Az ergonómia új irányzata – az emberi tényezők vizsgálata a szervezet szintjén

Tárgyszavak: makroergonómia; emberi tényező; szervezeti kultúra; folyamatvezérlés; változáskezelés; munkaszervezés; határfelület.

Az ergonómia görög eredetű szó, „munkaszabályok”-at jelent. Fogalmában nincs semmi új, elsőként 1857-ben jelent meg egy lengyel újságban. Alkalmazására mégis csak 1949 után került sor, amikor a háború utáni újjáépítés újraélesztette ezt a fogalmat, hogy rámutasson az emberek és a gépek közötti kölcsönhatás fontosságára. A petrolkémiai ipar tervezésében pl. csak az 1980-as évek végén kezdtek érvényesíteni ergonómiai szempontokat.

Az ergonómia a klasszikus definíció szerint az emberi tényezők – a dolgozó fizikai és szellemi képességei és korlátai – valamint a gépek és berendezések között a munkahelyen fennálló kölcsönhatás tudománya. Az ergonómia szükségessé teszi, hogy ismerjük az alkalmazottak munkavégzésének minden vonatkozását, és azt a kölcsönhatást, amelyet a munkavégzés során az emberek a különböző munkaeszközökkel és rendszerekkel egymásra gyakorolnak.

Ergonómián sokan sok mindent értenek, a fogalom használata még ma sem egyértelmű. Az ergonómia egyik fő alkalmazási iránya szerint a munkahely és a munkaeszközök kialakításának és a munkahelyi környezetnek az emberre, az emberi testre és annak működésére gyakorolt hatását vizsgálja. Célja a munkahelyeken az emberek egészségének, jó közérzetének és biztonságának megőrzése, és ezáltal a termelékenység növelése.

A makroergonómia speciális szemlélete

A makroergonómia a nagyléptékű szervezeti struktúrák javítására koncentrál, és a vele kapcsolatos várakozások is nagyok. Egyes kutatá-

sok szerint 60–90%-os hatékonyságjavulást is eredményezhet, vagy a szervezeti kultúra alapvető megváltozását – ami persze nehezen definiálható és elérhető cél. A rendszer megváltoztatása csak mindazon tényezők megértése birtokában lehetséges, amelyek befolyással vannak a dolgozókra és a technológiára.

Gyakran előfordul, hogy egy projekt folyamán olyan lényeges változások következnek be a külső körülményekben, amelyek szükségképpen kudarcra kárhoztatják a mikroergonómiai megközelítést. A makroergonómia nagyobb figyelmet szentel a környezet és a többi rendszer kölcsönhatásának, és a rendszer részének tekinti a regionális, a politikai, a jogi és az oktatási erőforrásokat is.

A következő kérdés az, hogy mi minősül „nagyléptékű" változásnak. Ennek eldöntéséhez figyelembe kell venni a munkahely méretét (amit pl. a dolgozók számával jellemezhetünk) éppúgy, mint a változás komplexitását. A munkahely méreténél a 100 fő alatti szervezeteket „kicsinek", a 100–250 közöttieket „közepesnek", az annál nagyobbakat „nagynak" tekintjük. Ezek nem önkényes határok, empirikus adatgyűjtésen alapulnak, ami arra utal, hogy ezeknél a létszámhatároknál általában változik a szervezeti struktúra is.

A szervezeti rendszer bonyolultságát jellemezni lehet az eljárások számával és az eljárások során fellépő változás mértékével is. Eszerint pl. egy közepes vállalatnál a vállalati kultúra átalakítása mindenképpen nagyléptékű változásnak számít, ugyanakkor a website megváltoztatása egy nagyvállalatnál kisléptékű változásnak minősül, mert a teljes rendszernek viszonylag kis részét érinti. A működési jellemzők is sokdimenziósak, mindegyiknek megvannak a maga kritériumai és ellenőrzési pontjai. Ezek használatával a nagyléptékű változást úgy is megpróbálták definiálni, mint e változók egyikének legalább 50%-os javulását, vagy ennél kisebb léptékű megváltozását, de rövid idő alatt.

A lehetséges hatások

A makroergonómia bevezetése önmagában is egy új szemléletet jelent azzal, hogy a vállalati kultúrát a szervezet központi értékeivel próbálja definiálni. A nagyléptékű változásokkal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy itt mindenképpen *szükséges* változásokról van szó.

A nagyléptékű változások általában stratégiai döntések következményei, és ezeknek kapcsolatban kell állniuk az egész szervezet céljával. Ha ez a feltétel nem teljesül, vagyis ha a vállalatvezetés havonta ve-

zet be „javítást célzó programokat”, az emberek belefásulnak, és akaratlanul is ellenállnak a próbálkozásoknak.

Valós változást csak az eredményez, ha a lokális akciók sikerei egy pozitív trendre épülnek rá és nem fordítva. A működés mérésére különböző hatékonysági, termelékenységi, minőségi, megelégedettségi és költség–haszon mutatókat lehet használni, amelyek egy része szubjektív természetű, mások jól mérhetőek. Ehhez jön még az innovativitás és a rugalmasság, amelyek a többi kritériummal együtt folyamatábrákban és input-output modellekben elrendezhetők.

A változás folyamata

A változás megtervezése mindig valamilyen állapotfelméréssel kezdődik, amelyben összevetik a jelenlegi állapotot a kívánttal. Ezután indulhat meg a tervezés, amelynek része a célhoz elvezető út kialakítása és az ellenőrzési módszerek meghatározása.

Meg kell határozni a változás célját, a végrehajtási stratégiákat, de foglalkozni kell az esetleges ellenállással is, vizsgálni kell azokat az erőket, amelyek gyorsíthatják vagy lassíthatják a változást, és meg kell határozni az egyéni felelősségi köröket. Az előkészítés fontos része a kulcsszereplőkkel előzetesen készített interjú.

A változás fázisainak leírására több elmélet is született, amelyek közül az egyik legáttekinthetőbb az egyik legkorábbi, a 40-es évekből származó leírás, amely „olvadásról”, „változásról” és „befagyásról” beszél. Ezt lehet további részlépésekre osztani, vagy figyelembe lehet venni olyan kimeneteleket is, hogy az új rendszer nem „fagy be” a kívánatos új állapotba, vagy fennmaradnak az eredeti, megváltoztatni szándékozott viselkedési módok is stb.

Az alábbiakban egy, a fentiekre épülő bővített séma lépései következnek:

Az átalakítandó rendszer céljainak meghatározása

Ebben a fázisban kell definiálni, hogy miért is van szükség a változásra. Meg kell határozni, hogy a rendszer mely egysége vagy egységei szorulnak változtatásra. Azonosítani kell az érintetteket, fel kell mérni hozzáállásukat, és meg kell becsülni a változtatás sikeres végrehajtásának esélyét.

A környezeti igények meghatározása

Meg kell keresni a külső érintetteket, azonosítani kell jelenlegi és jövőbeli igényeiket. Ennek fényében kell megtervezni az igényekre adott válaszokat és az erre legalkalmasabb szervezeti változásokat.

A változás filozófiája, a változás „chartájának” megszerkesztése

A változás filozófiájának és alapértékeinek meghatározása után meg kell szerkeszteni egy alapokmányt, amelyet a változtatás támogatóival (rendszerint a vállalat főbb menedzsereivel) meg lehet vitatni.

A szervezet tagjainak képzése

A változások megindítása előtt a szervezet tagjait célszerű elméleti és főként gyakorlati képzésben részesíteni a változások céljával és módszereivel kapcsolatban.

A változás szervezetének kialakítása

Ki kell alakítani egy tervezőcsoportot, amely rendszeresen találkozik a változást „levezénylő” irányító bizottsággal. Kidolgozzák a változás kommunikációját, a résztvevők körét, meghatározzák a szükséges forrásokat. A tervezőcsoport elvégzi a tervezett változás részletes analízisét, annak eredményeit megvitatja az irányítókkal, majd végül az egyeztetett véleményt megosztják a szervezet többi tagjával.

Az átszervezési javaslatok kidolgozása

Ebben a fázisban megvizsgálják a bemeneti változókat, és tisztázzák a kívánatos kimeneti értékeket. Tervjavaslatokat fogalmaznak meg, amelyeket költséghatékonysági elvek alapján szisztematikusan végigvizsgálnak. Ennek alapján bizonyos javaslatokat kiválasztanak és megvitatják az irányító bizottsággal.

A javasolt változtatások kivitelezése

A megvalósításra szánt programokat bemutatják a szervezetnek és megvitatják a menedzsmenttel. Ha a felső vezetés áldását adja rá, ki le-

het alakítani a végrehajtási programot. Az alkalmazottakat és az elöljárókat képzésben részesítik, majd végrehajtják a programot.

A változások kiértékelése, szükség esetén módosítása

A folyamatos javítás érdekében kiértékelő rendszert kell kialakítani. A begyűjtött adatokat össze kell vetni az elvárásokkal, majd az eredményeket meg kell ismertetni a szervezettel és a vezetőséggel. Ha szükséges, módosítani kell.

A munkakultúra teljes körű átalakítása

A makroergonómiai beavatkozások gyakran eredményeznek változást a munkakultúrában. A szervezeti kultúra szorosan kapcsolódik a szervezetben fennálló normákhoz, íratlan szabályokhoz, elvekhez, gyakorlatokhoz. Minden szervezetnek megvannak a maga rítusai, hősei és fenegyerekei, szimbólumai és viselkedési normái. A kultúrát meg kell különböztetni a szervezeti légkörtől. Az első állandó és mindent átható, az utóbbi pedig a kritikus eseményekre adott időleges reakciókat jelenti.

A vállalati kultúra megváltoztatásának több módja van. A nagyobb vállalatpolitikai változások befolyásolják a kultúrát, és ezt a vezetőség is kezdeményezheti. A szervezeti vezetők viselkedésének megváltozása is elvezethet a vállalati kultúra átalakulásához. A vezetőknek példát kell adniuk a megváltozott viselkedésre vonatkozóan, ha elvárják azt, hogy beosztottjaik kövessék őket. A szelekció és a képzés is hozzájárulhat a kulturális változáshoz.

Ma sok vállalatnál szelekciós szempont olyan személyek kiválasztása, akiknek személyes hozzáállása összeegyeztethető a vállalati kultúrával. Ezt szolgálják a szerepjátékoktól a személyiségtesztekig mindazok a módszerek, amelyeket gyakran alkalmaznak a felvételek során – bár ezek etikusságát és jogosságát jó néhányan megkérdőjelezik. A felvétel után a legtöbb vállalatnál igyekeznek tréningek és egyéb módszerek segítségével fejleszteni és megerősíteni azokat a személyiségjegyeket, amelyek megfelelnek a vállalati kultúrának.

Végül a munkarend tudatos megváltozása is eredményezheti a vállalati kultúra megváltozását. Ha ez együtt jár a politika, a vezetés megfelelő változásával és megfelelő begyakorlással, talán ez a módszer a leghatékonyabb a felsoroltak közül. A folyamat a vállalat méretétől függően akár évekig is eltarthat.

Emberi tényezők szervezeti szintű vizsgálata – esettanulmány

Emberitényező-program alatt a továbbiakban egy olyan összefüggő projektrendszert értünk, amelyet közös stratégiai célok kötnek össze. Határozott kezdete és vége van, meghatározottak a forrásai és mérhetőek a céljai. Egy-egy ilyen program általában több évig tart. Sokkal hosszabbat azért nem érdemes indítani, mert ennyi idő alatt rendszerint a célok maguk is megváltoznak.

Éppen hosszú időtartamuk miatt az emberitényező-programokat érdemes a költséghatékonyság szempontjából is vizsgálni, hiszen a definiált anyagi források és a mérhető célok is alkalmassá teszik ilyen vizsgálatok végrehajtását. Az ipar nem szívesen vállalkozik költséges programokra, amelyek nem kecsegtetnek jelentős eredménnyel, és ahol a siker vagy a kudarc nem mérhető. Mivel a program sok projektből áll, nehezebb elrejteni a sikerteleneket, és reálisabb képet lehet kani a folyamat egészéről.

Az emberitényező-programok vizsgálata azért is hasznos lehet, mert megmutatja, hogy kellő eszközök és operatív hatáskör biztosítása esetén milyen eredményeket érhet el a komplex rendszerekkel foglalkozó szakértő gárda. Az emberi erőforrások területén dolgozó szakembereknek rendszerint korlátozott költségevetés áll a rendelkezésére és nem kapnak igazi beleszólást a dolgokba, ezért nehéz is felbecsülni, hogy mit érhetnének el valós, ipari léptékű problémák megoldásában. Az iparnak is látnia kell a valós költségeket és az elérhető nyereséget.

A költségek számítása hasonlóan történik más jellegű projektekhez, jóval nehezebb azonban pontosan megbecsülni a „hozamot”, hiszen ritka események elkerüléséről van szó, amelyekre kevés a statisztika és nehezen mérhetők a hatások – különösen a program élettartamán belül. Mégis vannak módszerek egy emberitényező-program hatásainak mérésére.

Az első kritérium maga az a tény, hogy valós viszonyok között hozzálátnak az elméletben kidolgozott program végrehajtásához. Ez azt jelenti, hogy a tervezők és az operatív vezetők elég fontosnak látják az emberitényező-program szakértőinek munkáját ahhoz, hogy tevékenységük során figyelembe vegyék javaslataikat. A második szempont az, ha bizonyos hibalehetőségeket vagy olyan eseményeket, amelyek egyébként megtörténhettek volna, az emberitényező-program keretében sikerül eleve kiküszöbölni. Ezzel a biztonsági rendszer kevésbé érzé-

kennyé válik a hibákra (hacsak a változtatással újabb hibaforrásokat nem vezetünk be).

Végül a harmadik kritérium az, ha egy létező biztonsági rendszerben felismernek egy hibát, és azt sikerül az emberitényező-program keretében kijavítani vagy megszüntetni. A változás akkor tekinthető igazán pozitívnak, ha nem csupán a kockázati szint időleges csökkenését, hanem tartós javulását sikerül elérni. A legobjektívebb eredmény természetesen az, ha mérhetően sikerül csökkenteni a balesetek, vagy a potenciálisan balesethez vezető események számát. Mivel a vizsgált esetben viszonylag rövid idő állt rendelkezésre a kiértékeléshez, csak az első két kritériumot alkalmazták a hatásvizsgálatnál.

A vizsgált emberitényező-program

1987 után, amikor Ukrajnában bekövetkezett a csernobili baleset és az Egyesül Királyságban is sor került biztonsági felülvizsgálatokra (Sizewell B reaktor), nagy figyelmet fordítottak a nukleáris létesítmények biztonsági helyzetének javítására. Csernobil esetében nyilvánvaló emberi hibák játszottak szerepet a baleset kialakulásában, míg a brit biztonsági problémáknál az ergonómiai kérdések kerültek előtérbe, ezért indítottak el az akkor még tervezés és építés alatt álló Sizewell nyomott vizes reaktorral kapcsolatban egy emberitényező-programot.

A programot a biztonsági és nem a tervezési osztály vezette, ezért a résztvevők maguk nem terveztek semmi konkrét műszaki dolgot, csak felülvizsgálták a már meglevő terveket, és szempontokat adtak a további tervezéshez. A biztonsági osztály feladata volt a veszélyanalízis és az emberi tevékenységek megbízhatóságának vizsgálata.

A program célja az volt, hogy lehetőleg kiküszöböljön minden olyan katasztrofális eseményt, amely emberi hiba vagy hanyagság miatt következne be, vagy minden olyan eseményt, amelyet emberi beavatkozással meg lehetne előzni. További cél volt a biztonsággal kapcsolatos problémák számának reális minimumra szorítása, a hibafeltárás hatékonyságának javítása, valamint a hibatolerancia csökkentése. Különös figyelmet fordítottak a radiológiai kockázatokra (kritikus események, kontamináció, szivárgások stb.) és ahol más, ipari jellegű veszélyforrásokat észleltek, azt átadták a megfelelő biztonsági részlegnek. A három éves programnak kilenc prioritása volt:

1. Az ergonómiai ***határfelületek*** (interface*)* megtervezése.
2. Az ***eljárások*** megtervezése.

3. ***Tréningmódszerek***, különös tekintettel az újszerű és a nem túl gyakran előforduló tevékenységekre.
4. ***Személyzeti politika*** és minősítés – annak biztosítása, hogy megfelelő személyzet áll rendelkezésre a normál és a rendkívüli feladatokra is.
5. ***Reakcióképesség*** vészhelyzetben – annak biztosítása, hogy rendkívüli helyzetben a működtetők megfelelő eszközökkel rendelkezzenek a szükséges válaszadásra, és helyre tudják állítani az üzem stabil működését.
6. ***Munkaszervezés*** – meg kell vizsgálni, hogy a menedzsment miként járulhat hozzá a biztonsági problémák megelőzéséhez. Csernobil után új „biztonsági kultúrát" kellett elsajátítani.
7. A biztonsági ***információ*** megfelelő ***áramlása*** – a tervezési fázisban összegyűlt biztonsági információkat el kell juttatni az operatív személyzetnek, és biztosítani kell, hogy a biztonsági szempontok „élő" módon jelen legyenek a cég vezetőinek és dolgozóinak tudatában.
8. ***Biztonsági analízis*** – veszélyforrások és minden olyan tevékenység vizsgálata, amelyek befolyásolhatják a kockázatokat, az emberi hibák valószínűségének vizsgálata, a kockázatcsökkentési módszerek megállapítása, dokumentálás és a biztonsági információ eljuttatása a működtető osztályoknak.

A négyéves (1987–1991) periódusra mintegy 15 emberévnyi erőforrás állt rendelkezésre. A program egy emberrel indult, majd a csúcsán öt állandó és nyolc külső alkalmazottja volt. A résztvevők egy kivétellel – aki mérnök volt – mind képzést kaptak emberi erőforrás területén. A szakembereknek bejárásuk volt az épülő, de még nem működő intézménybe és más kisebb, de már működő intézményekbe, valamint rendszeresen részt vettek a tervező csoport megbeszélésein és értekezletein. A fő megrendelő magának az intézménynek a biztonsági osztálya volt, amely felelős volt a teljes biztonsági rendszer kidolgozásáért és működtetéséért, de megrendelő volt bizonyos értelemben a tervezésért és a működtetésért felelős részleg is.

Az alkalmazott módszerek és az elért eredmények

A projekt egyik legfontosabb része a ***határfelületek megtervezése*** volt. A munka kezdetekor bizonyos részlegek tervezése már befejeződött, mások még tervezés alatt álltak. A munka a két ellenőrző terem és sok száz, az üzemben elhelyezett kijelző és ellenőrző műszer felülvizs-

gálatával kezdődött. Egyes ellenőrző panelek nagyon könnyen értékelhetők voltak, másokra önmagukban külön kutatást kellett szánni. Egyedül a központi ellenőrző terem, amely a létesítmény középpontja, hathónapos vizsgálatot igényelt. A kiértékeléshez a következő módszereket használták:

- Hierarchikus feladatanalízis: a határfelületek használatának és normális működésének megértése.
- Táblázatos feladatanalízis és emberi hibaanalízis: a határfelületek dinamikus felhasználásának vizsgálata, valamint a hibák és félreértések forrásainak felderítése.
- Táblázatos forgatókönyv-analízis (csak a kulcsfontosságú rendszerekre) – a vészhelyzetben vagy rendkívüli esetben való működés vizsgálata.
- Időkihasználás vizsgálata (csak az ellenőrző termekre) – annak meghatározása, hogy van-e elég személyzet normál helyzetben és a rendkívüli helyzetekben a feladatok ellátására.
- Ergonómiai ellenőrző lista – a tervek részletes vizsgálata, pl. olvashatóság, a véletlen aktiválás valószínűsége, összekeverhetőség, használat könnyűsége stb.

Az ellenőrző listákat úgy kellett kialakítani, hogy minden ellenőrző panelra használhatók legyenek. Külön figyelmet fordítottak a vizuális panelekre, amelyekre nézve kevés korábbi tapasztalat állt rendelkezésre, így itt ki kellett alakítani a megfelelő módszertant. A vizsgálatnak ez a része kb. négy évet vett igénybe az üzem különböző pontjain, és erre összesen kb. négy emberévet fordítottak, bár a feladatanalízis eredményeit más helyeken is felhasználták.

Külön érdemes kitérni arra, hogy a videókijelző egységeket (VDU) a HAZOP kockázatkezelési módszer adaptált verziójával vizsgálták, és már a vizsgálat elején azonosítottak egy olyan hibalehetőséget, amely ugyan nagyon valószínűtlen, de katasztrofális következményekkel járhatna. A tervezés átalakításával sikerült elérni, hogy ilyen esemény ne fordulhasson elő. A program e részének néhány főbb eredménye az alábbiakban foglalható össze:

- Általános színkódrendszer bevezetése az összes ellenőrző és vezérlőpanel kijelzőire az üzem egész területén. Több száz fénykijelző, felirat stb. cseréjére volt szükség.
- Sok egyedi panelt átkonfiguráltak, hogy megjelenésük rendszerezettebbé váljon; további feliratokat és jelzéseket alkalmaztak.

- Sok kijelző képét megváltoztatták az átláthatóság érdekében; több, a feladathoz kapcsolódó információt jelentettek meg rajtuk, megváltoztatták a színkódokat stb.
- Egyes ellenőrző paneleket jelentősen megváltoztattak, egy esetben az egész videókijelzőt eltávolították.
- Néhány helyi állomás fizikai felépítését megváltoztatták, hogy könnyebben használhatóak legyenek, vagy kényelmesebbek legyenek a hosszú használat során.
- A központi ellenőrző teremben megváltoztatták a világítást, hogy ne legyen csillogás a képernyőkön.
- A vészleállító paneleket a központi ellenőrző teremben egy célzott vizsgálat után nagyrészt áttervezték. Ennek során a kijelzőket és az ellenőrző egységeket a funkcionalitás és az egymásutániság elvei szerint rendezték el, hierarchikus jelölést alkalmaztak, ami elősegítette e ritkán használt kijelző gyors érzékelését. A hangjelző rendszert úgy változtatták meg, hogy a felelős személyeket riassza, de a többieket ne zavarja fölöslegesen.
- Tervezési alapelveket állapítottak meg a munkahelyek kialakításával kapcsolatban, mind a működtető, mind a felügyeleti munkahelyekre vonatkozóan. Külön megtervezték a nyolc állomás működését ellenőrző két felügyelő kijelzőjét, amelyben már működő atomreaktoroknál szerzett tapasztalatokat is hasznosítottak.
- Külön eredményként értékelhető egy belső biztonsági szabvány és egy ellenőrző lista kialakítása, amelyeket további hasonló egységek tervezésekor is hasznosítani lehet.

Az eredmények tehát széles körűek és jelentősek voltak, és központi jelentőségű elemekre (pl. vészleállító rendszer) is kiterjedtek. Az volt az általános vélemény, hogy felhasználóbarát és a felhasználók által jobban elfogadott rendszer alakult ki. Ezek akkor is jelentős eredmények, ha a javulás nem mérhető kvantitatív módon, hiszen pontosan ilyen és ilyen méretű újrafeldolgozó egység még nem épült.

Az ***eljárások*** tervezésében nem születtek ilyen sikerek a jelentős erőfeszítések (pl. szimulációs kísérletek) ellenére sem. Lehet, hogy túl korai fázisban próbálkoztak meg az eljárások javításával és áttervezésével. Mindenesetre annyi tanulság volt, hogy még egy jól átgondolt, ambiciózus programnak is lehetnek kevésbé sikeres részei.

A ***tréningek*** megszervezése az emberi tényezők figyelembevételével annál sikeresebbnek bizonyult. A majdani működtetésért felelős igazgató maga is nagy érdeklődéssel fordult az új módszerek kipróbálása felé, és a működtetésért felelős csoport tagjai maguk is végeztek hie-

rarchikus feladatanalízist, hogy ennek segítségével szervezhessék saját munkájukat és a tréningeket. A tréningmódszerek között szerepeltek a részleges és valós idejű szimulációk, irányított tréningek, hibatréningek stb. Bizonyos tevékenységekkel kapcsolatban felfrissítő tréningeket tartottak, attól függően, hogy azok milyen gyakorisággal következnek be (beleértve a vészleállást is). A párhuzamosan készülő megbízhatósági analízis eredményeit azonnal továbbították a működtetésért felelős osztályhoz, hogy azokat vegyék figyelembe a tréningek során. Ezzel a tervezési fázisban nyert tapasztalatokat mintegy „előre csatolták" a működtetési fázisba. Ezekre a tevékenységekre hat emberhónapot fordítottak. Szerencsés összhang volt a kutatást végző személyek és a befogadók között, ezért a viszonylag kisebb ráfordítás is jelentős eredményeket hozott.

A ***karbantartás és vizsgálat*** témakörében két párhuzamos vizsgálat folyt: az emberi tényezők és a megbízhatóság vizsgálata. Az emberi tényezők oldalán a berendezésekhez való vizuális és fizikai hozzáférhetőséget vizsgálták, valamint a vezérlőszervek (szelepek, fogantyúk) biomechanikai alkalmasságát. Ami a hozzáférhetőség vizsgálatát illeti, itt sokat segített egy CAD program (számítógépes tervező rendszer), amely nemcsak az üzem egészét tudta vizuálisan megjeleníteni, hanem ki tudta nagyítani a vizsgálat szempontjából fontos részleteket, láthatóvá tette, hogy mit lát adott szögből, nézőpontból a dolgozó.

A ***megbízhatósági analízis*** is megindult a karbantartás és ellenőrzés különböző műveleteivel kapcsolatban, de később a szervezet magasabb szintjein úgy döntöttek, hogy ezeket a karbantartási kockázatokat nem kell célzottan vizsgálni, mert azok nem az eszközök meghibásodási statisztikái alapján határozhatók meg. Hosszú vita alakult ki a megbízhatóságot vizsgáló mérnökökkel, de végül a programnak ezt a részét gyakorlatilag leállították.

Bizonyos eredmények azért így is születtek, így kiderült többek között (ami ma már nem meglepő), hogy a karbantartás körülményei között sok biztonsági előírást nem tartanak be teljesen. A kihagyásból eredő problémákat be lehet tervezni, és figyelembe lehet venni a tréningek során, de a szabályok megszegése nehezebben kezelhető. Hogyan figyelmeztessük a még meg sem épült intézmény dolgozóit, hogy majd tíz év múlva hanyagul kezelik a szabályokat, amikor még ki sem alakult a munkakultúra? Ezért inkább más módszert alkalmaztak.

A tervezőmérnökök adatai alapján összeállítottak egy információs anyagot arról, hogy az adott berendezést hogyan fogják használni, milyen biztonsági berendezések milyen gyakorisággal hibásodhatnak meg,

ill. milyen sorrendben és milyen mértékben lehet kikapcsolni azokat a karbantartás folyamán anélkül, hogy az általános veszélyszint túlságosan megemelkedne. Ezzel a majdani működtetők megismerkedhettek a tervezők elképzeléseivel a biztonságos működésről, arról, hogy ezeket a működtetési paramétereket adott esetben mennyire szabad „túlfeszíteni”, és azok milyen következményekkel járhatnak.

Azt is ajánlották a majdani működtetőknek, hogy évente mérjék fel az eseti és a rendszeres szabálytúllépések mértékét. Ezzel a dokumentummal azt akarták elkerülni, hogy a bhopali tragédia megismétlődhessen amiatt, hogy a felépült üzem karbantartása a tervezői szándékoktól függetlenül, adott esetben azzal ellentétesen folyik. Ha pl. a szabálysértések száma (különösen egy adott témakörben) szaporodik, az jelzi, hogy hol leselkednek veszélyek a rendszerre, és jó képet ad a biztonsági kultúra alakulásáról is.

A karbantartási részprogramnak is megvolt a maga pozitív hatása, még ha nem is annyi, mint ami lehetett volna, és amit vártak tőle. Végül is erre a munkára egy emberévet fordítottak, a folyamattervezéshez hasonlóan azonban ezek a kérdések bőségesen terítékre kerültek a kivitelezési munka során.

A ***személyzeti és minősítési*** rendszer esetében részletes idősoranalízist végeztek a két vezérlőteremmel és egy helyi termelőegységgel kapcsolatban, ami megbízható becslést adott a normál és a rendkívüli körülmények közötti működéshez szükséges személyzet számára és összetételére vonatkozóan. Ez a munka kb. négy hónapot vett igénybe és kisebb változtatásokat eredményezett az eredetileg tervezett személyzethez képest.

A működtetésért felelős egység nagyon hasznosnak ítélte meg az analízist és annak eredményét, mert a vezérlőterem működtetése meglehetősen drága humánerőforrások szempontjából is, tehát jól ki kell számítani a szükséges, de biztonságos személyzet nagyságát. Mivel az idősorok nem voltak túl bonyolultak, a kapott számokat jól lehetett használni esetleges későbbi szituációk szimulációjára és a hozzá kapcsolódó esetleges későbbi személyzeti igények becslésére.

A program ***hibabecslési*** vizsgálatának része volt a baleseti helyzetekben tanúsított válaszadási képesség felmérése. Az emberi tényezőkkel foglalkozó szakemberek az adatok birtokában azokra a feladatokra, műveletekre koncentrálhattak, amelyekben az emberi műveletek a legkritikusabbak. Eltérően az atomreaktoroktól, ahol a lehűtés során számos kritikus és veszélyes lépésre kerül sor, a fűtőelemeket feldolgozó üzem műveletei viszonylag gyorsan leállíthatók, és akkor már nem veszélyesek.

A legtöbb erőfeszítést a vészleállás megtervezésére és a hozzá tartozó kontrollpanel kialakítására fordították. Részletesen megvizsgálták a hibás döntések esetleges következményeit, hogy milyen hibák fordulhatnak elő a leállás során, és milyen manuális beavatkozások szükségesek arra az esetre, ha az automatika valamilyen okból nem működne. A vizsgálat eredményeként számos változtatást javasoltak és fogadtak el a kijelző rendszerrel és a riasztórendszerrel kapcsolatban, amiről már korábban is volt szó. A vizsgálat részeként bizonyos eljárási, és a tréninggel kapcsolatos változtatási javaslatok is születtek. Ez a munka, amelyet a program egyik legfontosabb eredményének tartanak, kb. egy emberévet igényelt.

A ***biztonsági kultúra*** vizsgálata és kialakítása a csernobili baleset óta magas prioritást élvezett, ugyanakkor egy még ki sem alakított, tervezés alatt álló üzemben nagyon nehéz ezzel kapcsolatban bármilyen reális munkát végezni. Ezért itt csak annyit lehetett tenni, hogy megvizsgálták a már akkor meglevő biztonsági előírásokat és azok betartását, de az ebben résztvevő szakemberek a program befejeződése után is intenzív részt vállaltak a biztonsági kultúra kialakításában, illetve az ezzel kapcsolatos kutatásban. Erre a munkára kb. egy emberévet fordítottak.

Az ***információáramlás*** elég intenzív volt, mert az emberi tényezőkkel foglalkozó szakemberek nagyon sokat látogatták a majdan megépülőhöz hasonló, de annál kisebb intézményeket, hogy tanulmányozhassák az aktuálisan végzett munkát, és ott szerzett tapasztalataikat azonnal átadták a tervezési részlegnek.

Ezzel a tervezők nemcsak arra nézve jutottak információhoz, hogy hogyan végzik jelenleg a munkát, hanem arra nézve is, hogy mely megoldásokat szeretnek, illetve melyeket tartanak veszélyesnek vagy nehézkesnek. Ez különösen olyan tervezők esetében volt jelentős, akik alvállalkozóként dolgoztak a projekten, tehát csak közvetett kapcsolatban álltak a szakmával. Mindez jelentős időt felemésztett, bár ezt a tevékenységet a tevékenységanalízis részeként végezték, így külön tételként nem jelentkezett. Az előrecsatolásról a működtetéssel és a tréningekkel kapcsolatban már korábban esett szó.

A kockázatbecslés során ***emberi megbízhatósági analízist*** (HRA) is végeztek. Mivel az újrafeldolgozás során rengeteg esemény veszélyességét kellett vizsgálni és felmérni, kezdettől foga szisztematikus megközelítést alkalmaztak, hogy kiegyensúlyozott, és a prioritásokat figyelembe vevő megoldások szülessenek. A leghasznosabbnak a már az adott területen működő, rokon tevékenységet végzők gondosan vezetett

baleseti jegyzőkönyveinek vizsgálata bizonyult, ezek segítségével lehetett legjobban kialakítani a módszertani keretet, az ún. humán megbízhatósági menedzsment rendszert (HRMS), amelynek egyszerűsített változatát alkalmazták a konkrét vizsgálatokban.

Az analízis eredményeként számos javaslatot tettek a működtetésre, elsősorban a határfelületekre (pl. vészjelzésekre) valamint a tréningekre vonatkozóan, hogy jobban fel lehessen ismerni, és el lehessen hárítani a veszélyhelyzeteket. Néha csak további védelmi elemeket kellett beiktatni, máskor jelentős újratervezési munka vált szükségessé. Ez a feladatkör emésztette fel a források majdnem felét, összesen hét emberévet, de eredményeit azóta is sikeresen alkalmazzák a felépült üzemben.

Költség–haszon szempontok

A program jelentős erőforrásokkal dolgozott: 15 emberév (átlagosan 50 000 GBP/év/fő + önkéntesek, tanulók stb.) összesen kb. 1 M GBP értékben. A gazdaságossági elemzés elég nehéz, mert a program hátterében az a félelem állt, hogy akár egyetlen hiba nemcsak leálláshoz, de az egész intézmény bezárásához vezethetne. Ilyen balesetek legvalószínűbben emberi hibákból eredhetnének, és a megbízhatósági analízis valóban fel is tárt jó néhány, előre nem látott emberi hibalehetőséget, amely veszélyeztethette volna az intézmény működését.

Az intézmény vezetői úgy ítélték meg, hogy 1 M GBP elfogadható ár ahhoz, hogy csökkentsék az emberi hibákból adódó lehetőségek számát. Ez persze nem azt jelenti, hogy könnyű szívvel adták a pénzt – az egész munka folyamán demonstrálni kellett, hogy a vizsgálatnak megfogható eredményei vannak. A program elején néhány gyors siker volt szükséges ahhoz, hogy komolyabb pénzügyi források álljanak rendelkezésre.

A költségeket más szempontból is meg lehet vizsgálni. Most a javasolt változtatásokra még a tervezési fázisban került sor, ami néhány ezer óra többletmunkát eredményezett. Ha azonban minderre akkor kerül sor, amikor már az üzem megépült, vagy akár csak ha már elkezdődött a gyártás – a költségek ennek ezerszeresére rúgtak volna.

Az üzemeltetésért felelős csoport saját értékelés szerint az, hogy megtanulták a hierarchikus feladatanalízis módszerét, önmagában felére csökkentette számukra a feladatok megoldásához szükséges időt, ami több emberév megtakarítást jelent. A kijelző egységek áttervezése nemcsak a biztonság, de a működtetés területén is hozott előnyöket (fölösleges újraindítások elkerülése, nagyobb hatékonyság a jobb áttekinthető-

ség miatt stb.). Becslések alapján azt lehet mondani, hogy csak a működtetési hatékonyság javulása olyan megtakarításokat eredményezett, amelyek többszörösét tették ki az egész program költségeinek.

Összeállította: Pál András

Irodalom:

[1] Gates, E.: Advantage ergonomics. = The ROSPA Occupational Safety and Health Journal, 34. k. 1. sz. 2004. p. 38–42.

[2] Kleiner, B. M.: Macroergonomics as a large work-system transformation technology. = Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 14. k. 2. sz. 2004. p. 99–115.

[3] Kirwan, B.: An overview of a nuclear reprocessing plant Human Factors programme. = Applied Ergonomics, 34. k. 5. sz. 2003. szept. p. 441–452.

[4] Smith, K.; Walker, B.:Integrating ergonomics. = Intech, 51. k. 3. sz. 2004. p. 38–41.