó tanulás egy nagyon egyszerű elképzelés, az hogy a formális és informális tanulás egy egyén egész életét végig kíséri. Sok vállalkozás, szakszervezet és más szervezetek támogatják a munkavállalók körében az élethosszig tartó tanulást, hogy a gyorsan változó világgal lépést tudjanak tartani. A politikacsinálók, fontos versenyelőnyként, szorgalmazzák a dolgozók számára az élethosszig tartó tanulást egy egyre versengőbb globális gazdaságban. Egyéni szinten, a távtanulás sokaknak teremtette meg a lehetőséget, hogy lépést tartsanak, és jóval a felsőfokú tanintézetek befejezése után is, oktatásban részesüljenek.

Graham Guest (2006. március) Élethosszig tartó tanulás mérnökök számára globális összefüggésben. *The Engineers Journal*: 60:2. 2007. 11. 15. a következő helyről:

http://www.engineersireland.ie/uploads/Files/EngineeringMagazines/%7B04EF9B7BC14647BB9BE5DCCB5BCC0705%7D_LIFELONGLEARNING.PDF

Organisation for Economic Co-operation and Development (2007. április) Képesítések és élethosszig tartó tanulás. 2007. 12. 13. a következő helyről:

<http://www.oecd.org/dataoecd/10/2/38500491.pdf>

¹⁷ A mérnöki tudomány nemzetközi jellege könnyen tetten érhető az Egyesült Államokban. Az Egyesült Államokban a mérnökök negyede külföldi születésű, és a külföldi születésű mérnökök a doktori fokozatra jelentkezők több, mint 60 %-át alkotják az amerikai tanintézetekben.

National Science Board. (2006) Tudományos és Mérnöki Mutatók 2006. Két kötet. Arlington, VA: National Science Foundation (1. kötet, NSB 06-01; 2. kötet, NSB 06-01A).

Ausztrália emeli az országban képzett és dolgozó külföldi mérnökök számát. Mérnöki tanulmányokat folytató külföldi diákok diplomáinak száma az összes diplomások körében az 1994-es 9 %-ról a 2003-as 30%-ra nőtt.

Cockbain, P. (2006) Mérnöki képesítésű migráció. Mérnökök Ausztráliában. 20007. 10. 30 a következő helyen:

http://www.engineersaustralia.org.au/shadomx/apps/fms/fmsdownload.cfm?file_uuid=18F73A3A-DCA4-578B-D2B5-408FCA18B14E&siteName-ieaust

¹⁸ Az Egyesült Államokban az egészségügyi rendszer a szolgáltatások iránti nagyobb kereslettel, magasabb költségekkel és az alapellátásban dolgozó orvosok hiányával küzd, sok orvostanhallgató jövedelmezőbb szakterületeket választ. Sok egészségügyi rendszerrel kapcsolatos kérdésre a válasz az „egészségügyi kiegészítők”, mint orvos-asszisztensek és ápolási gyakorló szakemberek alkalmazása. Mindkettőnek magas fokozata van (általában 2 év) az orvostudományban, és orvos felügyelete alatt dolgoznak. Mindkettő gyorsan bővülő szakma. Az orvos asszisztensek a 4. leggyorsabban növekvő szakma az Egyesült Államokban.

Más fejlett országok az Egyesült Államokhoz hasonló problémákat tapasztalnak, és az „orvos kiegészítők” számát próbálják növelni. Kanada, az Egyesült Királyság, Ausztrália és Hollandia, az egészségügyi rendszerbe orvos-asszisztenseket bevonó kísérleti projekteket folytatnak, és a programjaik során végző orvos-asszisztensek számát próbálják növelni.

David McCabe (2008. augusztus 28.) A következő hullám: „Orvos-kiegészítők”? Canadian Medical Association Journal. 2008. 02. 19. a következő helyről:

<http://www.cmaj.ca/cgi/content/full/177/5/447>

¹⁹ Annak ellenére, hogy nem univerzális sok országban, ahol a műszaki mérnököt úgy határozzák meg, mint aki 2 vagy 4 évet fejez be egy műszaki mérnöki területen, ez a modell.

²⁰ T. Friedman (2005) *A világ lapos: a XXI. század jobb története*.

²¹ Annak ellenére, hogy a Wikipédia a leghíresebb és sikerebb wiki, sok magánszervezet és csoport hasznosított wiki technológiákat, saját célra, információs adatbázisok létrehozására. Egy ilyen érdekes példa az Egyesült Államok hírszerző

ügynökségei. Az Egyesült Államok hírszerző közössége az Intellipediát hozta létre, kémek és FBI ügynökök számára, szupertitkos wikiként szupertitkos információ megosztására.

Michael Seringhaus (2007. nov. 2.) „Intellipedia”? CIA csatlakozik a wiki mozgalomhoz. Yale Daily News, 2007. 12. 17. a következő helyről:

<http://www.yaledailynews.com/articles/view/18753?badlink=1>

²² A virtuális világok eredetileg többjátékos játékok kiegészítőiként alakultak ki. A virtuális világok, mint például a Második Élet, melynek már több, mint 6 millió lakója van, növekedésével, a virtuális világok már nemcsak a játékokra koncentrálnak, hanem a kommunikáció, az információ, az üzlet és a társadalmi élet portáljaivá váltak.

(2007. november) A holnap technológiái röviden. *ASME stratégiai kérdések és tendenciák röviden*. ASME Stratégiai Kérdések, Lehetőségek és Tudás Bizottság.

²³ Két nyílt forrású program verseng közvetlenül a Microsofttal és jelentős részesedést szerzett a piacból. Firefox, egy 2004-ben elindult rivális világháló böngésző 2008. januárra a piac közel 17 %-át szerezte meg a marketsher.net szerint. A Linux operációs rendszer közvetlenül verseng a szerver piacon és több, mint 12 %-ot szerzett a piacon a piacvizsgáló IDC szerint.

Piaci részesedés statisztika Firefox részére, 2008. 2. 20. következő helyről:

<http://marketshare.hitslink.com/report.aspx?qprid=0&qpdt=1&qpct=3&qpcal=1&qptimeframe=M&qpsp=108>

Piaci részesedés statisztika Linux számára, 2008. 2. 20. a következő helyről:

<http://www.linux-watch.com/news/NS5369154346.html>

²⁴ Az innováció nyílt forrású modelljeinek, úgy tűnik, korlátai vannak (lényeges, hogy a termékfelhasználók megfizethető áron tesztelhesék és módosíthassák termékeiket), de ezek a korlátok tágulnak. A Nyílt Forrású Autó egy jó példa. Ez ideig egyedülállóan sikertelen volt. Ennek ellenére, ahogy a gyártás egyre decentralizáltabb lesz, nagyon jó esély van arra, hogy a nyílt forrású gyártás életképesebb lesz.

Lásd <http://www.theoscarproject.org/>, <http://www.osgv.org/>, és

<http://www.autoindetoekomst.nl/website/> a nyílt forrású autóra tett különféle kísérletek – még egyikének sem kellett működő prototípust létrehoznia.

²⁵ Azok, akiket érdekel a szellemi tulajdon jog története, kevés jobb összefoglaló van, mint az Innovation Needs Patents Reform (Az innovációnak szabadalmi reformra van szüksége). William Kingston a szellemi tulajdon történetét kitűnően mutatja be Amerikában, egyúttal egyedi feltalálóra építő alapítványokat, vállalati K+F fejlesztéseket, és 1952-ben, a gyógyszerészeti vállalatok kérésére, a szabadalmi törvény átdolgozását és a jelenlegi költségről és reformról szóló vitákat.

W. Kingston (2001) *Innovation Needs Patent Reform*. *Research Policy*: 30.

²⁶ Azt a tényt tükrözi, hogy az összetett technológiákban sokkal nehezebb az innovációt biztonságosan védeni. A szellemi tulajdonnal, a számítógépek és gépjárművek terén, sokféle módon lehet foglalkozni, hogy egy cég alapvetően ugyanazt a terméket, de kicsit eltérő alkatrészekkel hozhasson létre. Vegyi anyagok esetén nem ez a helyzet, mivel a végeredmény bizonyos molekulák pontos formájához szorosan kapcsolódik. Ipari vezetők

már jelezték előre, hogy erős szellemi jogi szabályozók nélkül, a gyógyszerészeti innováció 75%-kal vagy akár többel is csökkenhet. Más iparágakban, a szellemi tulajdonjog egyáltalán nem ilyen fontos, helyette a cégek a titkosságot, a termelési folyamat időtartamát és a tanulási görbéket értékelik, mint az innovációból megszerezhető nyereség mértékét.

Cohen, Walsh, és Nelson (2000. febr.) Szellemi javaik védelme: Elnyerhetőségi feltételek és az Egyesült Államokban a gyártó cégek miért folyamodnak szabadalomért (és miért nem). *National Bureau of Economic Research*.

²⁷ A Nemzetközi Migráció Világbizottsága által nyilvántartott növekedési arányon alapuló előrejelzés nemzetközi ki- bevándorlókra. Az előrejelzés körülbelül 2,8 %-os éves növekedést feltételez a 2000-es 200 millióra becsült nemzetközi ki- bevándorlóhoz képest. Ez összhangban áll az 1975 és 2000 között kétszeressé nőtt nemzetközi ki- bevándorlók számával, habár az szélesebb alapról indult.

Nemzetközi Ki- bevándorlók Világbizottsága (2005) Vándorlás egy összekapcsolt világban: Új cselekvési irányok. 2007. október 31. a következő helyről: <http://www.gcim.org/attachements/gcim-complete-report-2005.pdf>

²⁸ *The Economist* (2007. augusztus 27.) *Zsebvilág számokban: Legnagyobb lakosságszámok*. 2007. november 3. a következő helyről: www.economist.com

²⁹ A sokszínűség üzleti esete gyakran idézett innovációt a többes szempontok eredményeként az iparágak széles körében. Lásd például:

Van der Vegt, G.S. (2003) Az egymástó való függés és csoport-sokszínűség együttes hatása az innovációra. *Journal of Management*, 29 (5).

³⁰ Nanosolar már elkezdte a vékony napelemek gyártását körülbelül 1dollar/watt költségen az ár folyamatos csökkenése és a teljesítmény növekedése várható. Technológiájuk látható: www.nanosolar.com. A Popular Science nemrégiben nevezte a vékony napelemet 2007 újításának.

Michel Moyer (2007) A napelem új hajnala. *Popular Science*. 2007. 12. 15 a következő helyről: http://www.popsci.com/popsci/flat/bown/2007/green/item_59.html.

³¹ A nanotechnológiával segített gyógyszer-továbbítási rendszerek már igen fejlettek, számos rendszer máris a piacon van. A fejlesztések közé jobban injekciózható gyógyszerek, beültethető gyógyszer-továbbító rendszerek, tabletták, tapaszok és helyi felhasználású krémek jobb formái tartoznak.

(2005. július 3.) Nanotechnológia a gyógyszer-továbbítás forradalmasítására. *InPharm Technologist*. 2007. 12. 18 a következő helyről: <http://www.in-pharmatechnologist.com/news/ng.asp?id=58523-nanotechnology-to-revolutionise>.

³² Az Arizona Állami Egyetem kutatói új technikát dolgoztak ki töltéssel ellátott réz részecskék molekuláris szinten történő kezelésére. A technológia, ha kereskedelmi termelésre használható, egytizedköltségű és 1000-szer energiahatékonyabb lesz, mint a jelenlegi flash memória meghajtók.

Lásd: http://www.wired.com/gadgets/miscellaneous/news/2007/10/ion_memory a nanotechnológiáról és számítógépes memóriatárolásról szóló információhoz.

³³ Mióta Gordon Moore egy 1965-ös, az Electronics folyóiratban megjelent cikkben leírta a Moore törvényt, a számítógépes teljesítmény exponenciálisan nőtt és a számítógépes használat költsége ennek megfelelően csökkent. Moore törvénye az a megfigyelés, hogy egy adott áron rendelkezésre álló számítógépes teljesítmény minden 18 hónapban megduplázódik. Moore törvénye valószínűleg állandó marad a következő 10-20 évben, amikor is számos ígéretes technológia létezik az alacsony költségű számítógépes teljesítmény fejlesztésének továbbvitelére.

(2007. nov. 13.) Moore törvénye. *The Economist*. 2007. 12. 10. a következő helyről: http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=10128167

(2004. márc. 11.) Miért nem minden a sebesség? *The Economist*. 2007. 12. 10. a következő helyről: http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=E1_NQSSDGP

(2007. dec. 6.) Hafnium és csipek. *The Economist*. 2007. 12. 10. a következő helyről: http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=10202680

S.V. Sreenivasan, C. Grant Willson, és Douglas J. Resnick (2004. április) Kisbetű. Gépészmérnöki Tudomány. 2007. 12. 10. a következő helyről: <http://www.memagazine.org/backissues/membersonly/april04/features/nanosmpr/nanosmpr.html>

³⁴ A következő öt-tíz évben, a világ nagy része hozzáfér a széles sávhoz. A fejlett világban, WiMax és Wireless Mesh Hálózat oldja meg az utolsó, a vidéki területekre eljuttatandó széles sáv problémáját. A városokban, a fejlődő világban folyamatosan kerül száloptikai kábel az otthonokba. Ezek a száloptikás kábelek több szolgáltatást nyújtanak és gyorsabbak, mint a jelenlegi szélessávú sebesség. A kutató laboratóriumokban még nagyobb kapacitású, vezetékes és vezeték nélküli szuper széles sávú technológiák állnak fejlesztés alatt. Amennyiben ezek közül a technológiák közül egyesek a laboratóriumokból piacra kerülnek, még jobb vezetékes és vezeték nélküli hálózati technológiával találkozhatunk, melyek vezetékes és vezeték nélküli széles sávot nyújtanak a jelenlegi sebességek többszörösén az elkövetkező 15-20 évben.

(2007. július) A jövő technológiai röviden. *ASME Stratégiai kérdések és tendenciák röviden*. ASME Stratégiai Kérdések, Lehetőségek és Tudásbizottság.

John Toon (2006. március 16.) Optikai vezeték-nélküli konvergencia: Új hálózati felépítés egyidejűleg szuper széles sávú vezetékes és vezeték-nélküli szolgáltatást nyújt.

³⁵ A nagy- és kisméretű rendszerek mérnöki tudománya a jövő mérnökei előtt álló legfontosabb kihívások egyike (lásd a Mérnöki Többszintű Rendszerek részt részletesebb információért). A CAD rendszerek következő generációja, melyek teljes mértékű rendszertervezést tesznek lehetővé, fontos, új eszköz lesz a mérnököknek, de olyan, mely a mérnöki tudomány új szempontját igényli.

³⁶ A virtuális világok nagy üzletté válnak. Az olyan társaságok, mint az IBM és Toyota dollár milliárdokat fektettek a virtuális világokba, mint amilyen a Második Élet, források

megteremtésére. A virtuális világoknak még hosszú utat kell megtenniük. Az Internet korai változataihoz hasonlóan, a tévesztések, a működési hibák és a szerver összeomlások általánosak. A bejáratott vállalkozások csak az utóbbi időben kísérleteznek virtuális világokkal, és még mindig tanulják a legjobb gyakorlatokat a virtuális világoknak tanulásra, együttműködésre és hálózatépítésre való felhasználásához. 2028-ra azonban, sokkal szilárdabb és összetettebb virtuális világok fognak a virtuális világok ezen korai változatai helyébe lépni, az előbbieket együttműködést és hálózatépítést tesznek lehetővé, mérnökök között három dimenzióban.

(2007. november) A holnap technológiái röviden. *ASME Stratégiai kérdések és tendenciák röviden*. ASME Stratégiai Kérdések, Lehetőségek és Tudás Bizottság.

³⁷ Az elmélyülő, interaktív környezetek gondolata az IAF 2029-es projektjére rendezett munkatalálkozó eredménye, mely egy széles alapokon nyugvó jövőbetekintés volt a kutatásra és fejlesztésre a bio-orvosi K+F-ben. Információ- és kommunikációs technológiai szakértők jelentős része érezte, hogy az individualizációban, beszéd felismerésben és érintésismeretben végzett fejlesztések ösztönzik a virtuális világok fejlesztését, ahol a kutatók új módokon tudnak együttműködni.

Jonathan Peck and Craig Bettles (2005) A 2029-es jelentés: Egy etikus jövő elérése Bio-orvosi K+F-ben. Alternatív Jövő Intézete. 2005. 12. 10. a következő helyről:
<http://www.altfutures.com/2029/The%202029%20Report.pdf>.

Jean Thilmann (2004) Kapcsold fel a villanyt. Gépészmérnöki tervezés. 2007. 12.10. a következő helyről:
<http://www.memagazine.org/supparch/medes04/thelight/thelight.html>

³⁸ A gyors prototípus alkotás olyan technológiák gyűjteménye, melyek tárgyakat közvetlenül CAD adatokból alkotnak, anyagrégeket hozzáadva és összekötve új tárgyak építése érdekében. A gyors, prototípust készítő gépek, mint a 3D nyomtatók **akár 5 000 dolláros áron** hozzáférhetőek. Vállalkozó egyének akár 2 500 dollárért építhetnek **nyílt forrású prototípus gépeket**. Ezek az árak valószínűleg továbbcsökkennek a következő öt-tíz évben, éppen ahogy a hagyományos papírnyomtatók ára is drámai módon csökkent.

(2007. nov.) A legjobb a 2007-es újdonságok közül: Nyomtassa ki a saját részeit. *Popular Science*. 2007. 12. 11. a következő helyről:
http://www.popsci.com/popsci/flat/bown/2007/hometech/item_79.html

³⁹ A gyártó laboratóriumok (fab lab) kisméretű műhelyek, eszközökkel, ahol szinte bármi létrehozható. Az általános szerszámok közé lapanyagok vágására alkalmas vágóeszközök, számítógépes marógépek, esztergapadok, 3D-s nyomtatók és nyomtatott áramkörös kartonlemez-gyártó rendszerek tartoznak. Egy gyártó laboratórium költsége körülbelül 20 000 dollár. A Massachusetts Technológia Intézet (MIT) Bit és Atom Központja (CBA) jobb **gyártó laboratóriumokat segít elő és fejleszt**, és nem elégségesen kiszolgált közösségekbe juttatja el, Bosztontól Ghánáig. A cél, hogy ezek a közösségek képesek legyenek termékeket és megoldásokat tervezni és létrehozni olyan problémák esetén, melyeket nagy vállalatok soha sem fognak megoldani, és ennek során feltalálókat, valamint vállalkozókat nevelni azoknak a közösségeknek, amelyeknek a leginkább szükségük van rá.

⁴⁰ Neil Gershenfeld, a CBA mérnöke és igazgatója, hiszi, hogy a ma gyártó laboratóriumai végül egyetlen, egyetemes gyártóvá válnak, melyek majdnem bármit meg tudnak csinálni.

20 éven belül a gyártók az emberek számára teszik lehetővé, hogy fejükben bármit megteremtsenek, a terveket pedig az Interneten keresztül megosszák egy „nyílt forrású” gyártó világ megteremtése érdekében. Ez a gyártást demokratizálná, mindenki számára lehetővé tenné, hogy nyílt forrású tervet készítsen és hozzon létre, vagy vegyen elő egy sor termék számára.

(2005. június 9.) Hogyan lehet (majdnem) bármit elkészíteni? *The Economist*. 2007. 12. 11. a következő helyről:

http://www.economist.com/search/displaystory.cfm?story_id=E1_QDTPDQ

Michelle Delio (2004. szeptember 9.) Ghána gyártó laboratóriumot kap. *Wire Magazine*. 2007. 12. 11. a következő helyről:

<http://www.wired.com/science/discoveries/news/2004/09/64864>

Neil Gershenfeld (2005) *Gyártó: Az eljövendő forradalom az ön íróasztalán a személyi számítógéptől a személyes gyártásig*. Perseus Books Group: Cambridge, MA

⁴¹ Alternatív Jövők Intézete (2008) *A gépészmérnöki tudomány jövője 2028*. ASME. Hozzáférhető: www.asme.org.