

Módszertani útmutató

a veszélyes üzemek idővel történő fokozatos
romlásából fakadó kockázatok értékeléséhez



Belügyminisztérium
Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
Budapest, 2021. január

Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

Országos Iparbiztonsági Főfelügyelőség

Veszélyes Üzemek Főosztály

A jelen útmutatóban foglalt ajánlások, módszertani megközelítések nem minősülnek egyedüli jó megoldásnak, vagy jogi iránymutatásnak, illetve állásfoglalásnak.

A módszertani útmutató hazai és nemzetközi tapasztalatok és gyakorlatok megosztásával kínál lehetséges megoldási javaslatokat, amelyek alkalmazása nem kötelező.

Belügyminisztérium
Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

Szerzők:

Almási Csaba (Bács-Kiskun MKI), Domján Iván (BM OKF), Dr. Mesics Zoltán (BM OKF),
Farkas Eszter (Zala MKI), Kormos Róbert (Szabolcs-Szatmár-Bereg MKI),
Laczkó Levente (BM OKF), Lillafüredi-Nagy Péter Nesztor (Pest MKI),
Nagy Attila Ádám (Vas MKI), Nagy Ferenc (Békés MKI)

Budapest, 2021. január

Tartalom

I.	Bevezetés	4
II.	A hazai üzemek állapotfelmérése	5
III.	Az értékelési módszertan elméleti háttere	6
III.1.	Kiindulási állapot	6
III.2.	Logikai felépítés	7
IV.	Vizsgálati szempontok	9
N.1.	Berendezések életkora, üzemideje	12
N.2.	Biztonsági tárgyú ellenőrzések hiányosságai	14
N.3.	Fizikai állapotromlás	15
N.4.	Csővezetékek, tartályok jelölései, feliratozásuk, tartalmuk megléte, ismertsége.....	20
N.5.	Üzemközi csővezetékek, segédenergiák, "senkiföldje"	21
N.6.	Leállások	22
N.7.	Üzemzavarok.....	24
P.1.	Fizikai védelmek	28
P.2.	Folyamatfelügyelet.....	32
P.3.	Eljárások naprakészen tartása	33
P.4.	Vállalati memória, tudás fenntartás	36
P.5.	Műszaki állapot nyomon követés, karbantartás	39
P.6.	Berendezések életútja során megváltozó állapot nyomonkövetése	47
P.7.	Karbantartásért felelős személyek szakértelme	48
V.	Javasolt vizsgálati eljárás	50
VI.	Üzemeltetői intézkedések a vizsgálati eredmény tükrében.....	52
VII.	Rövidítések jegyzéke	57
VIII.	Feldolgozott szakirodalmak.....	58
1.	melléklet.....	60
2.	melléklet.....	62

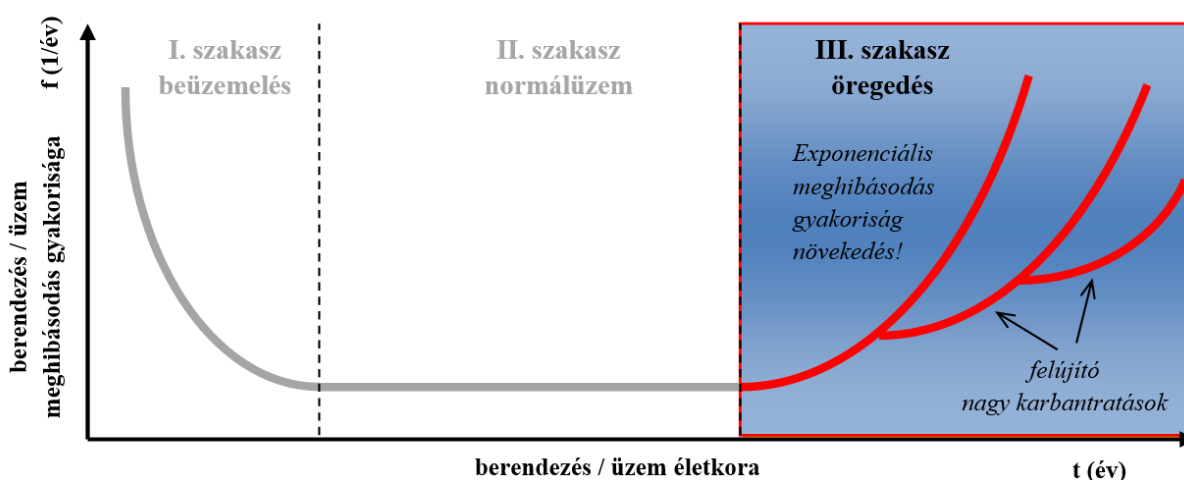
I. Bevezetés

A veszélyes üzemek idővel történő fokozatos állapotromlása, öregedése (a továbbiakban: öregedés, ageing) mind a hazai, mind a nemzetközi szakmai életben kiemelt jelentőséggel bíró biztonsági téma.

Aktualitását elsősorban az adja, hogy Magyarország, Európa, illetve világszerte is nagy számban fordulnak elő olyan veszélyes üzemi események, üzemzavarok, súlyos balesetek, amelyek alap oka visszavezethető az üzemek, fizikai berendezések életkorából, valamint az eljárások, technológiák, vállalati memória és tudás avulási folyamataiból fakadó, idővel egyre növekvő kockázatokra.

A kutatások alapján elmondható, hogy az európai veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek kb. 50%-a volt az ageing jelenségéhez köthető. 1980 és 2006 között legalább 11 emberéletet követelt, 183 sérültet és 170 millió Euró kárt eredményezett kontinensünkön a veszélyes üzemek öregedése. [1]

Az öregedés jelensége ugyanakkor nem egy konstans veszélyforrás. Az idő előrehaladtával, a veszélyes üzemek életútjának végéhez közeledve (sok esetben 50-70 éves berendezés- és eszközparkkal üzemelnek az európai gyárak) egyre gyakrabban fordulnak elő az üzemekben kisebb-nagyobb súlyosságú, öregedéshez köthető események. Ennek magyarázata elsősorban az ismert, kád-görbe jellegű függvényen keresztül érthető meg, amely kapcsolatot teremt a műszaki berendezés életkora és meghibásodás-gyakorisága között. Általánosságban az üzemelési idő csökkenti a berendezés megbízhatóságát. A tankönyvi fogalom szerint egyszerű, idővel történő fokozatos romlásról van szó, amit a berendezés kád-görbéje megfelelően szemléltet. Egy komplex üzemben azonban több száz nyomástartó és atmoszferikus berendezés (tartály, csővezeték) van, illetve több ezer mozgó alkatrészes gép, felügyeleti eszköz, amelyek szintén csak bizonyos elemeit képezik egy még összetettebb rendszernek, amelybe a személyek, a szervezet, a szabályzók, az utasítások, dokumentumok, tudás, stb. is tartoznak. Tekintettel arra, hogy egy veszélyes üzem fizikai értelemben olyan eszközök és berendezések összessége, amelyek kád-görbével jellemezhető meghibásodás-gyakoriság növekedést produkálnak életútjuk végéhez közeledve (III. szakasz), az üzem életútja maga is közelíthető ezen görbék kumulációjával.



1. ábra: Műszaki megbízhatóság kád-görbéje (Forrás: saját szerkesztés)

A fenti kifejtett problémakör feldolgozására és kezelésére számos neves nemzetközi szervezet tett erőfeszítéseket a közelmúltban. [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Az Európai Unió Közös Kutató Központja

(JRC – Joint Research Centre) szervezésében minden évben megrendezésre kerül a Seveso felügyelők éves munkaműhelye (MJV ülés), amelyen a tagállamok Seveso illetékes hatóságán felül szakértők, üzemeltetők és szakmai képviselők vesznek részt. Az MJV ülés mindenkor egy jelentős, Európai Unió szerte biztonsági kihívást jelentő témára fókuszál. A 2019 áprilisában, Máltán megrendezett MJV ülés témája éppen a *veszélyes üzemek öregedésből fakadó kockázat kezelése* volt, szintén annak aktualitása és jelentős iparbiztonsági vonatkozása miatt. [7]

Az MJV rámutatott többek között arra, hogy a nemzetközileg elfogadott elvek alapján a továbbiakban nem elég az öregedés jelenségén pusztán a fizikai állapot idővel történő fokozatos romlását érteni, azt ki kell terjeszteni további releváns aspektusokra.

Az öregedés e tekintetben egy multi-aspektusú jelenség, amelyet a gyártó berendezések műszaki állapotának idővel történő fokozatos romlásán túl további tényezők is jellemeznek. Az MJV ülésen meghatározott definíció szerint az öregedés jelensége magába foglalja a következőket:

- 1) A berendezések műszaki állapotának idővel történő fokozatos romlása (fizikai öregedés)
 - a. berendezések, technológiák
 - b. kiszolgáló épületek, infrastruktúrák
 - c. elektromos, elektronikai rendszerek
- 2) Az eljárások öregedési jelensége
 - a. dokumentációk, műveleti utasítások
 - b. szabályzatok
 - c. tervdokumentációk
 - d. IT megoldások, szoftverek, felügyeleti rendszerek
- 3) A humán öregedési jelenség
 - a. vállalati memória és tudás
 - b. szervezet
 - c. munkavállalók

Egy veszélyes üzem öregedési állapotának felmérése – amely fizikai öregedéssel érintett berendezésekből áll és amelynek eljárásai, technológiái, vállalati memóriája és tudása is ki van téve szervezeti, személyi és eljárásbeli öregedésnek – olyan modellel értékelhető, amely azonosítja és értékeli az öregedési tényezőket, valamint a tényezők közti kapcsolatokat figyelembe veszi.

II. A hazai üzemek állapotfelmérése

Jelen módszertani útmutató a veszélyes üzemek biztonságos működésének elősegítése céljából jött létre, az öregedési jelenségek felméréséhez kínálva – nem egyedül alkalmas, vagy kötelező érvényű – eszközt **a veszélyes üzemek üzemeltetői számára.**

Az útmutató az előzőekben bemutatott aspektusok figyelembevételével, egy öregedés-értékelési folyamaton keresztül hívja fel az üzemeltetők figyelmét az öregedés-kezelés fontosságára, annak érdekében, hogy előmozdítsa a jelenség által leginkább érintett üzemek, üzemszervek valós állapotának felmérését, eszközt adjon az üzemeltetők kezébe a megfelelő ellenintézkedések megválasztásához, végső soron tehát támogassa a biztonságos üzemeltetést.

A módszertan elsősorban az olyan veszélyes üzemek állapotfelmérésére alkalmas, amelyekben a technológiai egységek, berendezések meghibásodása súlyos balesetet okozhat. Az olyan veszélyes üzemek esetén, amelyek kizárólag statikus jellegű, tárolási tevékenységet folytatnak (pl.: logisztikai raktárbázisok, ahol a veszélyes anyagok önálló csomagolásának vagy belső

csomagolásának kinyitásával járó műveleteket nem végeznek), az útmutató csak bizonyos részeiben értelmezhető.

Bár a módszertan törekszik az egyszerű, viszonylag kis szakértelemmel végrehajtható szempontok előtérbe helyezésére, a felmérés teljes körűsége és a végeredmény helytállósága érdekében egyes esetekben indokolt lehet az értékelési folyamatba magasabb szakmai felkészültségű és szakképzettségű szakértőket (többek között építész, gépész, villamos, irányítástechnikai, informatikai mérnököket, karbantartásért felelős munkavállalókat) is bevonni.

Az üzemeltetők számára nyújtott módszertani segédlet kidolgozása – a műszaki állapot nyomon követéssel és karbantartással kapcsolatos BM OKF útmutató [25] kiadásával megkezdett folyamatba illeszkedve – a hazai üzemek öregedési érintettségének csökkentésére tett erőfeszítések fontos mérőföldköve, az útmutató előkészítése során meghatározott célok ugyanakkor többlépcsős folyamatként valósíthatók meg.

Az üzemeltetői módszertan helye és szerepe elsősorban abban van, hogy a nemzetközi tapasztalatok honosításával létrejött elméleti eljárásrendet valamennyi üzemeltető kipróbálhassa, gyakorlati tesztnek vethesse alá.

A jelen útmutató alapján lefolytatott üzemeltetői értékelések eredményei várhatóan felvetik az értékelési folyamat, illetve a vizsgálati szempontok felülvizsgálatának szükségességét (akár új szempontok felvétele, akár az értékelési segédletekben meghatározott „ponthatárok” vonatkozásában). A BM OKF elkötelezett abban, hogy az értékelési metódust mind az üzemeltetői igények, visszajelzések, mind az egyéb releváns forrásból szerzett tapasztalatok figyelembevételével folyamatosan fejlessze, naprakészen tartsa.

A BM OKF törekszik arra, hogy az üzemeltetőktől származó gyakorlati tapasztalatok feldolgozásával, valamint a tervezett EU szintű szakértőcsere programok során szerzett alkalmazási lehetőségek figyelembevételével jelen módszertan továbbfejlesztése a későbbiekben alkalmazhatóvá váljon ellenőrzési szempontrendszerként a hatósági feladatok végrehajtására.

III. Az értékelési módszertan elméleti háttere

III.1. Kiindulási állapot

Az olasz INAIL (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro - munkabaleseti biztosítást bonyolító nonprofit szervezet) a Seveso illetékes hatósággal (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA), ipari szereplőkkel és egyetemi kutatókkal (University of Messina) közösen kidolgozta eljárásrendjét, amely alkalmas összetett technológiát üzemeltető veszélyes üzemek öregedési érintettségének számszerű felmérésére [2]. Olaszországban 2019-től többek között ez a módszer képezi veszélyes üzemek esetén a kötelező balesetbiztosítási díjak megállapításának alapját. Lényege, hogy a multi-aspektusú öregedési jelenséget strukturáltan, lépésről lépésre elemzi, minden egyes megjelenési formájára egyszerű, kézzelfogható elemző módszert ad. Ezekkel az elemző módszerekkel az adott üzem adott berendezései pontszámokat kapnak, amelyek egy mátrixszerű összegzést követően jelzőszámmal jellemzik az adott üzem öregedési érintettségét (jelzőszámmal mutatják meg az adott üzem öregedési állapotát). Következő lépés az adott üzemeltető ageinggel kapcsolatos tudatosságának és a megtett intézkedéseinek felmérése, amely szintén lépésről lépésre strukturált és szintén egy jelzőszámot eredményez. A két jelzőszám összevetése mutatja meg végeredményként egy adott üzemben az öregedési jelenség súlyosságát.

Az olasz értékelési módszer képezte az alapját jelen módszertannak. Adaptációja során kisebb-nagyobb módosítására az alábbi elvek mentén került sor:

- mindhárom öregedési jelenség (fizikai, dokumentációs, humán) vizsgálatának igénye;
- olyan módszer kidolgozása, amely egyaránt alkalmazható kis volumenű, egyszerű technológiát üzemeltető küszöbérték alatti üzemek és hatalmas komplexitású felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem esetén;
- az ellenőrizhetőség, reprodukálhatóság, valamint transzparenszég kiemelt fontossága;
- a hazai viszonyokhoz, különböző üzemeltetői tevékenységi körökhöz, a rendelkezésre álló erőforrásokhoz igazodó módszertan megalkotása;
- egyszerű, gyors, viszonylag kis szakértelemmel végrehajtható felmérést tegyen lehetővé.

III.2. Logikai felépítés

A fejlesztés eredményeként létrejött értékelési módszertan lehetőséget biztosít valamennyi hazai veszélyes üzem üzemeltetője számára, hogy felmérje az általa működtetett veszélyes üzem (vagy akár annak részegységét képző veszélyes létesítmény) öregedési érintettségét, felismerje az állapotromlás szempontjából legrelevánsabb elemeket, illetve megfelelő intézkedéseket hozzon a folyamatos kontroll biztosítására.

A módszertan bemutatása az ún. Svájci sajt modellen keresztül a legkézenfekvőbb (3. ábra). A Svájci sajt modell általánosságban annak a szemléltetésére szolgál, hogy egy kezdeti kiváltó esemény hogyan, milyen védelmi rétegeken keresztül, azok mely hiányosságai által jut el a csúcsesemény fázisba.

Az alábbi és a 2-3. ábrákon bemutatott folyamat lépésről lépésre megkülönböztet negatív (-) előjelű vizsgálati aspektusokat, amelyek az összegző értékelés során az üzem erőteljesebb érintettségét jelzik (*Súlyosság*), valamint pozitív (+) előjelű vizsgálati aspektusokat, amelyek a megfelelő kezelést fémjelzik (*Védelmi képesség*).

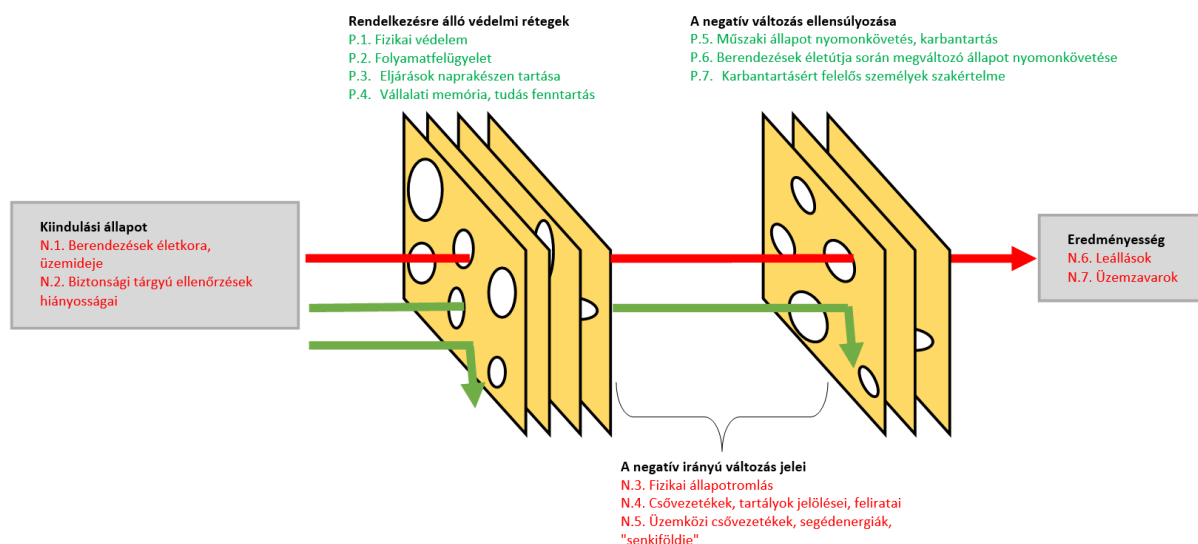
Ahhoz, hogy felmérhessük egy adott üzem öregedéssel kapcsolatos kockázatát, mind fizikai, mind dokumentációs, mind szervezeti szinten tisztában kell lennünk a következőkkel:

- 1) A veszélyes üzemet milyen **kiindulási állapot** (kor, üzemeltetési színvonal, stb.) jellemzi. Ennek tisztázására két vizsgálati szempont szolgál: egyik a fizikai rendszerek tervezetthez viszonyított életkorát, másik a hatásági ellenőrzések során feltárt hiányosságok számosságát vizsgálja. (-)
- 2) milyen öregedést lassító/monitorozó védelmi rétegek állnak rendelkezésre. (+)

Ezen felül vizsgálni szükséges:

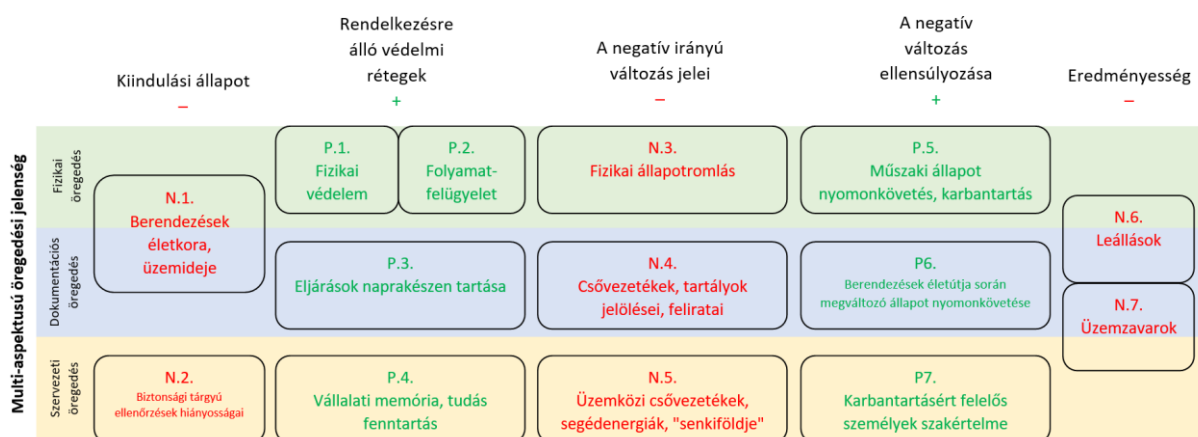
- 1) a negatív irányú változás jeleit (állapotromlás megjelenési formáit); (-)
- 2) valamint a negatív változás ellensúlyozása érdekében tett üzemeltetői intézkedéseket. (+)

Végül figyelemmel kell lenni mindezen hatások és ellenhatások eredményére, azaz arra, hogy az öregedési tendencia milyen mértékben jelenik meg az üzemben leállások, üzemzavarok formájában. (-)



2. ábra: Svájci sajt modell (Forrás: saját szerkesztés)

A vizsgálati módszer 14 db vizsgálati szempontot különböztet meg (+ 13 al-szempont), pozitív (+) és negatív (-) szempontokat egyenlő arányban. A módszer figyelembe veszi mind a fizikai, mind a dokumentációs, mind a szervezeti öregedés jelenségét.



3. ábra: Vizsgálati szempontok (Forrás: saját szerkesztés)

A vizsgálati (al)szempontok a következők:

- N.1. Berendezések életkora, üzemideje
- N.2. Biztonsági tárgy ellenőrzések hiányosságai
- N.3. Fizikai állapotromlás
 - o N.3.a. Állapotromlás vizuális jelei
 - o N.3.b. Infrastruktúra állapota
 - o N.3.c. Villamos hálózat állapota
- N.4. Csővezetékek, tartályok jelölései, feliratozásuk, tartalmuk megléte, ismertsége
- N.5. Üzemközi csővezetékek, segédenergiák, "senkiföldje"
- N.6. Leállások
- N.7. Üzemzavarok
 - o N.7.a. Öregedési jelenséghez kapcsolódó üzemzavarok
 - o N.7.b. Csővezetékek eseményei
 - o N.7.c. Tömítések eseményei
- P.1. Fizikai védelmek
- P.2. Folyamatfelügyelet

- P.3. Eljárások naprakészen tartás
 - o P.3.a. Tervek, dokumentációk elérhetősége
 - o P.3.b. Informatikai támogatottság
- P.4. Vállalati memória, tudás fenntartás
 - o P.4.a. Berendezések életútjáról rendelkezésre álló információ
 - o P.4.b. Jelenkori előírásoknak való megfelelés
- P.5. Műszaki állapot nyomon követés, karbantartás
 - o P.5.a. Állapot nyomon követés rendszere
 - o P.5.b. Állapot felügyeleti ellenőrzések hatékonysága
 - o P.5.c. Karbantartási terv végrehajtottsága
- P.6. Berendezések életútja során megváltozó állapot nyomonkövetése
- P.7. Karbantartásért felelős személyek szakértelme

A hazai értékelés-módszertan megalkotása során szisztematikus felmérésre és értékelésre került az öregedés menedzsment minden olyan aspektusa, amely ennek az összetett folyamatnak az eredményes kezeléséhez elengedhetetlen.

Ugyanakkor, figyelemmel az üzemek komplexitására, valamint a tevékenységi körök diverzitására, nem törekedtünk az öregedés menedzsment minden spektrumának 100%-os lefedettségére. Az adott aspektusok értékelése kiragadott részletek, indikátorok vizsgálata útján történik. Tehát az öregedés-menedzsment minden eleme vizsgálatra kerül, azonban csak kis részletében. Ezen részletek kiválasztása az objektivitásra, ellenőrizhetőségre, transzparensségre való törekvés jegyében történt. Szemléletes példa erre a *P.4. Vállalati memória, tudás fenntartás* szempont, amely vizsgálata kimerül a berendezések életútjáról rendelkezésre álló információk, a jelenkori előírásoknak való megfelelés és azokon belül is csupán apró részletek (pl.: a tervezési állapot dokumentált ismerete) vizsgálatában.

IV. Vizsgálati szempontok

A fejezet ismerteti azon szempontokat, amelyek szisztematikus vizsgálata az adott veszélyes üzem öregedési érintettségének felmérését, értékelését teszik lehetővé.

A könnyebb átláthatóság érdekében a szempontok sorrendje nem a 2-3. ábrák szerinti logikus egymásra épülést tükrözi, hanem először az üzem erőteljesebb érintettségét jelző, negatív (-), majd a megfelelő kezelést fémjelző, pozitív (+) előjelű vizsgálati aspektusokat tárgyaljuk.

Valamennyi vizsgálati szempontnál feltüntetésre kerül, hogy az adott szempontot milyen módszerrel kell értékelni. Az útmutató a következő módszereket tartalmazza:

- *Kritikus berendezések értékelése:* a biztonság szempontjából kritikus berendezéseket¹ az üzemeltető egyesével értékeli, majd a kapott eredményeket átlagolja a vizsgált berendezések számosságának figyelembevételével;
- *Csekklista:* az útmutató konkrét kérdéslistát tartalmaz, amelyre adott válaszok igen/nem aránya határozza meg a vizsgálati szempont eredményét;
- *Műszaki állapot megítélésén alapuló értékelés:* a berendezések (rész)elemeinek, egészének, valamint csoportjainak műszaki állapotát kell az üzemeltetőnek megítélni, az előre definiált csoportok egyikébe besorolni azokat. A különböző csoportok (pl.: átlagos, jó, vagy kiváló állapot) részaránya utal a vizsgált szempont eredményére;

¹ A V. fejezete ajánlást fogalmaz meg az üzemeltetők részére a biztonság szempontjából kritikus berendezések leválogatásához.

- *Egyedi vizsgálati kérdések:* az útmutatóban feltett egyedi kérdések megválaszolásához további dokumentációk, szabályozók, adatgyűjtemények tanulmányozása szükséges. Az adott szempont értékelése is egyedileg történik;

A vizsgálati szempontok mindegyikénél bemutatásra kerül egy értékelési segédlet, amely alapján az üzemeltető be tudja sorolni az értékelt negatív és pozitív szempontokat a következők szerint:

- az értékelt negatív szempontot *Súlyosság* tekintetében 1-4 kategóriákba kell sorolni, amelynek jelentéstartalmát az 1. számú táblázat szemlélteti;

Kategória	Értelmezése
1	Elhanyagolható érintettség az adott vizsgálati szemponttal összefüggésben.
2	Az adott szempont vizsgálata során azonosítható az üzemben olyan szintű érintettség, amely az idő múlásával jelentős veszélyeztetést hordozhat magába.
3	Az üzem érintettsége számottevő, az adott vizsgálati szempont által jelzett kockázati tényező magas, az öregedési jelenségek előrehaladottsága feltételezhető.
4	Az adott szempont által vizsgálata során számos jel utal súlyos érintettségre, előrehaladott öregedési érintettségre, magas kockázatra.

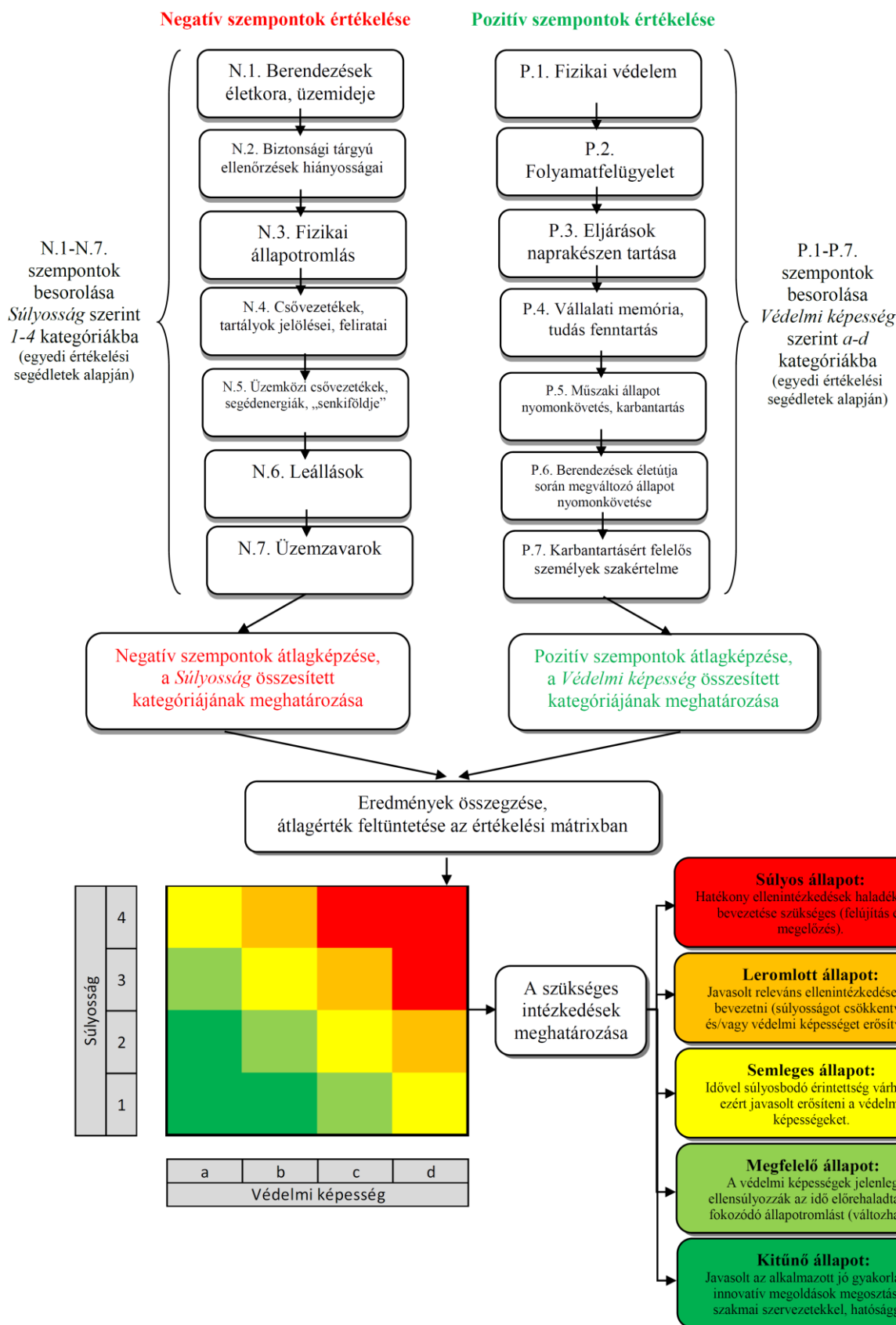
1. táblázat: A *Súlyossági* kategóriák jelentéstartalma (Forrás: saját szerkesztés)

- az értékelt pozitív szempontot *Védelmi képesség* tekintetében a-d kategóriákba kell sorolni, amelynek jelentéstartalmát az 2. számú táblázat szemlélteti.

Kategória	Értelmezése
a	A vizsgálati szempont értékelése számos jó gyakorlatot azonosított, amelyek az öregedési jelenségek ellen ható releváns intézkedésnek minősülnek.
b	Az üzemet többnyire jellemzi az adott szempont vizsgálata során értékelt védelmi képesség, több releváns jó gyakorlat azonosítható az öregedés-kezeléssel összefüggésben.
c	Azonosítható a szempont vizsgálata során olyan képesség, védelmi zár, amely alkalmas lehet az öregedési folyamatok észlelésére, előrejelzésére, kezelésére.
d	Az adott vizsgálati szempont értékelése során csak elhanyagolható öregedés-kezelési képesség azonosítható.

2. táblázat: A *Védelmi képesség* kategóriák jelentéstartalma (Forrás: saját szerkesztés)

Az értékelés folyamatát az 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: Folyamatábra az értékeléshez (Forrás: saját szerkesztés)

N.1. Berendezések életkora, üzemideje

- » *A vizsgálati szempont alapja:* a kiindulási módszertan [2] Age/In-service time szempontja
- » *Vizsgálati módszer:* kritikus berendezések értékelése
- » *Vizsgálandó elemek:* valamennyi kritikus berendezés (esetenként szűkített lista)
- » *Számítási metódus:* $f_{n1} = \sum_{i=1}^x \frac{\text{aktuális életkor}_i}{\text{tervezett élettartam}_i}$, ahol
x: a vizsgált kritikus berendezések száma

Kontinensünk legtöbb jelentős vegyi és petrokémiai üzeme több, mint negyven éve üzemel napjainkban, aminek következménye, hogy a berendezések zöme a tervezett élettartamának végéhez közelít úgy Európában, mind hazánkban. Elsősorban ez az ismeret hívja fel a figyelmet az egyes berendezések életkor vizsgálatának szükségességére.

Ugyanakkor az idővel történő fokozatos romlás monitorozása tudományosan alátámasztott igény is. A berendezések idővel történő állapotromlása feltartóztathatatlan a vegyi és fizikai folyamatok általános entrópia jelensége miatt. [6] Ennek következtében a magára hagyott rendszerek rendezetlensége nő, a rendelkezésre álló releváns információ csökken, nő a bizonytalanság, következtetésképp a műszaki berendezések megbízhatósága csökken.

A fizikai ageingre tekinthetünk olyan folyamatok eredményeként, amelyek idővel fokozatosan megváltoztatják a berendezés fizikai karakterisztikáját. Emellett a műszaki avulás – amely egy adott berendezés és a modern korban elérhető megfeleltethető berendezés közti műszaki színvonalbeli különbséget jelent (tudás, szabványok, szabályozók, technológia) – is olyan folyamat, amely az idő előrehaladtával növekvő biztonsági kockázatot jelent.

A kiindulási módszertan [2] ajánlása értelmében a biztonság szempontjából kritikus berendezések vonatkozásában indokolt megvizsgálni, hogy azok aktuális életkora hogyan viszonyul a tervezett élettartamukhoz.

A felmérést a kritikus berendezések listájához rendelve célszerű elvégezni. Azt, hogy a kritikus berendezések körét az üzemeltető leszűkíti-e bizonyos kiválasztott berendezésekre, vagy valamennyi berendezést vizsgálja, az üzem komplexitása, a berendezések számossága és a felmérésre rendelkezésre álló erőforrás függvényében kell egyedileg eldönteni. Jelen útmutató V. fejezete ajánlást fogalmaz meg az üzemeltetők részére a döntés meghozatalához.

A kiválasztott berendezések mindegyikére külön-külön a tényleges életkor és a várható (tervezett) élettartam figyelembevételével kell kiszámítani az „ f_{n1} ” értéket. A tervezett élettartam meghatározás a tervezési, építési kritériumok alapján történhet, figyelembe véve a korszerűsítést/átalakítást/felújító nagykarbantartást. Az aktuális és a tervezett életkor üzemeltetői meghatározása során figyelembe vehetők a felújító típusú nagykarbantartások, amennyiben azok során a tervező, kivitelező szakemberek meghatároztak új tervezett üzemeltetési intervallumot.

A tervezett élettartamra, különös tekintettel a több tízéves tervezett működési élettartamokra vonatkozó adatok dokumentációs vizsgálat útján határozhatók meg. Ennek elsődleges eszköze tervezői nyilatkozatok, megrendelői igényeket részletező telepítéskori vállalati dokumentációk, tervezési irányelveket felsorakoztató szakirodalmak (pl.: OREDA adatbázis, adott berendezésre vonatkozó szabvány, stb.), illetve FFS vizsgálati jelentések lehetnek.

A hazai tapasztalatok és nemzetközi szakirodalmak alapján (pl.: [8]) a gyártáskor vagy üzembe helyezéskor megállapított maximális élettartam fogalmát több ipari ágazatban (pl.: a kőolajiparban) nem alkalmazzák széleskörűen. Ezen esetekben általában szakmai irányelvek (pl.: [9]) alapján számítanak *fennmaradó élettartamot* az üzemeltetők, hogy az üzemben tartás

feltételeit, csere időpontját meghatározzák. A *fennmaradó élettartamot* csővezetékknél a korrózió sebessége alapján határozzák meg, amely a szállított folyadék típusa, az üzemi körülmények vagy a folyamattal kapcsolatos módosítások függvényében az idő múlásával alakulhat ki. A finomítói csövek esetében az általános gyakorlat a korrózió mértékének a vastagságmérések alapján történő számítása. Ezeket idővel ellenőrzik és rögzítik az ellenőrzési terv részét képező csővezeték-előzményekben. Amennyiben az üzemeltető adott berendezésének tervezett élettartamát *fennmaradó élettartam* segítségével határozza meg, a *berendezések életkora, üzemideje* a következőként számítandó:

$$t = t_0 + R_L$$
$$t_0 = T_{RL} - T_0$$

t : berendezések életkora, üzemideje [év]

t_0 : a fennmaradó élettartam meghatározásakor a berendezés aktuális tényleges kora [év]

R_L : a vizsgálatok, mérések, számítások alapján meghatározott fennmaradó élettartam [év]

T_{RL} : a fennmaradó élettartam meghatározásának évszáma [év]

T_0 : a berendezés telepítésének évszáma [év]

1. Példa

Ha egy berendezést 1990-ban telepítettek (T_0), majd utoljára 2010-ben végeztek rajta fennmaradó élettartam vizsgálatot (T_{RL}), amely további 20 évben határozta meg a tervezett működési élettartamot (R_L), akkor a fenti képleteket alkalmazva $2010 - 1990 + 20 = 40$ év tervezett működési élettartamot lehet figyelembe venni.

A tervezett élettartam meghatározása során figyelemmel kell lenni a várható elhasználódást gyorsító terhelésekre, mint például a berendezés töltetének korróziós hatására, vagy a berendezést terhelő vibrációra.

2. Példa

Az öregedés miatti kockázatokkal kapcsolatos várható súlyos balesetek bekövetkezési valószínűségét nagyban növeli, ha a berendezésen ún. kis átmérőjű (NA10 - NA20), meg nem erősített csomópontok vannak és azokon az elzáró szerelvényt a készülék testtől távol helyezték el. Ezek diagnosztikai vizsgálata sok esetben nem megoldott, illetve könnyen letörhetőek. Szakértői konzultációk alapján ilyen kialakítás általában az 1990-es évek előtt készült berendezések műszercsomópontjait, mintavevő vagy vízleeresztő csomópontjait jellemzi. A kis átmérőjű csomópontok törése miatt több veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset történt hazánkban.

Jó példa a vibráció miatti fokozott elhasználódásra a Tiszai Kőolajipari Vállalat 1982. június 09-i tüzesete. A tűzben érintett 60 ezer m³-es kőolajtartály kb. tízéves működése során a keverő vibrációs terhelése miatti csomóponttörés következtében sérült meg. Az esemény során a védőgödörben nagy kiterjedésű tűz keletkezett, amely oltásában mindösszesen 374 tűzoltó 80 gépjármű segítségével vett részt. [10]

Az elhasználódási kockázat jelentősen mérsékelhető a kis átmérőjű csomópontok kb. tíz évenkénti cseréjével.

Az olasz módszertannal egyezően ajánlott 50 évben maximalizálni a figyelembe vehető tervezett élettartamot. Ez a módszertani egyszerűsítés semmiképpen nem jelenti azt, hogy pusztán a berendezés telepítési korára tekintettel ki lehet jelenteni annak alkalmatlanságát. Az ajánlás pusztán arra tesz javaslatot, hogy a teljeskörű felújítással, rekonstrukcióval nem érintett olyan berendezések, amelyek vonatkozásában a tervezők élettartamot nem határoztak meg, 50

éves kort követően alapesetben 4-es súlyossági kategóriába esnek. A felújítások, rekonstrukciók során az élettartam természetesen jelentősen növekedhet, amely figyelembe vehető a felmérés során. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy a veszélyes üzemek komplexitására tekintettel egy-egy ilyen berendezés 4-es besorolása feltételezhetően nem befolyásolja jelentősen az üzem egészére vonatkozó jelzőszámot, amennyiben a technológia többségében 50 évnél fiatalabb kritikus berendezésekből épül fel.

Amennyiben az üzemeltető nem ismeri az adott berendezés tervezett működési élettartamát (év, vagy üzemóra), vagy az adott berendezés aktuális életkorát (beépítés időpontja, eltelt működési időtartam), az adott berendezésre úgy kell tekinteni, mint amelyik már 100%-ot meghaladóan (túl)üzemeltetett ($f_{n1} > 1$).

A kritikus berendezésekre egyesével kiszámított „ f_{n1} ” értékek alapján meghatározott *Súlyossági* kategória jelzőszámok (1-4) átlagolásával jellemezhető az adott veszélyes üzem, illetve üzemegység negatív érintettsége.

Értékelési segédlet:

f_{n1} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	$f_{n1} < 0,5$
2	$0,5 \leq f_{n1} < 0,75$
3	$0,75 \leq f_{n1} < 1$
4	$1 \leq f_{n1}$, illetve ha bármelyik adat nem ismert

N.2. Biztonsági tárgyú ellenőrzések hiányosságai

- » *A vizsgálati szempont alapja:* a kiindulási módszertan [2] Audit szempontja
- » *Vizsgálati módszer:* egyedi vizsgálati kérdés
- » *Vizsgálandó elemek:* 3 éven belül lefolytatott biztonsági tárgyú hatósági ellenőrzések jegyzőkönyvei
- » *Számítási metódus:* $f_{n2} = \frac{\text{feltárt hiányosság}}{\text{lefolytatott ellenőrzések}}$

Jelen útmutató III.2. fejezetében röviden ismertetésre került a módszertan logikai felépítése. A kiindulási állapot felmérésére kiválasztott vizsgálati szempontok úgy lettek meghatározva, hogy alkalmasak legyenek a fizikai, a dokumentációs és a szervezeti öregedési jelenségek felmérésére is, egyfajta alapkő letételként szolgáljanak a további vizsgálatokhoz. A *berendezések életkora, üzemideje* meghatározásán túl tehát szükségessé válik egy olyan vizsgálat lefolytatása is, amely a szervezeti érintettséget írja le, az általános biztonsági kultúra színvonaláról ad egyfajta visszajelzést.

A kiindulási módszertanra [2] épülve célszerű ennek érdekében a biztonsági tárgyú hatósági ellenőrzések tapasztalatait áttekinteni. Az üzemben fellelhető hatósági ellenőrzési jegyzőkönyvek alapján ajánlott legalább az elmúlt 3 évben lefolytatott katasztrófavédelmi (veszélyes üzemi, veszélyes áruszállítás telephelyi ellenőrzése és a tűzvédelmi célú ellenőrzések), műszaki biztonsági, munkavédelmi, népegészségügyi, illetve környezetvédelmi hatósági ellenőrzések során feltárt hiányosságok felkutatása. Az ellenőrzéseken feltárt (súlyos) hiányosságok, nem megfelelőségek, szabálytalanságok számosságának az ellenőrzési számhoz viszonyított aránya az üzem általános biztonsági színvonaláról, az üzemeltetői tudatosságról ad visszajelzést, amely így alkalmas a felmérés kiindulási alapjaként szolgálni.

Értékelési segédlet:

f_{n2} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	$f_{n2} = 0$
2	$0 \leq f_{n2} < 0,25$
3	$0,25 \leq f_{n2} < 0,5$
4	$0,5 \leq f_{n2}$

N.3. Fizikai állapotromlás

- » *Vizsgálati módszer:* Műszaki állapot megítélésén alapuló értékelés (N.3.a.) és Csekklista (N.3.b-c.)

Az idő múlásával valamennyi anyag tulajdonságai változnak és általában az elvárt funkcióra ezen változások, degradációk negatívan hatnak. A szempont értékelése során a biztonság szempontjából negatív irányú változások jeleit, előjeleit kell vizsgálni.

A fizikai állapotromlás súlyossága a három al-szempont (N.3.a-c) eredményének átlagával jellemezendő.

N.3.a. Állapotromlás vizuális jelei

- » *Vizsgálandó elemek:* valamennyi kritikus berendezés (esetenként szűkített lista)

Jelen felmérés keretében a kritikus berendezések degradációjának felmérése vizuális jelek alapján, szemrevételezés útján történik. Természetesen ez a módszer nem tesz lehetővé egzakt állapotfelmérést, hiszen a biztonsági szempontjából kritikus berendezések idővel történő fokozatos romlásának jelei csak a legkritikább (és igen súlyos) esetben mutathatók ki műszeres mérés nélkül. A vizuális vizsgálat elsősorban akkor alkalmas a kockázatok minősítésére, ha szakértő végzi és a problémás helyeken diagnosztikai vizsgálatokkal is kiegészül. A vizuális elváltozások, mint például a festék elszíneződése, repedése, mállása (hámlása) és egyéb felületi hibák jellemzően esztétikaiak és nem jeleznek kiugróan magas meghibásodás-kockázatot. [3]. Ugyanakkor az öregedés értékelési feladat komplexitása és a feltehetőleg véges rendelkezésre álló erő- és eszközrendszer figyelembevételével úgy kellett a módszertant összeállítani, hogy az reális időn belül végrehajtható legyen, valamint igazodjon a felmérést végzők általános eszközparkjához és képzettségi szintjéhez. Ennek értelmében célszerű elsősorban a hatásmechanizmusok által kiváltott degradációra utaló külső jegyek alapján besorolni a kritikus berendezéseket a következő állapotromlási kategóriákba:

1. tökéletes, újszerű állapot;
2. jó állapot;
3. általános, leromlott állapot;
4. súlyosan leromlott állapot.

A szubjektivitás minimalizálása érdekében jelen útmutató 1. számú melléklete fényképes kategória meghatározást tartalmaz a kritikus berendezések körére vonatkozóan. A vizsgálatot végző szakemberek erre a mellékletre támaszkodva is besorolhatják a vizsgált kritikus berendezéseket a hozzájuk legközelebb álló kategóriákba. Ennek során figyelembe kell venni, hogy az egyenletes felületi korrózió a legelterjedtebb állapotromlási megjelenési forma, amely kvázi kis kockázatot rejt magában, mivel előre jelezhető, kezelhető és sokszor megelőzhető. [3]

Az állapotromlási kategória meghatározásakor a felmérésnek ki kell terjednie az olyan pontok szemrevételezésére, ahol a külső állapotromlási mechanizmus, korrózió a leggyakrabban fordul elő.

A legfontosabb korrózióval érintett területek az alábbiak [8]:

- csővezetékek szigetelésen történő átvezetések helyei, ahol a burkolat tömítettsége lecsökkenhet (érzékelők, hőágulási szelepek, T csomópontok stb.);
- a szigetelés károsodása (ütés, mozgás, összezúzás stb. hatására);
- függőleges csővégek;
- a szigetelési illesztés hibák (rosszul elhelyezett vagy sérült);
- alacsony pontok, ahol a víz felhalmozódhat;
- gőzkibocsátásnak kitett területek;
- olyan területek, ahol a szigetelés burkolatát munkavégzés miatt eltávolították, majd rosszul pótolták;
- rezgésnek kitett területek;
- csőtartók;
- tisztító és leeresztő nyílások;
- tartósan külső szennyeződéssel érintett területek.

Tekintettel arra, hogy a biztonság szempontjából súlyos berendezéshibák szabad szemmel nem, vagy csak ritkán láthatóak, jelen szempont az értékelés során csökkent súllyal kerül figyelembevételre, hiszen a 3. negatív vizsgálati szempont 3 különböző al-szempontból áll (N.3.a-b-c), amelyek együttesen (átlagolva) írják le a fizikai állapotromlással való érintettséget.

Értékelési segédlet:

f_{n3a} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	tökéletes, újszerű állapot
2	jó állapot
3	általános, leromlott állapot
4	súlyosan leromlott állapot

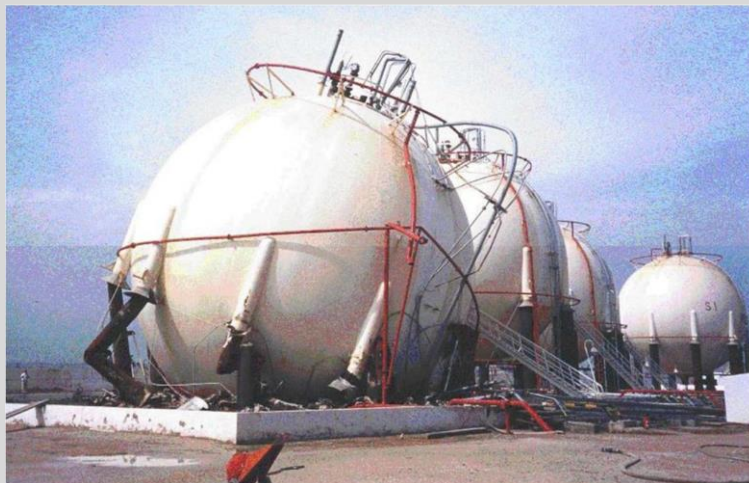
N.3.b. Infrastruktúra állapota

- » *Vizsgálandó elemek:* a kérdéslistában szereplő releváns (adott üzemre vonatkoztatható) kérdések (pl.: vasúti al-szempont nem minden üzemben értelmezhető)
- » *Számítási módszer:* $f_{n3b} = \frac{\text{negatívként azonosított szempontok}}{\text{releváns szempontok}}$

A veszélyes üzemek kiszolgáló létesítményeinek általánosan leromlott állapota egyrészt az öregedés-menedzsment alacsony szintjére utal, másrészt a leromlott infrastrukturális környezet veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek konkrét kiváltó oka is lehet.

3. Példa

1998-ban 1 ember életét veszítette, amikor egy gáztartály lábazata megrogyott. Az állapotromlási jelenségek által gyengített tartószerkezet összeomlását a tartály vizes nyomáspróbáztatása során fellépő többlet-terhelés váltotta ki. [11]



6. ábra: Gáztartály tartószerkezetének összeomlása (Forrás: [11])

A baleset idején a gömbtartály körülbelül 80%-ban vízzel feltöltve.

A gömbtartály utolsó vizes tömörségi próbájára 10, a lábazat utolsó mechanikai integritás ellenőrzésére 5 évvel a balesetet megelőzően került sor.

A balesetkivizsgálás a lábazat súlyos korrózióját tárta fel a tűzálló bevonattal takart részeken, amely következtében a falvastagság több helyen 8 mm-re csökkent, illetve 10 mm-es pontszerű lyukadások gyengítették a szerkezetet. A korrózió a tűzálló bevonat és az acéllábak között víz beszivárgás következtében alakult ki, a geometriai felületek találkozásánál kialakított nedvesség elleni védősapka alkalmatlansága miatt. [7]

Az üzemi infrastruktúra, kiszolgáló létesítmények állapotának felmérése, a hiányosságok észrevételezése nemzetközi szakirodalomban [11] foglalt értékelő csekklista alapján történik.

Az infrastruktúrák öregedési előjeleit a nemzetközi szakirodalom [3] a következők szerint jellemzi:

Habár néhány öregedési előjel nem könnyen vehető észre, a vizuális ellenőrzés egy járható út, legalább a földfeletti létesítmények előzetes felmérésére. Az előzetes szemrevételezés célja, hogy kiinduló információkhoz jussunk egy meglévő eszköz fizikai alkalmasságának értékeléséhez. Ennek módja általában egy helyszíni vizsgálat, amely során vizuálisan felmérjük a strukturális elemeket. A szemrevételezésnek alaposnak és nem elkapkodottnak kell lennie. A figyelmeztető jelekről fényképfelvételt kell készíteni. A közmondás, miszerint a szépség (csúfság) belülről fakad, ebben az esetben is igaz, így a mélyebb hibákra utaló jeleket kell keresni (pl.: rozsdafoltok a vasbeton külsején, vagy a tűzálló burkolaton). Akadhat például olyan felületi eltérés, ami földalatti nyomásalatti hűtővízvezeték, vagy tűzvíz vezeték lyukadására, hibájára utal, mint például a nedves, vagy megsüllyedt talaj.

Az értékelés során javasolt minden kérdést konzervatívan megközelíteni, azaz az adott kérdést már az első jel alapján, akár csak egy megvalósulási példa esetén is negatívként értékelni. Ez az eljárás ugyan nem tesz különbséget nagy kiterjedésű, komplex üzemek, valamint egészen

kis méretű, egyszerű üzemek között, azonban garantálja, hogy a „nagyszámok törvényének” hatása ne fedjen el olyan hibahelyeket, amelyek súlyos balesethez vezethetnek az öregedés előrehaladásával.

Csekklista az infrastruktúra állapotának értékeléséhez:

Technológiához kapcsolódó épületek:

1. Láthatók-e az elhasználódás jelei a felületeken, a védőbevonat a felületeken és az éleken sérült-e, illetve hiányos?
2. A falakon, gerendákon és az alátámasztó beton szerkezeteken vannak-e repedések, törések, kilátszik-e a (kavics) adalékanyag?
3. Láthatóvá vált-e a betonvasalás, vagy vannak-e rozsdafoltok a betonfelületeken (melyek a betonvasalás korróziójára utalhatnak)?
4. Vannak-e rosszul illeszkedő szerkezeti illesztések, csöcsatlakozások, nyílászárók?
5. Vannak-e kitört, hiányzó ablakok, leszakadt zsaluk?

Acél tartószerkezetek:

6. Látható-e korrózió, vagy felhalmozódott-e a korróziós törmelék a felületeken?
7. A védőbevonaton láthatók-e repedések vagy felhólyagosodások?
8. Vannak laza rögzítő-csavarok?
9. Vannak korrodált csavarok?
10. A védőbevonaton – a tűzvédelmi bevonatot is beleértve – láthatók-e felhólyagosodások vagy leválások?

Alaptestek:

11. Vannak-e jelei süllyedésnek, repedéseknek, az eredeti építési síkból történő elmozdulásnak/kibillenésnek?
12. Az alaptest közelében a talaj erodálódott (kimosódott) vagy megsüllyedt?
13. Tapasztalható-e megemelkedett, vagy elmozdult az alaptest?

Kármentők:

14. A tartályok körüli kármentők fala repedezett, mállik?
15. A tartályok körüli kármentőkből darabok vannak letörve?
16. A tartályok körüli kármentők folyadékmegtartó képessége nem megfelelő (jele a benne elszikkadó esővíz)?
17. Az apróbb törések, hibák kijavítására nincs folyamatos állapotfelügyeleti, karbantartási terv?

Irányítótermek (folyamat felügyeleti helyiségek):

18. A veszélyes technológiához közel létesültek (hogy azokból a kezelő személyzet rálásson a veszélyes technológiai rendszerre)?
19. Feltételezhető, hogy egy kisebb robbanás is cselekvőképtelenné teheti a kezelőket (például nagyméretű, megerősítés nélküli, nem robbanás-biztos ablakfelületek)?
20. Feltételezhető, hogy a technológiában mérgező anyag kijutása esetén az cselekvőképtelenné teheti a kezelőket (például nem gáztömör kialakítás)?
21. Feltételezhető, hogy egy kisebb robbanás is működésképtelenné teheti a műszeres irányító rendszert?

Vasút:

22. Látható-e a töltés eróziója és a lejtésének változása?
23. Látható-e süllyedés a hidaknál és útkereszteződéseknél?
24. Láthatók-e vízfolyások a pálya alatt vagy mellette?

25. Van-e akadály, mely korlátozza a vízelvezetést (pl.: növényzet, talaj megcsúszása, kiterjedt hó vagy jegesedés)?

26. A közüzalék feltöltést növényzet növi be, vagy a talpfák sérültek?

Földalatti vezetékek:

27. Esőzések után tapasztalhatók-e lokális/helyi áramszünetek?

28. A csővezetékek felszíni nyomvonaljelzése hiányos?

29. A vízátfutásokat nem azonosították?

30. A tűzcsaprendszert rendszeresen nem mossák át?

Értékelési segédlet:

f_{n3b} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	$f_{n3b} = 0$
2	$0 \leq f_{n3b} < 0,33$
3	$0,33 \leq f_{n3b} < 0,66$
4	$0,66 \leq f_{n3b}$

N.3.c. Villamos hálózat állapota

» *Vizsgálandó elemek:* a kérdéslistában szereplő releváns (adott üzemre vonatkoztatható) kérdések (pl.: motorok al-szemponthoz nem minden üzemben értelmezhető)

» *Számítási módszer:* $f_{n3c} = \frac{\text{negatívként azonosított szempontok}}{\text{releváns szempontok}}$

Az N.3.b. vizsgálati szempontokhoz hasonlóan megállapítható, hogy a villamos hálózat leromlott állapota is utalhat alacsony szintű öregedés-menedzsmentre, valamint a villamos hálózaton jelentkező meghibásodások üzemzavarhoz, súlyos balesetnek vezethetnek. A veszélyes technológiák jelentős részének esetében nagyon fontos a vészennergiát biztosító berendezés (vészgenerátor, inverter, UPS, stb.) megfelelő állapota. Ezek általában rövid ideig működnek az élettartamuk alatt, de öregsznek és rendszeres vizsgálatuk elmaradása súlyos baleset előidézője lehet.

Általánosságban az N.3.c. pontban foglalt szempontokat az elektromos berendezések tűzvédelmi szabványossági felülvizsgálata (EBF - Erősáramú Berendezések Időszakos Felülvizsgálata), illetve a villamos és villámvédelmi rendszerek jogszabály által előírt minősítő vizsgálatok nagyrészt tartalmazzák, ha azok alaposak és az üzem teljes területére kiterjednek, így azok kiindulási pontként kezelhetők.

A szempont értékelésére alkalmazott kérdéslista szintén nemzetközi szakirodalomból [11] származik.

Az értékelés során javasolt minden kérdést konzervatívan megközelíteni, azaz az adott kérdést már az első jel alapján, akár csak egy megvalósulási példa esetén is negatívként értékelni. Ez az eljárás ugyan nem tesz különbséget nagy kiterjedésű, komplex üzemek, valamint egészen kis méretű, egyszerű üzemek között, azonban garantálja, hogy a „nagy számok törvényének” hatása ne fedjen el olyan hibahelyeket, amelyek súlyos balesetnek vezethetnek az öregedés előrehaladásával.

Csekklista a villamos hálózat állapotának értékeléséhez:

Elektromos rendszer

1. Vannak-e törött vagy lazán kötött flexibilis vezetékek, törött vagy sérült merev vezetékek, laza vagy sérült vezetékföldelések/csatlakozások?

2. Vannak-e hiányzó vagy sérült véglezárások, hiányzó kötődoboz/kábelcsatorna fedelek, laza vagy sérült kábeltálca szakaszok, laza, korrodált vagy sérült kültéri tömítések/lezárások?
3. Tapasztható-e megemelkedett környezeti hőmérséklet vagy nedvesség a kábelek vagy egyéb elektromos berendezések által elfoglalt területen?
4. Vannak-e korrodált kötőelemek az elektromos aknában, víznyomok az aknafalakon?

Motorok

5. Láthatók-e sérült vagy laza dübel/csavar, illetve kipergő dübel ragasztó, megrepedt hegesztési varratok a berendezések alátámasztó lábainál, érezhető-e vibráció, ha megérintjük a burkolatot?
6. Szivárog-e a kenőanyag a motor csapágyházából?
7. Hallható-e magas hang (*high-pitched noise*)
8. Érezhető-e égett szag, vagy látható-e égett kábelszigetelés?
9. Látható-e korróziós elszíneződés a burkolaton?

Elektromos - Megszakítók és kapcsolók

10. Láthatók-e korrózió nyomai a vezeték csatlakozásoknál?
11. Érezhető-e égett szag, vagy látható-e égett kábelszigetelés?
12. Az elektromos helyiségek/területek nem tiszták, nem rendezettek, hőmérséklet- és páráviszonyaik nem megfelelőek vagy tárolnak bennük valamit?
13. Az elektromos berendezések 1,5 méteres környezetében tárolnak éghető anyagokat?
14. A kültéri elektromos kapcsolószekrényekben láthatók víznyomok, nem megfelelően szigeteltek (a nedvesség bejutása ellen)?

Földelés

15. Vannak szemmel láthatóan laza kötések?
16. Látható-e korrózió a kötéseknel?
17. Látható-e kábelsérülés?

Vészhelyzeti tápellátás

18. Az akkumulátor(töltő) helyiségek állapota nem megfelelő (azaz nem tiszták és rendezettek, bennük a hőmérséklet- és páráviszonyaik nem megfelelőek, vagy bennük egyéb tárolás is történik)?
19. Az akkumulátor csatlakozók korrodáltak?
20. Az akkumulátor tartókeretek korrodáltak?
21. Az akkumulátor-töltő nem működőképes?

Értékelési segédlet:

f_{n3c} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	$f_{n3c} = 0$
2	$0 \leq f_{n3c} < 0,33$
3	$0,33 \leq f_{n3c} < 0,66$
4	$0,66 \leq f_{n3c}$

N.4. Csővezetékek, tartályok jelölései, feliratozásuk, tartalmuk megléte, ismertsége

» *Vizsgálati módszer:* egyedi vizsgálati kérdések

» *Vizsgálandó elemek:* a kritikus berendezésnek minősülő tartályok, csővezeték szakaszok

» *Számítási módszer:* $f_{n4} = \frac{\text{pozitív válaszok}}{\text{vizsgálati kérdések}}$

Az MJV ülésen a belga Seveso illetékes hatóság képviselői beszámoltak a 2017. év óta folytatott országos öregedés-felmérési ellenőrzéssorozat eredményeiről [7]. A belga hatósági ellenőrzések tapasztalatai alapján érdemes a csővezetékek, tartályok jelöléseit, feliratozásuk meglétét, tartalmuk ismertségét indikátorként kezelni, amely az üzemeltető öregedés-kezelési eljárásairól, a biztonsági tudatosság és anyagi ráfordítások elégségességéről ad információt.

A felmérést a kritikus berendezések listájához rendelve célszerű elvégezni, leszűkítve azt az atmoszferikus tárolótartályokra, nyomástartó edényekre, illetve csővezeték szakaszokra. Azt, hogy a kritikus berendezések körét üzemeltető tovább szűkíti-e bizonyos kiválasztott berendezésekre, vagy valamennyi ilyen berendezést vizsgál, az üzem komplexitása, a berendezések számossága és a felmérésre rendelkezésre álló erőforrás függvényében lehetséges egyedileg eldönteni. Jelen útmutató V. fejezete ajánlást fogalmaz meg az üzemeltetők részére a döntés meghozatalához.

A felmérés során az alábbi kérdésekre kell választ adni minden egyes vizsgált berendezés vonatkozásában:

- 1) Az adott üzemeltetési területen dolgozó helyi szakemberek számára egyértelműen ismert a tárolt/szállított anyag fajtája, minősége, összetétele?
- 2) A felmérést végző (külső szemlélő) számára egyértelműen azonosítható a tárolt/szállított anyag fajtája, minősége, összetétele?
- 3) A berendezésen található felirat, színjelölés vagy egyéb azonosító a tárolt/szállított anyagról?
- 4) A berendezésen található felirat, színjelölés, egyéb azonosító összhangban van a tárolt/szállított anyaggal?

A negatív (-) szempont értékelése az „igen” válaszok számával fordított arányban történik. Fontos kitétel azonban, hogy amennyiben egy berendezésen a tárolt/szállított anyagra vonatkozóan félrevezető felirat, színjelölés, vagy egyéb azonosító található (tehát a 4. kérdésre adott válasz: „nem”), az mindenképpen súlyos hiányosságnak minősül, függetlenül attól, hogy egyébként a dolgozók tisztában vannak a tárolt/felhasznált anyagi jellemzőkkel (és egyben a felirat/jelölés nem megfelelőségével).

Értékelési segédlet:

f_{n4} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	$f_{n4} = 1$
2	$0,66 \leq f_{n4} < 1$
3	$0,33 \leq f_{n4} < 0,66$
4	$f_{n4} \leq 0,33$, valamint félrevezető felirat/jelölés esetén

N.5. Üzemközi csővezetékek, segédenergiák, "senkiföldje"

» *Vizsgálati módszer:* csekklista

» *Vizsgálandó elemek:* a kérdéslistában szereplő releváns (adott üzemre vonatkoztatható) kérdések

» Számítási módszer: $f_{n5} = \frac{\text{pozitív válaszok}}{\text{releváns kérdések}}$

A hazai és nemzetközi üzemzavarok (ld. például az Amerikai Egyesült Államokban 2017-ben bekövetkezett, három halálos áldozatot követelő üzemközitartály-robbanás kivizsgálási dokumentumát [12]) és időszakos hatósági ellenőrzések tapasztalatai több esetben rámutattak arra, hogy az üzemközi veszélyes anyag vezetékek, illetve segédenergia vezetékek – üzemeltetéséért felelős szervezeti egység egyértelmű kijelölésének hiányában – egyfajta „senkiföldjeként” funkcionálnak és kvázi kontrollálatlanul degradálódnak. Abban az esetben, ha ezt a jelenséget évtizedes távlatból tekintjük, könnyű belátni, hogy a jelenség súlyos balesethez vezethet.

Az értékelt üzem érintettsége indirekt módon, a meglévő és jól működő eljárások feltérképezése útján történik, kérdéslista segítségével.

Csekklista az üzemközi csővezetékek, segédenergiák, "senkiföldje" értékeléséhez:

1. Üzemközi veszélyes anyag vezetékek állapotfelügyeletéért felelős szervezeti egység egyértelműen azonosítható?
2. Üzemközi veszélyes anyag vezetékek állapotfelügyelete igazoltan megtörténik periodikusan?
3. Segédenergia vezetékek állapotfelügyeletéért felelős szervezeti egység egyértelműen azonosítható?
4. Segédenergia vezetékek állapotfelügyelete igazoltan megtörténik periodikusan?
5. Csővezeték tartószerkezetek, támaszok, csőhidak állapotfelügyeletéért felelős szervezeti egység egyértelműen azonosítható?
6. Csővezeték tartószerkezetek, támaszok, csőhidak állapotfelügyelete igazoltan megtörténik periodikusan?

Értékelési segédlet:

f_{n5} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	$f_{n5} = 1$
2	$0,66 < f_{n5} < 1$
3	$0,33 < f_{n5} \leq 0,66$
4	$f_{n5} \leq 0,33$

N.6. Leállások

- » A vizsgálati szempont alapja: a kiindulási módszertan [2] Stops szempontja
- » Vizsgálati módszer: kritikus berendezések értékelése
- » Vizsgálandó elemek: a kritikusnak minősülő csővezeték szakaszok, szivattyúk/kompresszorok/motorok, technológiai tartályok/hőcserélők/kemencék
- » Számítási módszer: $f_{n6} = \frac{\text{váratlan leállások (3 év alatt)}}{\text{tervezett leállások (3 év alatt)}}$

Számos szakirodalom tárgyalja (pl.: [2,11]), hogy a megfelelő leállítási lépések végrehajtása nélkül, váratlan bekövetkező leállások milyen halmozódó többlet igénybevételt jelentenek a leállított berendezések számára. A váratlan, kontrollálatlan leállások hirtelen hőmérséklet- és nyomáscsökkenése a berendezéseket terheli, és ronthatja a berendezés anyagi tulajdonságait (mechanikai, szerkezeti). Ezen többlet igénybevételek egyrészt rövidítik a berendezés várható élettartamát, másrészt a váratlan meghibásodásból eredő leállások gyakoriság-növekménye

felhívhatja a figyelmet az üzem öregedési tendenciájának erősödésére is, mivel a gyakori váratlan leállások egyúttal az általánosan leromlott műszaki állapot jelei is.

A vizsgálat szempontjából váratlan leállásnak minősül mindazon folyamatok gyorsan végbemenő félbemaradása, megszakadása, amely váratlanul, nem tervezetten és nem az üzemeltető által előre definiált leállítási protokoll szerint ment végbe és amely potenciális többletterhelést (pl.: lökési energia, hőterhelés, depresszió, stb.) okozhatott a berendezésen.

A vizsgálat szempontjából tervezett leállásnak a folyamatok várt, tervezett és az üzemeltető által előre definiált leállítási protokoll szerint végrehajtott, normál sebességgel végbemenő leállítása minősül, amely a tervezettnél nem okoz nagyobb terhelést a berendezésen. Az ezen leállítások által okozott terhelések a várható élettartam meghatározásakor (tervezési fázisban) figyelembevételre kerültek.

A szempont vizsgálata során megkülönböztethetünk folyamatos és szakaszos üzemű berendezéseket (például az ammóniás hűtőkör cseppleválasztó tartálya: folyamatos üzem, míg kompresszora: szakaszos üzem). A vizsgálat szempontjából szakaszos üzemnek tekintendő, amennyiben az adott kritikus berendezés legalább napi rendszerességgel leállításra, vagy leürítésre kerül. Egy csővezetékes veszélyes anyag szállítás szempontjából például szakaszos üzeműnek minősül az a vezetékszakasz, amelyen a nyomás alatti szállítás naponta többször megáll és újraindul. Szakaszos üzem esetén a tervezett leállások száma megfeleltethető a leállás/újraindulás átlagos napi gyakoriságának ezerszeresével (ezzel az egyszerűsítéssel közelítendő a hároméves vizsgálati intervallum).

A felmérést a kritikus berendezések listájához rendelve célszerű elvégezni, leszűkítve azt az olyan berendezésekre, amelyek a megfelelő leállítási lépések végrehajtása nélküli, váratlan bekövetkező leállása többlet igénybevételt jelent a leállított berendezés számára. Azt, hogy a kritikus berendezések körét üzemeltető tovább szűkíti-e bizonyos kiválasztott berendezésekre, vagy valamennyi ilyen berendezést vizsgál, az üzem komplexitása, a berendezések számossága és a felmérésre rendelkezésre álló erőforrás függvényében lehetséges egyedileg eldönteni. Jelen útmutató V. fejezete ajánlást fogalmaz meg az üzemeltetők részére a döntés meghozatalához.

Tekintettel arra, hogy a veszélyes technológiák váratlan leállása/leállítása általában rendszerszinten történik, azaz egy leállás több berendezést, készüléket, aktív és passzív komponenst érinthet egyidejűleg, az üzemeltetőnek lehetősége van kritikus berendezések helyett technológiailag összefüggő rendszerek vizsgálatára is, amennyiben ahhoz rendelkezésére áll mind a két szükséges adat (váratlan leállások és tervezett leállítások száma) a vizsgálati időtartamra.

A váratlan és tervezett leállások számosságát célszerű a megelőző 3 éves ciklusra arányítani egymáshoz.

Értékelési segédlet:

f_{n6} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	$f_{n6} < 0,1$
2	$0,1 \leq f_{n6} < 0,25$
3	$0,25 \leq f_{n6} < 0,6$
4	$0,6 \leq f_{n6}$

N.7. Üzemzavarok

- » *Vizsgálati módszer:* egyedi vizsgálati kérdés
- » *Vizsgálendő elemek:* az elmúlt 3 évben bekövetkezett nem várt események

Az 1. ábrán szemléltetett vizsgálat utolsó lépéseként szükséges megvizsgálni, hogy az öregedési folyamatok milyen arányban okoznak olyan üzemzavarokat, technológiai meghibásodásokat, amelyek kedvezőtlen körülmények, vagy további védelmi záruk működési hibája esetén súlyos balesethez vezethetnek.

Az üzemzavarok által jelentett negatív hatás a három al-szemponthoz (N.7.a-c.) eredményeinek átlagával jellemezhető.

N.7.a. Öregedési jelenséghez kapcsolódó üzemzavarok

- » *A vizsgálati szempont alapja:* a kiindulási módszertan [2] *Accidents/Near-misses* szempontja
- » *Számítási módszer:* $f_{n7a} = \frac{\text{öregedési jelenséggel kapcsolatos üzemzavarok (3 év alatt)}}{\text{összes üzemzavar (3 év alatt)}}$

A felmérés során vizsgálandó az ageing-hez köthető események részaránya az összes eseményhez képest.

A vizsgálati szempont nem szűkítendő le az öregedés fizikai aspektusára. Amennyiben az üzemeltető ok-okozat feltárás során olyan szervezeti, illetve dokumentációs gyökér-okokat azonosít, amelyek öregedési jelenséghez köthetők, az eseményt figyelembe kell venni a számlálóban is.

Gyakran már az események közvetlen műszaki kiváltó oka is az öregedéshez köthető. A fizikai öregedés leggyakoribb megjelenési formái a korrózió, erózió, illetve a fáradásos törés rendre megjelennek a hazai veszélyes üzemek üzemzavarait kiváltó okok között. Ezen események száma természetesen szintén a számlálót növeli.

A vizsgálati szempont értékelése során mérlegelendő események, rendellenességek, üzemzavarok körét célszerű minél szélesebbre terjeszteni, minél több olyan eseményt bevonva a vizsgálatba, amelyek közvetlen műszaki kiváltó okáról, valamint (legalább részben) szervezeti alap-okáról az üzemeltetőnek információja van, és amely a körülmények kedvezőtlen alakulása esetén súlyos balesethez is vezethetett volna. Erre tekintettel célszerű a Kat.-ban [13] definiált *veszélyes anyagokkal kapcsolatos üzemzavarok*on túl az R. [14] 3. melléklet 1.8.6. alapján feltárt, biztonsági rendszer zavarait mutató baleseti eseményekre is kiterjeszteni a vizsgálatot.

A vizsgálati időtartam 3 év, amelyre visszamenőleg meg kell vizsgálni a teljes üzemre vonatkozóan, hogy a bekövetkezett üzemzavarok mekkora arányban vezethetők vissza valamilyen öregedési jelenségre, legyen az akár fizikai, dokumentációs, vagy szervezeti jellegű. Abban az esetben, ha Üzemeltető nem vezet nyilvántartást a bekövetkezett üzemzavarokról, illetve nem ismertek azok alapokai, javasolt a 4-es súlyossági kategóriát választani.

Ennek megítéléséhez kulcsfontosságú, hogy a felmérést végző ismerje a multi-aspektusú jelenség megjelenési formáit, amelyet röviden a következő táblázat szemléltet.

Öregedési jelenségek megjelenési formái					
Fizikai		Eljárások		Szervezeti	
Kategória	Példa a negatív hatásra	Kategória	Példa a negatív hatásra	Kategória	Példa a negatív hatásra
Berendezések, technológiák használatból és környezeti hatásból eredő fokozatos állapotromlása	A veszélyes üzemi technológiák amortizációja folytonosság-megszakadáshoz vezethet.	Műveleti utasítások, szabályzatok naprakészségében, elérhetőségében, tartalmában jelentkező hiányosságok	Amennyiben a műveleti utasítások nem követik le az évtizedek során módosuló gyártási folyamatokat, azok alkalmazása nem várt eseményhez vezethet (pl.: változó szelepnívítási sorrend).	Vállalati memória és tudás	A biztonság szempontjából kulcspozícióinak számító beosztások átadás-átvétele (pl.: nyugdíjazás esetén) olyan kulcsmozzanat, amelynek hiányossága esetén (például 1 hetes átadási idő biztonsági vezetők között) jelentős tudástól esik el az üzem és ez súlyos balesethez vezethet.
Kiszolgáló-épületek, infrastruktúrák állapotának idővel történő fokozatos romlása	A veszélyes üzemi technológiákat kiszolgáló infrastruktúrális elemek károsodása (pl.: csőhid tartó állványzat összeroskadása) szintén veszélyes anyag kiszabaduláshoz vezethet.	Tervdokumentációk meglétének, naprakészen tartásának, elérhetőségének hiányossága	A veszélyhelyzeti beavatkozást jelentősen megnehezítheti elavult műszaki tervdokumentációk jelenléte, amelyek a beavatkozó állományt félretájékoztatják például az energia kizárási pontok helyéről.	Szervezet	A szervezeti öregedés egy tipikus formája, hogy egy kis létszámú, specifikált gyártást végző vállalkozás több évtizeden keresztül azonos eszközparkkal, azonos munkakörülmények között, azonos munkavállalói körrel végzi a tevékenységét. A műszaki fejlődés elmaradása, az innovatív technológiai megoldások ismerete és beépítése az aktuálisan elvárt biztonsági szinttől fokozatosan és jelentősen elmaradó üzemeltetést eredményez (pl.: ammóniás hűtőházak).
Elektromos, elektronikai rendszerek megbízhatóságának csökkenése, eszközök és kábelek avulása	A folyamatirányító rendszerek elektronikai meghibásodása a folyamatok ellenőrizhetetlenné válásán keresztül vezethet súlyos balesethez.	IT megoldások, szoftverek, felügyeleti rendszerek avulása, sebezhetősége, lejárata	A lejárt licenzzű, vagy csak informatikai támogatottságot korára tekintettel már nem élvező rendszerelemek teljes vállalati informatikai összeomlást eredményezhetnek.	Munkavállalók	Esetenként a munkaerőhiány következtében az üzemeltető nem tud figyelemmel lenni az életkori sajátosságokra éjszakai munkavégzésre történő beosztás esetén. A nyugdíjkorhatár közelében lévő fizikai dolgozók nehéz fizikai munkára, éjszakai készenlétre történő alkalmazása biztonsági kockázatot rejt magában.

3. táblázat. Öregedési jelenségek megjelenési formái [Forrás: saját szerkesztés]

Értékelési segédlet:

f _{n7a} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	f _{n7a} < 0,05
2	0,05 ≤ f _{n7a} < 0,15
3	0,15 ≤ f _{n7a} < 0,35
4	0,35 ≤ f _{n7a} , illetve, ha nem ismert az alapok, nincs nyilvántartás

N.7.b. Csővezetékek eseményei

$$\gg \text{ Számítási módszer: } f_{n7b,n7b'} = \frac{\text{lyukadás számossága}}{\text{vezeték hossz} \cdot \text{vizsgált időtartam}} \left[\frac{\text{db}}{\text{m} \cdot \text{év}} \right]$$

A BM OKF folyamatosan nyomonköveti a hazai üzemzavarok alakulását, statisztikát vezet a kiváltó okokról és összegyűjti a szakmai szervezetek számára legfontosabb tanulságokat. Ennek eredményeként, összhangban több tagállam tapasztalataival [7], került előtérbe a csővezetékek és tömítések meghibásodása, mint olyan közvetlen műszaki kiváltó ok, amely szoros összefüggést mutat a veszélyes üzem öregedési állapotával.

A nemzetközi súlyos balesetek tapasztalata arra mutat rá, hogy gyakran egy kis átmérőjű csatlakozóvezeték meghibásodása vagy egy kifejezetten kisméretű lyukadás inicializálja az eseményeket begyulladás és gyors dominóhatás útján, amely olyan érzékeny berendezések meghibásodásához vezethet, mint az izolált/leállított vezetékek, amelyek nagyobb mennyiségű veszélyes anyag kibocsátáshoz vezetnek.

4. Példa

A csővezetékek közötti belső dominóhatás súlyosságát szemléltető esemény következett be 2016. október 17-én Németországban, amikor karbantartás közben tűz ütött ki egy felső küszöbértékű veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemben, amelyet több robbanás követett. A súlyos balesetben 4 ember életét veszítette (közülük 3 létesítményi tűzoltó és 1 kikötőben tartózkodó személy), az anyagi kár elérte a több millió eurós nagyságrendet.

Az esemény kialakulásához az vezetett, hogy egy propilén cső karbantartása során az alvállalkozó tévesen egy nem leürített vezetékot vágott át. A kikerülő tűzveszélyes gáz a jelenlévő szikrától rögtön begyulladt. A kezdeti tűz kézi tűzoltókészülékekkel történt sikertelen oltási kísérletét követően a közelben található etilént szállító csővezeték (88 bar, NA250) felrobbant. Ennek során a csővezeték 30 méteres darabja elrepült, a beavatkozó tűzoltókat találta el. A tűz áterjedt más gázvezetésekre és a kikötő egyéb létesítményeire, az ott tartózkodó járművekre. Több gázrobbanás is történt ezután. Az esemény kapcsán a környező lakosokat elzárkóztatták. A halálos áldozatokon felül további 7 súlyos és 122 könnyű sérültet láttak el. A tüzet 160 tűzoltó fékezte meg, mintegy 10 óra alatt, teljes üzemi leállítás és nagymennyiségű irányított fáklyázás mellett. [27]



5. ábra: Ludwigshafen robbanás (Forrás: [27])

Első lépésként az üzemi csővezeték hálózat hosszát kell meghatározni (veszélyes anyag szállító vezeték hálózat hossza méterben kifejezve), külön a 150 mm alatti és a 150 mm átmérőt elérő vezetékszakaszokra (tekintettel arra, hogy ezek lyukadási gyakoriságát a legtöbb szakirodalom külön kezeli, ld. [15], [16]). Ennek során lehetőség van műszaki becslésre, amennyiben a műszaki tervdokumentáció tanulmányozása aránytalanul nagy terhet jelent a felmérés szemszögéből.

A csővezetékek lyukadásai közé kell számítani az elmúlt 3 évben bekövetkezett valamennyi olyan veszélyes anyag kikerüléssel járó eseményt, ahol veszélyes anyag került ki bármilyen kis mennyiségben, vagy a lyukadás kapcsán a veszélyes anyag kikerülést csak egy további védelmi zár (pl.: vákuum alatt történő szállítás) megfelelő működése akadályozta meg.

Az ilyen jellegű eseményekről való információgyűjtés során elsősorban az üzemi dolgozók által elmondottakra támaszkodhatunk. Az üzemi dolgozók/karbantartók által összegyűjtött esemény-lista felüellenőrzésének eszköze a munkavállalókkal (elsősorban műszakvezetők, karbantartási csoportvezetők) történő személyes konzultáció és a műszaknaplók, gépkönyvek tanulmányozása.

Értékelési segédlet:

150 mm névleges belső csőátmérő alatt:

f_{n7b} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium [esemény/(m*év)]
1	$f_{n7b} < 10^{-6}$
2	$10^{-6} \leq f_{n7b} < 10^{-5}$
3	$10^{-5} \leq f_{n7b} < 10^{-4}$
4	$10^{-4} \leq f_{n7b}$

150 mm névleges belső csőátmérő felett:

$f_{n7b'}$ - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium [esemény/(m*év)]
1	$f_{n7b'} < 10^{-7}$
2	$10^{-7} \leq f_{n7b'} < 10^{-6}$
3	$10^{-6} \leq f_{n7b'} < 10^{-5}$
4	$10^{-5} \leq f_{n7b'}$

N.7.c. Tömítések eseményei

» Számítási módszer: $f_{n7c} = \frac{\text{tömítés sérülések}}{\text{oldható kötések számossága}}$

Tekintettel arra, hogy hazánkban egyik leggyakoribb, öregedéshez köthető közvetlen műszaki kiváltó ok a különböző tömítések lyukadása/szakadása, ezen szempont vizsgálata vált célszerűvé a felmérés keretében.

Első lépésként fel kell mérni az üzemi csőhálózaton (veszélyes anyagokat szállító vezetékrendszeren) található oldható kötések számosságát, köztük elsősorban a következőket:

1. perem (karima) kötés;
2. menetes kötés;
3. hollanderes kötés;
4. hornyolt, kuplung kötés (victaulic kötés).

Ennek során lehetőség van műszaki becslésre, amennyiben a műszaki tervdokumentáció tanulmányozása aránytalanul nagy terhet jelent a felmérés szemszögéből.

A tömítések meghibásodásai közé kell számítani az elmúlt 3 évben bekövetkezett valamennyi olyan, veszélyes anyag kikerüléssel járó eseményt, ahol veszélyes anyag került ki bármilyen kis mennyiségben, vagy a szakadás kapcsán a veszélyes anyag kikerülést csak egy további védelmi zár (pl.: vákuum alatt történő szállítás) megfelelő működése akadályozta meg.

Az ilyen jellegű eseményekről való információgyűjtés során a felmérést végző az üzemi nyilvántartásokon kívül elsősorban az üzemi dolgozók által elmondottakra támaszkodhat. Az üzemi dolgozók, karbantartók által összegyűjtött esemény-lista felüellenőrzésének eszköze a munkavállalókkal (elsősorban műszakvezetők, karbantartási csoportvezetők) történő személyes konzultáció és a műszaknaplók, gépkönyvek tanulmányozása.

Értékelési segédlet:

f_{n7c} - Súlyossági kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
1	$f_{n7c} < 10^{-3}$
2	$10^{-3} \leq f_{n7c} < 10^{-2}$
3	$10^{-2} \leq f_{n7c} < 10^{-1}$
4	$10^{-1} \leq f_{n7c}$

P.1. Fizikai védelmek

- » *A vizsgálati szempont alapja:* a kiindulási módszertan [2] *Physical protections* szempontja
- » *Vizsgálati módszer:* műszaki állapot megítélésén alapuló értékelés és egyedi vizsgálati kérdések
- » *Vizsgálandó elemek:* a kritikus berendezésnek minősülő tartályok, csővezetékek szakaszok, technológiai edények/hőcserélők/kemencék

A szakirodalmak (pl.: [9, 2]) több különböző bevonattípust megkülönböztetnek, amelyek figyelembe vehetők a tartályok, csővezetékek várható élettartamára pozitív hatással bíró fizikai védelemként. A bevonatok felmérésén túl ugyanakkor célszerű az egyéb, gyakran időt állóbb jó gyakorlatok pozitív értékelésére is figyelemmel lenni, ezért a vizsgálati szempont kiegészül a kémiaiilag stabil anyagok szerkezeti anyagként történő alkalmazásával és az aktív korrózióvédelmet megvalósító katódvédelemmel.

Jelen vizsgálati szempont tekintetében célszerű a biztonság szempontjából kritikus berendezések közül a tartályok, csővezetékek, aktív technológiai berendezések körében felmérni az elsődleges fizikai védelmek állapotát. Elsődlegesnek az a fizikai védelem minősül, amelynek súlyos balesetek megelőzése szempontjából legnagyobb hatása van. Erre tekintettel minden esetben hátra sorolandó a festés, mivel az csak külső felületi korrózió lassítására alkalmas, amely jellemzően nem tekintendő elsődlegesen súlyos baleseti veszélyforrásnak. A különböző védelmi típusok prioritása a következő lista alapján mérlegelendő:

- 1) kémiaiilag stabil anyagok alkalmazása szerkezeti anyagként (pl.: saválló acél, üvegszál);
- 2) tűzihorganyzás;
- 3) eloxálás;
- 4) belső fémötvözet réteg;
- 5) belső üvegszál bevonat;
- 6) tűzálló bevonatok;
- 7) katódvédelem;
- 8) külső bevonat (festés).

A felmérés során lehetőség van az üzemeltetésért felelős vezető megalapozott indokai alapján eltérni a fenti sorrendtől.

A figyelembe vehető fizikai védelmek rövid bemutatása:

- 1) Kémiaailag stabil anyagok alkalmazása szerkezeti anyagként: elsősorban a saválló acél és az üvegszálas műanyag szerkezetű berendezések tartoznak ebbe a kategóriába, amely azonban egyéb, ritkán alkalmazott szerkezeti anyagot is lefedhet (pl.: titán, sárgaréz)



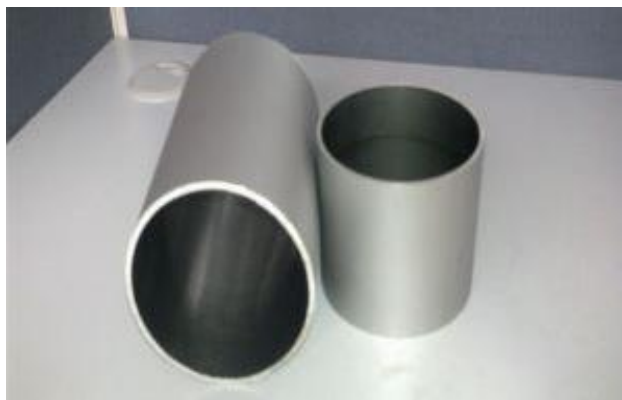
6. ábra: Kémiaailag stabil anyagok alkalmazása szerkezeti anyagként (Forrás: www.chemark.hu)

- 2) Tűzihorganyzás: a folyékony cinkbe mártás során felületi ötvözet keletkezik és az eredeti fémfelület korróziógátló tulajdonságú lesz. Egy esetleges felületi sérülés esetén is a cink felület korrodálódik, nem az alapfém.



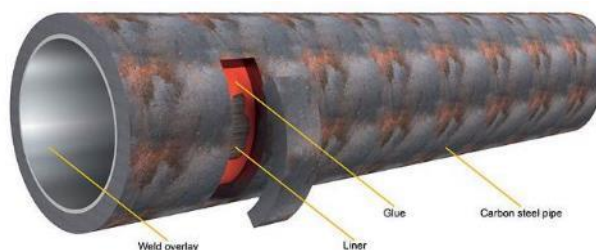
7. ábra: Tűzihorganyzás (Forrás: www.mezohir.hu)

- 3) Eloxálás: az alapfém (általában alumínium) felületén mesterségesen megnövelt oxid réteget hoznak létre a növelt korrózióállóság érdekében.



8. ábra: Eloxálás (Forrás: www.ewhaluminum.com)

- 4) Belső fémötvözet réteg: a mechanikai szilárdságot a nagy falvastagságú (pl.: szénacél) teherhordó szerkezeti csőfal viseli, amelynek belső falán a belső korrózió, erózió gátlása érdekében vékony, rozsdamentes fémötvözet réteggel látják el.



9. ábra: Belső fémötvözet réteg (Forrás: www.butting.com)

- 5) Belső üvegszál bevonat: az előzőhöz hasonló rétegrend, azonban a belső, korrózióálló réteg az időnek kevésbé ellenálló üvegszál anyagú, jellemzően utólag, kenéssel felvitt réteg.



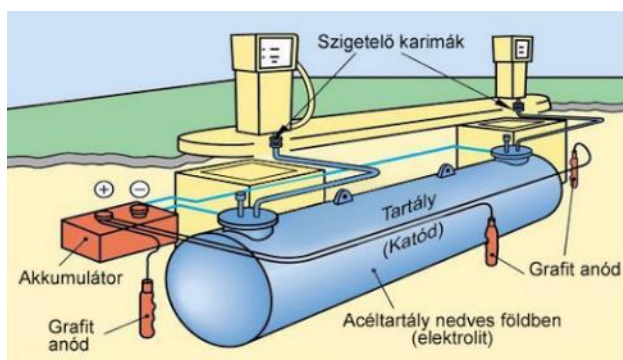
10. ábra: Belső üvegszál bevonat (Forrás: www.justdial.com)

- 6) Tűzálló bevonat: elsősorban a csőkemencék bélelésére használt védelmi réteg, amelynek alapfeladata a hő elleni védelem, azonban járulékos haszna a kedvező korróziógátló hatás is.



11. ábra: Tűzálló bevonat (Forrás: www.refractorylining.net)

- 7) Katódvédelem: a korróziógátlás aktív formája, jellemzően földalatti berendezések védelmére szolgál. Egyik típusánál feszültségforrást alkalmaznak a szerkezeti fém, mint katód és a direkt lebomlásra szánt anód között, másik típusánál alacsony elektronegativitású fémrel kötik össze a szerkezeti fém, így redukáló szerként az alacsonyabb elektronegativitású fém fogyása látja el a védelmet.



12. ábra: Katódvédelem (Forrás: de.wikipedia.org)

- 8) Külső bevonat (festés): a korróziógátlás legalapvetőbb típusa, külső védőfesték alkalmazása.



13. ábra: Külső bevonat - festés (Forrás: www.renuelfuel.com)

Fenti típusú fizikai védelem állapota szemrevételezéssel csak a külső bevonatok (festés) esetén állapítható meg. Erre a kategóriára, a szubjektivitás minimalizálása érdekében jelen útmutató 2. számú melléklete fényképes kategória meghatározást tartalmaz. Az ellenőrök ennek a mellékletnek segítségével sorolhatják be a vizsgált kritikus berendezések külső bevonatának (festésének) állapotát a hozzájuk legközelebb álló kategóriákba.

A festéstől eltérő fizikai védelmek állapotának megállapítása a felülvizsgálati jegyzőkönyvek alapján, valamint a műszaki állapot nyomon követéséért felelős vezető által előadottakra támaszkodva történik, annak függvényében, hogy az adott berendezés elsődleges fizikai védelmének állapotát mikor ellenőrizték utoljára. Ennek megítélésére a 2. számú melléklet táblázatos segédletet tartalmaz.

Értékelési segédlet:

f _{p1} - Védelmi képesség kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
a	kiváló (tökéletes) állapotban lévő
b	jó állapotban lévő
c	átlagos állapot, figyelembe vehető védelem
d	nincs fizikai védelem, vagy állapota nem alkalmas védelemre

P.2. Folyamatfelügyelet

- » *A vizsgálati szempont alapja:* a kiindulási módszertan [2] *Process control* szempontja
- » *Vizsgálati módszer:* csekklista
- » *Vizsgálandó elemek:* önálló folyamatfelügyeleti rendszerrel ellátott üzemegységek
- » *Számítási metódus:* $f_{p2} = \sum_{i=1}^x \frac{\text{pozitívként azonosított szempontok}}{5}$, ahol
x: az önálló folyamatfelügyeleti rendszerrel ellátott üzemegységek száma
- » Amennyiben az *üzemeltető* a gyártásfelügyelet érdekében műszerezettséggel és folyamatfelügyeleti rendszerrel rendelkezik, aktívan képes monitorozni a zajló fizikai, kémiai reakciókat (például nyomás, hőmérséklet, koncentráció, áramlási viszonyok, töltöttségi szintek mérésével). Ennek a képességnek biztonságnövelő hatása van, mivel lehetővé teszi baleseti eseménysorok megelőzését a berendezések anyagát érő extrém terhelések kiküszöbölésével. Különösen igaz ez abban az esetben, ha a folyamatirányító rendszeren keresztül az üzemeltető képes (automatikusan) beavatkozni vészjelzés esetén. A legalacsonyabb, már értékelhető biztonsági szint az, ha az üzemeltető a gyártásfelügyelet érdekében műszerezettséggel és folyamatfelügyeleti leírással rendelkezik. Az adatarchiválás biztosíthatósága a vállalati tudás megőrzése szempontjából bír jelentőséggel. Mindezek értékelésére az üzemeltetésért felelős vezetővel folytatott interaktív kommunikáció eredményeként igen/nem válaszok aránya adja meg a szempont pozitív ellentételező hatásának összértékét.

Összetett üzemek esetében a szempont értékelése során szükségeszerű önálló folyamatfelügyeleti rendszerrel ellátott üzemegységenként vizsgálni a veszélyes üzemet. Különálló egységet indokolt megkülönböztetni aszerint, hogy a szisztematikus kiválasztás során hány olyan különböző üzemegység, üzemeltetési egység, létesítmény vizsgálatára kerül sor, ahol a folyamatirányítás, vészjelzés, beavatkozási lehetőség különbözik. Egy relatíve kis üzemben is lehet 2-3 önálló, szeparált folyamatirányítási rendszer (pl.: szennyvízkezelő üzem esetében egy a rothasztást felügyelő és egy a biogáz tárazásért és felhasználásért felelős), amelyek esetében egyenként szükséges választ adni a kérdésekre. Ennek ellenkezője is igaz, hiszen kifejezetten nagy alapterületű, komplex üzemek esetén is előfordulhat, hogy valamennyi folyamatirányítási, vezérlési, automatizálási részelem egy közös rendszerben fut össze,

központosított vezérlőteremből folyik a beavatkozás, ilyen esetben elég egy üzemegységként kezelni a veszélyes üzemet.

Csekklista a folyamatfelügyelet értékeléséhez:

1. Üzemeltető a gyártásfelügyelet érdekében műszerezettséggel és folyamatfelügyeleti rendszerrel rendelkezik?
2. A folyamatfelügyeleti/folyamatirányítási rendszer adatarchiválással ellátott?
3. A folyamatirányító rendszer vészjelzést ad hiba esetén?
4. A folyamatirányító rendszer vészjelzése esetén helyszíni manuális vészleállítási lehetőség rendelkezésre áll?
5. A folyamatirányító rendszeren keresztül a veszélyes folyamatok vészeseti leállítása távműködtetéssel, automatizáltan megoldott?

Értékelési segédlet:

f_{p2} - Védelmi képesség kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
a	$0,66 \leq fp2$
b	$0,33 \leq fp2 < 0,66$
c	$0 < fp2 < 0,33$
d	$fp2 = 0$

P.3. Eljárások naprakészen tartása

» *Vizsgálati módszer:* csekklista

» *Számítási módszer:* $f_{p3} = \frac{\text{pozitívként azonosított szempontok}}{\text{releváns szempontok}}$

Az eljárások, dokumentumok, informatikai rendszerek naprakészen tartása megkérdőjelezhetetlen jelentőséggel bír a vállalati tudás és memória megőrzése tekintetében. A szakirodalmi megállapítás [3], miszerint az öregedési jelenségek következtében a nem várt események bekövetkezési valószínűsége nő, ha magára hagyjuk a rendszert – ezért az azonosított események kockázati mátrixban elfoglalt helyük megőrzéséhez is már öregedéskorrekció kell – nem csupán fizikai rendszerekre igaz, ezért is kiemelkedően fontos az eljárások naprakészen tartása. Az az üzemeltető, aki megfelelő módon tartja karban dokumentációs rendszereit, rendszerezi, archiválja és megújítja előírásait, műszaki tervdokumentációit, illetve gondoskodik az informatikai támogatottságának folyamatos szinten tartására, jelentős lépést tesz az öregedési jelenség megfelelő kezelésére. Ezt az erőfeszítést hivatott értékelni a vizsgálati szempont.

Az eljárások naprakészen tartásának pozitív hatása a két al-szemponthoz (P.3.a-b.) eredményeinek átlagával jellemezhető.

P.3.a. Tervek, dokumentációk elérhetősége

» *Vizsgálandó elemek:* önálló üzemegységek

Az al-szemponthoz vizsgálata során azt kell felmérni, hogy adott üzemegységek fizikai létesítményeinek, technológiai rendszereinek műszaki jellemzőit leíró dokumentációk mennyiben érhetőek el a múltbeli (tervezéskori), illetve az aktuális állapotról.

A hazai ellenőrzések során több esetben találkozott azzal a hatással, hogy egyes üzemegységek, technológiák alapvető műszaki paramétereinek ismeretében bizonytalanság mutatkozott. Ez általában arra volt visszavezethető, hogy a tervezéskori állapotról is csak részlegesen,

hiányosan állt rendelkezésre tervdokumentáció, amelynek aktualizálása nem valósult meg az elmúlt év(tized)ekben, így lényeges eltérések mutatkoztak a valódi kialakításhoz képest.

5. Példa

A 14. ábrán látható mérés egy küszöbérték alatti üzemben ammónia szállítására alkalmazott csővezeték átmérőjének ellenőrzése céljából vált szükségessé. Az ellenőrzés során megállapításra került, hogy az adott üzem nem rendelkezett az ammóniás csővezeték-hálózatáról naprakész műszaki tervdokumentációval.

A súlyos káresemény elhárítási tervben feltüntetett – közel 20 éves, papír alapú műszaki alapterv alapján megállapított – csőátmérő a valós mérettől jelentősen eltért, így a biztonsági dokumentáció felülvizsgálata vált szükségessé, különös tekintettel a mennyiségi kockázatelemzés bemenő paramétereire.



14. ábra: Hatósági ellenőrző mérés (Forrás: saját készítés)

Fenti példán keresztül felismerhető több jelenség, ami az üzem súlyos öregedési érintettségére utal:

- az üzemvezetés tudatosságát jellemzi az a tény, hogy fentiekkel összefüggésben az üzemeltető az ellenőrzés során jegyzőkönyvben rögzítettek szerint elmondta, hogy az üzemeléshez nem elengedhetetlenül szükséges a csőátmérők ismerete, hiszen a zárt rendszerben keringtetett ammónia mennyisége elegendő a kívánt hűtési feladat *szokás szerinti* ellátására;
- a fizikai öregedést jellemzi a szemmel látható leromlott műszaki állapot, előrehaladott felületi korróziós jelenség, hiányzó hőszigetelés, stb.

Az eset megnyugtató végkifejletként elmondható, hogy az ellenőrzést követő időben intenzív hatósági jelenlét volt biztosított a telephelyi állapotok rendezése érdekében. Számos üzemeltetői konzultáció zajlott, egyeztetések folytak, kötelezések kerültek kiadásra. Végül az üzemeltető a telephely egyéb célú hasznosítása mellett döntött és az üzemében a veszélyes anyagok jelenlétét megszüntette.

Csekklista a tervek, dokumentációk elérhetőségének értékeléséhez:

1. Tervrajzok, P&ID-k, műszaki leírások a tervezéskori állapotról *papír alapon* elérhetők?
2. Tervrajzok, P&ID-k, műszaki leírások a tervezéskori állapotról *elektronikus formában* (CAD/PDF) elérhetők?
3. Tervrajzok, P&ID-k, műszaki leírások az aktuális állapotról elérhetők?

(Amennyiben a tervezéskori állapotról tervrajzok, P&ID-k, műszaki leírások csak elektronikus formában érhetők el, abban az esetben is bejelölhető a papír alapú kérdésre (is) az igen válasz.)

Összetett üzemek esetén javasolt a szempont értékelése során önálló üzemegységekre osztani a veszélyes üzemet. A vizsgálat átláthatósága érdekében a kritikus berendezéseket magukban foglaló, fizikailag elhatárolt létesítményeket, üzemegységeket indokolt megkülönböztetni aszerint, hogy a korábban vizsgálatra kiválasztott kritikus berendezések hogyan határolhatók el az üzem belüli elhelyezkedéstől, elkülönült gyártási folyamattól, különböző üzemeltetésért felelős szervezeti egységtől függően. A legegyszerűbb, legkézenfekvőbb megoldás külön üzemegységként kezelni a különböző technológiai épületben lévő berendezéscsoportokat (pl. tartálparkok, gyártó csarnokok, stb.). Célszerű továbbá az adott üzem bevett gyakorlatát követve, elkülönítlen kezelni azon egységeket, amelyeket az üzemeltető nevesítve külön kezel (pl.: hűtőrendszer, gyártósor, raktár, szivattyúszín, csővezetékek, stb.).

A feltett kérdésekre adott igen-nem válaszok arányában kerül az al-szempont értékelésre.

P.3.b. Informatikai támogatottság

- » *Vizsgálendő elemek:* a kérdéslistában szereplő releváns (adott üzemre vonatkoztatható) kérdések

Az eljárások naprakészen tartásának ki kell terjednie az informatikai rendszerek eljárásainak, szoftvereinek, megvalósulásának naprakészen tartására is. Az informatikai környezetben belül, biztonság szempontjából kiemelt jelentőséggel az ipari vezérlő rendszer (ICS) bír. Az ICS röviden megfogalmazva egy olyan rendszer, amely IT megoldások útján, valós időben, szoftveresen irányítottá teszi a fizikai folyamatokat, eszközei a PLC-k (programozható logikai vezérlők) és SCADA (felügyeleti irányítást és adatgyűjtést megvalósító) rendszerek.

Az [7] MJV ülésen azonosított, ICS öregedési jelenség általában onnan eredeztethető, hogy a régóta működő, meglévő vezérlő rendszerek működését kizárólag a hosszú évek (évtizedek) óta telephelyen dolgozó szakemberek ismerik mélyrehatón, ők sokszor azonban nem képesek/hajlamosak az új technológiák adaptálására. Bár a fizikai öregedés az interfészeken jellemzően nem jelent problémát (20-40 éven keresztül szolgálatnak a különböző mérőműszerek megbízhatóan adatot), elmondható, hogy egy-egy cserélendő eszköz pótlása hatalmas akadályokba ütközik manapság. Példaként hangzott el az MJV ülésen egy másodlagos funkciót ellátó adatfeldolgozó computer tönkremenetele, amely teljes gyárleállást okozott egy Svéd üzemben, mivel nem lehetett soros porttal ellátott számítógépet időben beszerezni.

Csekklista az informatikai támogatottság értékeléséhez:

1. Az alkalmazott szoftverek mindegyike eredeti, érvényes licenc-el rendelkezik?
2. Az alkalmazott szoftverek verziófrissítései, naprakészsége megfelelő, igazodik az üzemi igényekhez, kielégítve a sérülékenységi által támasztott biztonsági igényeket?
3. Figyelemmel kísérték az egyes szoftverek verziófrissítésének esetleges negatív következményei (pl.: korábban eltárolt adatok és korábbi fájl típusok olvashatósága, kompatibilitás problémája)?

4. A folyamatirányító rendszerek sérülékenysége figyelemmel kísért, külső támadás elleni védelme megoldott (pl.: internetre nem csatlakozó, elkülönült informatikai rendszer)?
5. A folyamatirányító rendszerek karbantartására rendelkezik az üzem hosszú távú alvállalkozói szerződéssel? (Gyakran a PLC-k időszakos karbantartására hosszú évtizedek múlása miatt már nincs elérhető szaktudás a piacon.)
6. Több évre visszamenőleg tárolják az üzemben a biztonsági mentéseket egy esetleges informatikai összeomlás helyreállítása végett? (A károkozó például éveken keresztül rejtőzhetett a rendszerben aktivitás kifejtést megelőzően.)
7. A szoftveres és hardveres környezet naprakészen tartása érdekében üzemeltető rendelkezik hosszú távú tervekkel? (Célszerű ehhez hosszú távú partneri kapcsolatot kialakítani és ápolni a beszállítókkal, karbantartókkal.)
8. Az IT rendszerek, tartalék infrastruktúrák időszakos tesztelését ugyanúgy végre hajtják időről időre, mint a tartalék fizikai berendezések próbáját (pl.: vésztartalék szivattyúk működési próbájának mintájára)?
9. Az üzem rendelkezik naprakész kockázatelemzéssel az IT rendszereire, amely figyelemmel van az öregedésre és a kiberbiztonságra is?
10. Minden időpontban rendelkezésre áll a folyamatirányító rendszerek szoftveres környezetét mélységében ismerő szakember, aki váratlan meghibásodás esetén be tud avatkozni a programozási környezetbe (pl.: újra tudja indítani a rendszert)?

Értékelési segédlet:

f_{p3} - Védelmi képesség kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p3}$
b	$0,33 \leq f_{p3} < 0,66$
c	$0 < f_{p3} < 0,33$
d	$f_{p3} = 0$

P.4. Vállalati memória, tudás fenntartás

» *Vizsgálati módszer:* egyedi vizsgálati kérdések

» *Számítási módszer:* $f_{p4} = \sum_{i=1}^x \frac{\text{pozitív válaszok}}{\text{releváns kérdések}}$, ahol

x: a vizsgált kritikus berendezések (P.4.a.), illetve a vizsgált önálló üzemegységek (P.4.b.) száma

A vállalati memória, tudás fenntartás pozitív hatása a két al-szemponthoz (P.4.a-b.) eredményeinek átlagával jellemezhető.

P.4.a. Berendezések életútjáról rendelkezésre álló információ

» *Vizsgálandó elemek:* valamennyi kritikus berendezés (esetenként szűkíthető)

A vállalati memória, tudás fennmaradásának értékelését célszerű olyan, objektívan megítélhető paraméterek vizsgálata mentén elvégezni, amely reprodukálható, széles körben alkalmazható és valós kapcsolata van a súlyos balesetek kockázatával. Ennek érdekében célszerű a kritikus berendezések tervezési állapotára vonatkozó információk rendelkezésre állását és az életútjuk során bekövetkezett változások nyomon-követettségét vizsgálni a következő kérdések szisztematikus megválaszolásával, külön-külön minden egyes vizsgált berendezésre:

- 1) Dokumentáltan ismert, hogy a tervezéskori állapotban milyen anyagra szánták a berendezést?
- 2) Dokumentáltan ismertek az életút során történt (anyagi minőségi) változások?
- 3) Dokumentáltan ismert, hogy a tervezéskori állapotban milyen hőmérséklet tartományra szánták a berendezést?
- 4) Dokumentáltan ismertek az életút során történt (hőmérsékletviszonyi) változások?

- 5) Dokumentáltan ismert, hogy a tervezéskori állapotban milyen nyomás tartományra szánták a berendezést?
- 6) Dokumentáltan ismertek az életút során történt (nyomásviszonyi) változások?

A felmérést a kritikus berendezések listájához rendelve célszerű elvégezni. Azt, hogy a kritikus berendezések körét az üzemeltető leszűkíti-e bizonyos kiválasztott berendezésekre, vagy valamennyi berendezést vizsgálja, az üzem komplexitása, a berendezések számossága és a felmérésre rendelkezésre álló erőforrás függvényében kell egyedileg eldönteni. Jelen útmutató V. fejezete ajánlást fogalmaz meg az üzemeltetők részére a döntés meghozatalához.

A válaszok elsősorban abban az esetben értékelendők pozitívan a szempont vizsgálata során, ha rendelkezésre áll írásos bizonyíték. Ennek indokoltsága éppen az, hogy a megfelelő öregedés menedzsment nem pusztán egyes dolgozók emlékeire, műszaki tudására hagyatkozik, hanem megfelelően kezeli műszaki dokumentációs archívumát, így az információk folyamatos elérhetőségét személy-függetlenül biztosítja hosszú távon.

A berendezések életútja során megváltozott állapotok vizsgálata szintén dokumentációs alapú kell, hogy legyen. Amennyiben az üzemi alkalmazottak emlékeznek valamely különleges időszakra (pl.: emelt szállítási nyomáson rövid idejű próbaüzem; technológiai üzemzavar következtében kialakult túltöltés, túlnyomás, vákuum; vagy akár pandémiás helyzet okán hosszú időn át elégtelen hűtés; stb.), de a műszaki dokumentációkban (például elsősorban gépnapló, SAP PM) ezek nem egyértelműen nyomon követhetők, az adott berendezés értékelése során „nem” válasz adandó.

Amennyiben a berendezések életútja során sem az anyagi minőség, sem a hőmérséklet-, illetve nyomásviszonyok tekintetében nem történt változás (pl.: tervezéskori állapot óta változatlan viszonyok között üzemelő hűtőrendszer), úgy – tekintettel az üzem sajátos jellegéből adódó stationer állapotra – ezt az al-szemponthoz javasolt figyelmen kívül hagyni a teljes üzem érintettségének összegzésekor.

P.4.b. Jelenkori előírásoknak való megfelelés

» *Vizsgálandó elemek:* önálló üzemegységek

A szempont vizsgálatának a célja annak megállapítása, hogy az adott üzem egyes berendezéseinek, üzemegységeinek létesítési idejét jellemző építési/létesítési/üzembe helyezési előírások változása (avulása), a globális műszaki/biztonsági előírásrendszer fejlődésének követése megvalósul-e.

6. Példa

Szakértői konzultációk során megállapításra került, hogy a Magyarország Európai Unióhoz való csatlakozását megelőzően (az EU-s jogharmonizációt előtti időszakban) létesült üzemek, berendezések sok esetben eltérő műszaki színvonalat képviselnek az újonnan létesültekhez képest.

A korábbi eltérő szabályozás a következő témakörökben jelent(het) elsősorban biztonsági kockázatot, amennyiben a jelenlegi műszaki biztonsági jogi követelményrendszernek (pl.: [28], [29], [30]) a berendezés üzemegység nem feleltethető meg:

- nyomástartó berendezések esetén, amennyiben azok nem az EU PED/SPVD direktívákban [17,18] meghatározott követelményrendszer szerint létesültek;
- villamos és műszerautomatikai berendezések esetén, amennyiben azok nem az ATEX direktívában [19] meghatározott követelményrendszer szerint létesültek;
- építmények esetén, amennyiben azok nem az Eurocode 8-ban [20] meghatározott követelményrendszer szerint létesültek.

Sok esetben a szabályozások szigorítására került sor az elmúlt évtizedekben, amelynek lekövetése, az új előírások ésszerű mértékű figyelembevétele és alkalmazása (műszaki fejlesztés, felújító nagykarbantartás során) pozitív üzemeltetői gyakorlat. Amennyiben tehát az egyes üzemegységek megfelelnek a jelenkori építési/létesítési/üzembe helyezési előírásoknak, ezt a jó gyakorlatot a megfelelő öregedés kezelés eszközeként kell értékelni.

A felmérés során az alábbi kérdésekre kell választ adni valamennyi vizsgált berendezés vonatkozásában:

- 7) A nyomástartó berendezések, a töltő berendezések, a kisteljesítményű sűrített gáztöltő berendezések [2/2016. (I. 5.) NGM rendelet], illetve a veszélyes folyadékok vagy olvadékok tárolótartályai, tároló-létesítményei [1/2016. (I. 5.) NGM rendelet] minden esetben megfelelnek a jelenkori gyártási/üzembe helyezési előírásoknak?
- 8) Az épületek/építmények tűzvédelmi kialakítása megfeleltethető a jelenleg hatályos létesítési követelményeknek a következő témakörökben?
 - a. Általános szerkezeti követelmények;
 - b. tűzterjedés elleni védelem;
 - c. rendeltetéstől függő létesítési követelmények;
 - d. kiürítés;
 - e. tűzoltó egységek beavatkozását biztosító követelmények;
 - f. hő- és füst elleni védelem;
 - g. robbanás elleni védelem;
 - h. villamos és villámvédelmi berendezések;
 - i. a beépített tűzjelző berendezésekre vonatkozó szabályok;
 - j. a beépített tűzoltó berendezésekre vonatkozó szabályok;
 - k. éghető folyadékok és gázok tárolására, kimérésére;
 - l. vonatkozó létesítési követelmények.
- 9) A földalatti/földdel fedett tartályok minden esetben megfelelnek a jelenkori gyártási/üzembe helyezési előírásoknak (pl.: duplafalú, szivárgásérzékelővel ellátott kialakításúak)?
- 10) A villamos és műszerautomatikai berendezések minden esetben megfelelnek az ATEX direktívában [19] meghatározott követelményrendszernek?
- 11) Az építmények minden esetben megfelelnek az Eurocode 8-ban [20] meghatározott követelményrendszernek?

Az al-szemponthoz való értékelés a jelenkori műszaki biztonsági és tűzvédelmi jogszabályok, előírások ismeretét feltételezi, ezért nagy szaktudást igényel. Az al-szemponthoz pozitív figyelembevétel ezért elsősorban abban az esetben javasolt, ha a megfelelő szaktudás bevonása biztosított, amely gyakran külső szakértők útján valósítható meg.

Összetett üzemek esetén javasolt a szemponthoz való értékelés során önálló üzemegységekre osztani a veszélyes üzemet. A vizsgálat átláthatósága érdekében a kritikus berendezéseket magukban foglaló, fizikailag elhatárolt létesítményeket, üzemegységeket indokolt megkülönböztetni aszerint, hogy a korábban vizsgálatra kiválasztott kritikus berendezések hogyan határolhatók el az üzem belüli elhelyezkedéstől, elkülönült gyártási folyamattól, különböző üzemeltetésért felelős szervezeti egységtől függően. A legegyszerűbb, legkézenfekvőbb megoldás külön üzemegységként kezelni a különböző technológiai épületben lévő berendezéscsoportokat (pl. tártálparkok, gyártó csarnokok, stb.). Célszerű továbbá az adott üzem bevett gyakorlatát követve, elkülönítetten kezelni azon egységeket, amelyeket üzemeltető eleve nevesítve külön kezel (pl.: hűtőrendszer, gyártósor, raktár, szivattyúszín, csővezetékek, stb.).

Értékelési segédlet:

f _{p4} - Védelmi képesség kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p4}$
b	$0,33 \leq f_{p4} < 0,66$
c	$0 < f_{p4} < 0,33$
d	$f_{p4} = 0$

P.5. Műszaki állapot nyomon követés, karbantartás

- » *A vizsgálati szempont alapja:* a kiindulási módszertan [2] *Integrity Management System* és *Adequacy controls* szempontjai
- » *Vizsgálati módszer:* csekklista
- » *Vizsgálandó elemek:* a kérdéslistában szereplő releváns (adott üzemre vonatkozatható) kérdések
- » *Számítási módszer:* $f_{p5} = \frac{\text{pozitívként azonosított szempontok}}{\text{vizsgált szempontok}}$

A műszaki állapot nyomon követés, karbantartás pozitív hatása a három al-szemponthoz (P.5.a-c.) eredményeinek átlagával jellemezhető.

P.5.a. Állapot nyomon követés rendszere

A kiindulási módszertan [2] megfontolásaival összhangban jelen al-szemponthoz vizsgálata a fizikai öregedéssel kapcsolatos, üzemeltető rendelkezésére álló információról és a vezetői tudatosság szintjéről ad információt, valamint a modernizálás dinamikájáról.

Csekklista az állapot nyomon követés rendszerének értékeléséhez:

1. Üzemeltető rendelkezik műszaki állapot nyomonkövetési tervvel a biztonság szempontjából kritikus berendezésekre?
2. A műszaki állapot nyomonkövetési rendszer tartalmaz más kritikus berendezést is a különböző jogszabályok [pl: 2/2016. (I. 5.) NGM rendelet] által kötelezően ellenőrzött berendezéseken felül?
3. A műszaki állapot nyomonkövetési tervezés során a jogszabály által előírt kötelező ellenőrzési ciklusoknál sűrűbben ellenőriz bizonyos kritikus berendezéseket?
4. A biztonság szempontjából kritikus berendezések állapot felügyeleti ellenőrzés gyakorisága kockázatalapú rangsorolás eredményeként kerül meghatározásra (pl.: Hazard Study módszerrel)?

5. A biztonság szempontjából kritikus berendezések állapot felügyeleti ellenőrzés gyakoriságára alkalmazott kockázatalapú rangsorolás figyelembe vesz súlyos baleseti veszélyeztetési szempontot is az üzemfolytonosság biztosításán túl?
6. Az állapot nyomonkövetési rendszer működtetése során figyelembe vesznek belső szabályozókon felül máshonnan származó jó gyakorlatokat is (pl.: API 580, API 581, EEMUA, CEN CWA)?
7. A vállalat állapotfelügyeleti rendszere tanúsított RBI (risk based inspection - kockázat alapú állapotfelügyeleti módszer) alapú?
8. Az állapot nyomonkövetési rendszer speciális célszoftverrel támogatott (pl.: SAP PM)?
9. Az állapotfelügyeleti rendszer dinamikus update-je megvalósul, azaz a vizsgálatok tervezése dinamikusan frissítésre kerül változtatásokat követően?

A kérdéslista adott kérdéseinek magyarázata:

1. Csak abban az esetben igen a válasz, ha valamennyi vizsgált kritikus berendezés állapot nyomon követésére rendelkezik az üzemeltető írásos tervvel, amelyben a kritikus berendezések egyértelműen azonosíthatók, a hozzájuk rendelt állapot nyomonkövetési gyakorisággal egyetemben. A zárószereplvények rendszeres működési próbáját és a kritikus mérőműszerek rendszeres kalibrációját is tartalmaznia kell az írásos dokumentumnak.
2. Bizonyos kritikus berendezések (pl.: nyomástartó edények, tűzjelző rendszerek) műszaki állapotának nyomon követése jogszabályi kötelezettség. Amennyiben az üzemeltető írásbeli utasítással rendelkezik ezen berendezéseken felül további berendezések rendszeres műszaki állapot felülvizsgálatára, úgy ezen részszempont során pozitív elbírálásban részesül (akár már egy berendezés esetén is).
3. A fentiek szerinti jogszabályi kötelezettségnél sűrűbb állapot nyomonkövetési gyakorlat értékelendő pozitívan (akár már egy berendezés esetén is).
4. Ennél a kérdésnél nem feltétel, hogy valamennyi vizsgált, biztonság szempontjából kritikus berendezés ellenőrzés gyakorisága a kockázatalapú rangsorolás eredménye legyen. Az kerül pozitív elbírálásra, ha jellemzően ilyen módon kerül megállapításra, hogy milyen sűrűn kell a berendezéseket ellenőrizni.

7. Példa

Kockázatalapú döntésre hétköznapi példa [3]: a legtöbb zsindelytetőnek kb. 25 év a tervezett élettartama. Két évtizednyi, kíméletlen időjárásnak való kitettség után általában a zsindelyek leválnak és lecsúsznak. Bárkinek egyértelmű lehet a földről nézve is, hogy az állapotromlás előrehaladott. A rendszert magára hagyva, súlyos károsodás következhet be a családi otthonban. Ezt a problémát négyféleképp kezelhetjük:

- 1) megjavíthatjuk (kipótolhatjuk) a leesett zsindelyeket;
- 2) figyelmen kívül hagyhatjuk a problémát, amíg az összes zsindely tönkre nem megy, ekkor cseréljük az összes cserepet;
- 3) figyelmen kívül hagyhatjuk a problémát, amíg már a ház maga is károsodik, ekkor cseréljük az összes cserepet;
- 4) lecserélhetjük az összes cserepet már akkor, amikor a tetőszerkezetben még nem keletkezett kár.

Az első megoldás egy soha véget nem érő körjáték, amiben megpróbáljuk mindig a toldozást-foldozást, amíg nagyobb kár ki nem alakul. Ezt hívják *ragtapasz* (Band-Aid) megközelítésnek. A következő problémákat veti fel: Hogyan tudja valaki nyomon követni a régi-új zsindelyek helyzetét? Minőségi és színbeli eltérések? Hogyan cserélhető mindig egy zsindely a környezők sérülése nélkül? Végeredményben az egyes cserék összköltsége meghaladja a teljes felújítás költségét.

A második eset is költségesebb, mint az azonnali felújítás, mivel az összefüggő nagy hibák már a tetőszerkezet részleges állapotromlását is okozzák. A második megoldás elfogadja a halogatásban rejlő kockázatot.

A harmadik megoldás nem pusztán a kockázatot, hanem a biztos károsodást is elfogadja.

A negyedik amellet, hogy a legolcsóbb, megnyugtató tulajdonsággal is bír, hiszen a tető éveken át nem fog beázni.

5. Ha a 4. kérdésre adott válasz pozitív volt, tehát létezik az üzemből kockázat alapú rangsorolás, pozitívan bírálható el az olyan rendszer, amelyik nem pusztán pénzügyi érdekek mentén lett létrehozva (termelés-folytonosság fenntartást előtérbe helyezve), hanem figyelemmel van az esetleges balesetek egészség- és környezetkárosító hatásaira is. Gyakran ennek megvalósulása csupán egy plusz tagként érhető tetten a kockázati összegképben.
6. Ennél a kérdésnél azt a pozitív üzemeltetői gyakorlatot lehet értékelni, ha az üzemeltető figyelembe veszi a nemzetközi szervezetek által kidolgozott, tanúsított kockázatalapú ellenőrzési rendszereinek ajánlásait. (pl.: [9], [21], [22], [23])
7. A fentiek szerinti tanúsító szervezet által kidolgozott kockázatalapú ellenőrzési rendszer teljes körű, tanúsított adaptációja értékelendő.
8. Az állapotfelügyeleti ellenőrzések támogatására (ütemezés, naplózás, anyagigény megrendelés, hibajelentés, stb.) támogatására célszoftverként a hazai gyakorlatban leggyakrabban az SAP Plant Maintenance modulja került telepítésre. Ettől eltérő célszoftver is értékelhető abban az esetben, ha egy egyszerű táblázatkezelő szoftverhez (pl.: Excel) képest jelentős többlettudással rendelkezik. Az excelben vezetett tervek és nyilvántartások bár alkalmasak lehetnek egyszerű üzemek állapot nyomonkövetési rendszereinek kézben tartására, jelen al-szemponct tekintetében nem minősülnek kiemelendő jó gyakorlatnak.

9. Az állapot nyomonkövetés rendszerének olyan jellegű dinamizmusa értékelendő, hogyha az alkalmas a különböző forrásból (pl.: bekövetkezett események tapasztalatai, hasonló berendezés műszeres mérésének eredményei, stb.) származó módosításigények átvezetésére. Ebből a szempontból az éves tervezésen alapuló, fix ellenőrzés gyakoriságot előíró, determinisztikus rendszerek általában nem értékelendők pozitívan.

P.5.b. Állapot felügyeleti ellenőrzések hatékonysága

Az al-szempon az alkalmazott tesztek és mérések hatékonyságát hivatott felmérni, a mérések megbízhatósága és az állapotromlási mechanizmusok felderítésére alkalmazott eljárások megfelelősége tekintetében.

Ha a negatív szempontok túlsúlyban vannak egy adott üzemben (jelentősen előrehaladott öregedési érintettség, megfelelő védelmi intézkedések nélkül), az ellenintézkedések közül mindenképpen célszerű ezen al-szemponatot is figyelemben részesíteni és az elérhető legjobb állapotfelügyeleti technikákat alkalmazni.

Csekklista az állapotfelügyeleti ellenőrzések hatékonyságának értékeléséhez:

10. Műszeres állapotfelügyeleti ellenőrzésre kioktatott saját állomány részt vesz az állapotfelügyeleti ellenőrzéseken?
11. Műszeres állapotfelügyeleti ellenőrzésekhez Üzemeltető saját diagnosztikai eszközökkel rendelkezik?
12. Roncsolásmentes anyagvizsgálatra, állapotfelügyeleti ellenőrzésre tanúsított (pl.: MSZ EN ISO 9712:2012 szerint) személyek végzik a műszeres diagnosztikai méréseket?
13. Üzemeltető közvetlen ráhatással van az állapotfelügyeleti ellenőrzések során felügyelt konkrét mérési pontok meghatározására?
14. A mérési pontok meghatározása során figyelembe veszi Üzemeltető a berendezés kritikus pontjait?
15. Az állapotfelügyeleti ellenőrzések során üzemeltető kifejezett utasítással intézkedik a nehezen hozzáférhető helyeken található berendezések/mérési pontok műszaki állapot nyomonkövetésére?
16. Üzemeltető rendelkezik trendkövetéssel a konkrét mérési pontokon mért eredmények vonatkozásában?

A kérdéslista adott kérdéseinek magyarázata:

10. Amennyiben a sajátos, egyedi üzemi technológiát mélyrehatóan ismerő saját állomány konstruktívan részt vesz az ellenőrzéseken, az a biztonság érdekét szolgálja. Az ellenőrzés során mind üzemi kontrollmérésekre, mind a helyszíni tapasztalatok fokozott figyelembevételére (pl.: hol szokott gyakran lyukadni a tömítés, rezonálni a berendezés, mikor szokott hibára futni egy adott vezérlési parancs, stb.) lehetőség van.
11. Amennyiben a roncsolásmentes vizsgálatokhoz, vagy azok üzemeltetői felüellenőrzéséhez üzemeltető rendelkezik jó állapotú, karbantartott, kalibrált eszközparkkal, az al-szempon pozitívan értékelendő.
12. Akár saját alkalmazott, akár megbízás alapján külső fél végzi az állapotfelügyeleti ellenőrzéseket, értékelendő, ha a személyek – az ellenőrzés során bemutatott dokumentumok alapján – rendelkeznek tanúsítással. [24]
13. Értékelendő, ha a vizsgálatot végző személy/szervezet részére a veszélyes üzem műszaki vezetése határozza meg azon mérési pontokat, nem pedig a munkavégzőre van bízva azok kiválasztása.

8. Példa

A nemzetközi szakirodalmak kiemelt figyelmet szentelnek a mérési pontok következetes meghatározásának. A [8] a következőkkel támasztja alá a csővezetékek falvastagság mérési pontjainak meghatározó szerepét:

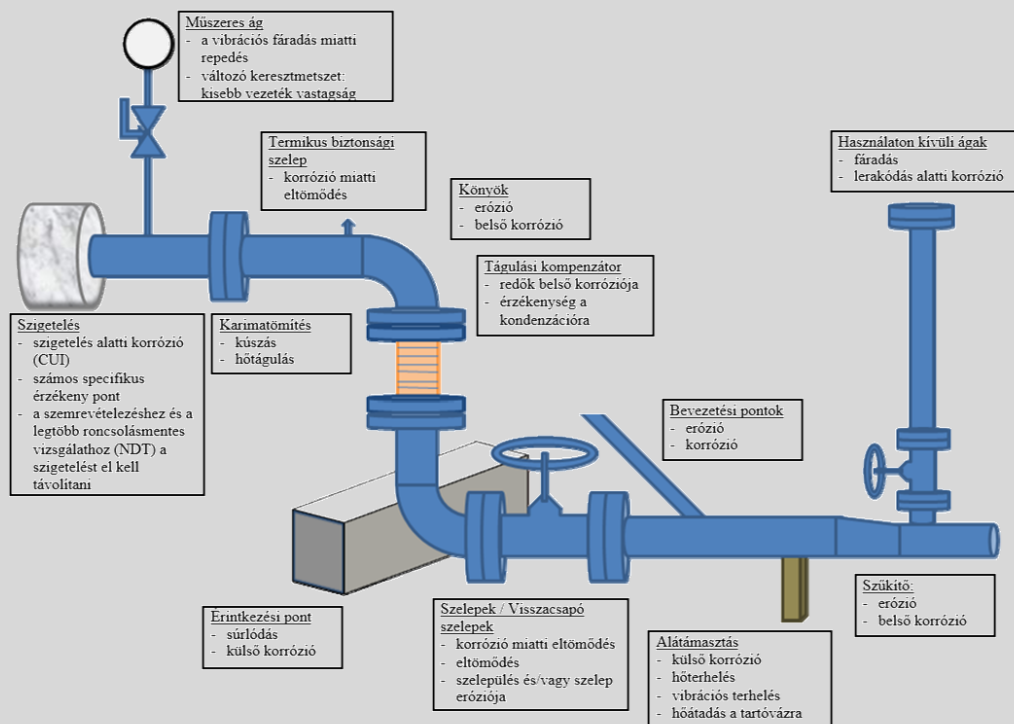
A falvastagság fogyását okozó állapotromlási mechanizmusokat gyakran a csővezeték különböző igénybevételei következtében kialakuló általános hatásmechanizmusok között említik. Ugyanakkor bármilyen, a csővezeték mértékadó geometriai kialakításától való eltérés kedvez az olyan területek megjelenésének, ahol az állapotromlási mechanizmusok sebessége megnövekedhet. Ezért a csővezetékek hátralévő élettartamának megfelelő meghatározásához először is a legfontosabb mérési pontokat (vastagságmérési helyek - Thickness Measurement Locations, TMLs) kell kitűzni, amelyeket maximális állapotromlási sebesség jellemez.

Ezen, az állapotromlási jelenségek által legjobban érintett specifikus pontok az egyes hatásmechanizmusokra jellemzőek.

Például az egymást követő könyökök, a betorkollási pontokhoz közeli részek vagy az anyagáramlásban a szabályozószelepeket követően fellépő turbulencia által érintett területek, különösen a kiforrási jelenséggel érintett területek, mind érzékenyebbek lesznek az erózióra.

A légzők, T-csatlakozások, alátámasztások, függőleges csőszakaszok alsó pontjai, tisztítónyílások környezet, bypass-ágak, záró szerkezetek, illetve általánosan, ahol folyadék felgyülemlik potenciális megjelenési helyei lesznek a (szigetelés alatti) korrózióknak.

Az alábbi ábra a teljesség igénye nélkül szemléltet néhány specifikus pontot, amelyek mérési helyként szolgálhatnak:



15. ábra: Példák a csővezetékek specifikus pontjaira (Forrás: [8])

14. A műszaki állapot nyomonkövetés végrehajtása során kiemelt figyelmet szükséges fordítani a berendezések kritikus pontjainak azonosítására, a jellemző károsodási formák tükrében. Kritikus pontok lehetnek például a külső és belső védőrétegek (szélsőséges időjárási körülmények, csapadék, feldolgozott vagy szállított veszélyes anyag korrozív hatása miatt), a hegesztések (működés közbeni centrális és axiális igénybevételek miatt), a tartószerkezetek (természeti veszélyek, működés közbeni igénybevételek miatt), a csővezeték-hálózat mélypontjai és könyökidomai (erózió, korrózió jelensége miatt), stb. [25] Abban az esetben értékelendő a részszempont pozitívan, ha üzemeltető tudatos etekintetben, és pontosan meghatározta a várható legnagyobb tönkremeneteli gyakorisággal jellemezhető, mérendő pontokat.

9. Példa

2001. április 16-án a Conoco Phillips Humber finomító üzemben lévő etántalanító berendezés felső vezetéknél tűzveszélyes gáz kibocsátása következett be. Ezt heves robbanás és tűz követte. A baleset idején a folyamat normál üzemvitel szerint működött, és a létesítményben csupán 180 ember dolgozott a hétköznapiakon általában jelenlévő 800 helyett (húsvét hétfő volt). Az anyagi kár jelentős volt. A létesítményben az üzemegység megsemmisült, és még a robbanás kiindulási pontjától 400 méterre levő épületek is súlyosan megsérültek. A finomítót néhány hétre be kellett zárni. Az 1 km-es körzetben levő házak megsérültek, a robbanás a szomszédos finomító épületeit is érintette, és a törmelékek még 5 km-re is elrepültek. Szerencsére az esemény nem járt halálos áldozattal és csak könnyebb személyi sérülések történtek.

A védelem elsődleges elvesztését egy 6 colos vezeték belső falán fellépő eróziós és korróziós jelenségek kombinációja okozta. A meghibásodás egy gőz-kondenzátum befecskendezésére szolgáló ágtól az áramlás irányában kevesebb, mint 1 méterre elhelyezkedő könyöknél történt.

A balesetet követően a könyököt tartalmazó csőszakasz metallurgiai vizsgálata vastagságcsökkenést mutatott a törési ponthoz közel (0,3 mm-től 7-8 mm-ig).

Megállapításra került továbbá, hogy a sértetlen csőszakaszokat belülről vas-szulfid réteg borította, amely az acélt védő, passzív réteggént működött. Azonban a könyök előtti vízbefecskendezés lemosta ezen szakasz védőrétegét, és az acélt a fejtű korrodáló hatásának tette ki. A csőfalvastagság csökkenés közvetlenül a vízbefecskendező miatt következett be. [8]



16. ábra: Kritikus pont meghibásodása (Forrás: [8])

15. Fontos, hogy az üzemeltető következetesen hajtsa végre a tesztelési, felülvizsgálati és karbantartási programokat a nehezen hozzáférhető vagy sajátos technológiai körülmények között üzemeltetett berendezések esetében is. A földdel takart, a szigetelt, a kábelcsatornában elhelyezett, vagy épp a magasban szerelt csővezetékekre, valamint a folyamatos üzemmenetben működő berendezésekre egyaránt ki kell terjednie a vonatkozó eljárásoknak. [25] Abban az esetben értékelendő a részszerpont pozitívan, ha üzemeltető tudatos etekintetben, és következetesen előírja az ellenőrzést végzőknek a nehezen hozzáférhető, mérendő pontokat is.

10. Példa

A berendezések nehéz hozzáférhetősége gyakran megakadályozza a vizsgálatok elvégzését, különösen az alábbi esetekben [8]:

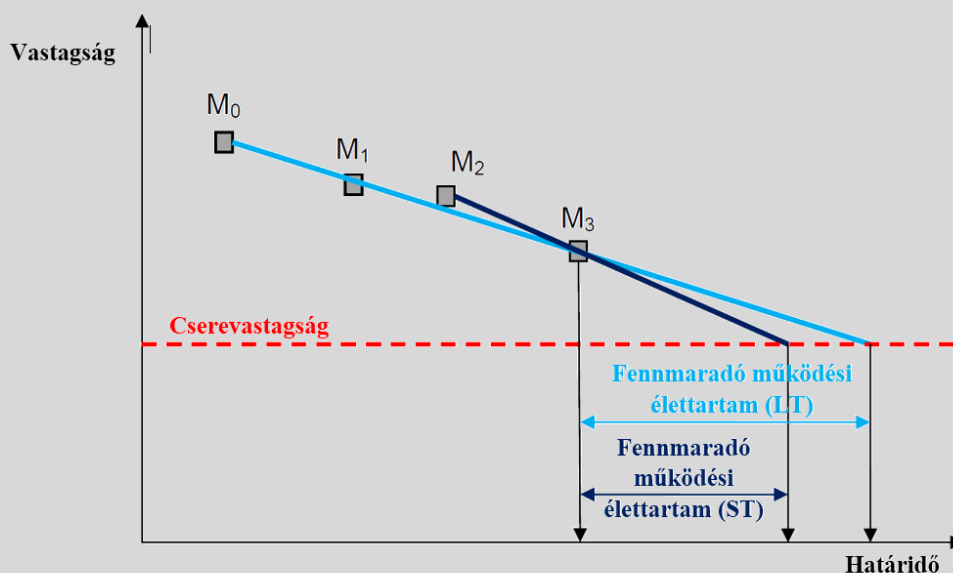
- magas elhelyezkedés (csőhidak, visszatérő fővezetékek. stb.): a sérülésmentes vizsgálatokat végző személyzet és ellenőrök hozzáférését speciális módon kell biztosítani;
- csőcsordában, zsúfolt környezetben történő elhelyezés (különösen csőhidakon, illetve földalatti helyeken): nem lehetséges a csővezeték egészének megtekintése és nincs elegendő hely a vizsgálóberendezés részére;
- csővezeték-tartók (különösen a hegesztés nélküli csőkeretek vagy csőhidak): az alátámasztási pontok vizsgálata érdekében a vezetéket (Vetter típusú) felfújható párnákkal kell megemelni, majd ha szükséges, megigazítani a dilatációs alátámasztást;
- átvezetések (például utak alatt vagy a kármentők falain keresztül): a legtöbb szokásos vizsgálati módszer alkalmazhatóságát kizárja a kialakítás, kivéve például az intelligens csőgörény alkalmazását).

A fentiek szerinti környezetnek a berendezésre (csőre) gyakorolt hatásait csökkentő megoldások alkalmazása költséges lehet, és a rendelkezésre álló idő is korlátozott. Azonban a környezeti nehézségek miatt nem maradhatnak ki bizonyos helyek a vizsgálatból. Következésképp az ellenőrzési terv készítése során ezek nem befolyásolhatják a konkrét ellenőrizendő pontok kiválasztását. [8]

16. A vizsgálati eredményeket célszerű hozzárendelni a rendszerek élettörténetéhez. A vizsgálati eredmények rögzítésével és tárolásával lehetővé válik a hosszú távú trendelemzések végzése, amelynek eredményeként riasztási és beavatkozási szintek határozhatók meg az egyes berendezéstípusok vonatkozásában. [25] Abban az esetben értékelendő a részszerpont pozitívan, ha az üzemeltető tudatos e-tekintetben, és alkalmaz valamilyen hosszútávú trendanalízist a fix pontokon mért értékek összehasonlítására.

11. Példa

A korrózió sebességét ugyanazon a ponton, adott időintervallumonként elvégzett falvastagság mérések alapján lehet meghatározni. Ennek során megkülönböztethetünk a [8] alapján rövid távú korróziós sebességet (ST - az utolsó két mérés közötti falvastagság fogyás) és hosszú távú korróziós sebességet (LT - legelső és a legutolsó falvastagság mérés közötti különbség).



17. ábra: Becsült fennmaradó működési élettartam (Forrás: [8])

Mindkét sebesség figyelése hasznos. Az elsőt arra használják, hogy jobban megfigyelhessék a különböző intervallumok közötti kis sebességváltozásokat (mind a növekedést, mind a csökkenést), és ezáltal pontosabb kép kapható a korróziós sebességről az utolsó intervallumban (rendelkezésre állás kád görbéjének utolsó szakaszában). Ez az érték érzékenyebb a mérési hibákra. A második a cső üzembe helyezése óta a tendencia megállapítására szolgál.

Ebből is látható, hogy a mérési pontok száma és elhelyezkedése meghatározó tényező az izodegradációs görbe maximális korróziós sebességének becslésekor, mivel az állapotromlás a teljes görbe mentén sosem egyenletes.

P.5.c. Karbantartási terv végrehajtottsága

Az al-szemponthoz tartozó értékelése során két vizsgálatot célszerű végezni. Egyrészt össze kell vetni a kritikus berendezések utolsó állapotfelülvizsgálata ellenőrzésének, illetve karbantartásának dátumát az adott évre (időszakra) vonatkozó állapotfelülvizsgálati, karbantartási tervvel, másrészt meg kell vizsgálni a jelenkori állapotot, hogy az ellenőrzött kritikus berendezés nem lépte-e túl éppen aktuálisan a tervezett periódust/határidőt.

Csekklista:

17. Állapotfelülvizsgálata ellenőrzésekben tapasztalható csúszás?
18. Megelőző karbantartási tevékenységben tapasztalható csúszás?

A felmérést a kritikus berendezések listájához rendelve célszerű elvégezni. Azt, hogy a kritikus berendezések körét üzemeltető leszűkíti-e bizonyos kiválasztott berendezésekre, vagy valamennyi berendezést vizsgál, az üzem komplexitása, a berendezések számossága és a

felmérésre rendelkezésre álló erőforrás függvényében lehetséges egyedileg eldönteni. Jelen útmutató V. fejezete ajánlást fogalmaz meg az üzemeltetők részére a döntés meghozatalához.

Értékelési segédlet:

f _{ps} - Védelmi képesség kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
a	0,66 ≤ f _{p5}
b	0,33 ≤ f _{p5} < 0,66
c	0 < f _{p5} < 0,33
d	f _{p5} = 0

P.6. Berendezések életútja során megváltozó állapot nyomonkövetése

- » *Vizsgálati módszer:* kritikus berendezések értékelése
- » *Vizsgálandó elemek:* valamennyi kritikus berendezés (esetenként szűkíthető)
- » *Számítási módszer:* $f_{p6} = \frac{\sum_{i=1}^x \text{pozitív válaszok}}{\text{életút során megváltozott állapotú kritikus berendezések}}$, ahol
x: a vizsgált kritikus berendezések száma

Egy üzem, berendezés életútja során sok esetben változnak az üzemeltetési körülmények a gyártási igények mentén. Az értékelési szempont vizsgálata során az összes olyan kritikus berendezés önálló értékelése indokolt, amelynél eltérés mutatkozik a beüzemelési és az aktuális közeg, nyomás, hőmérséklet viszonyokban (lásd P.4.a. szempontra adott válaszok). A felmérést tehát az ilyen, változással érintett kritikus berendezések listájához rendelve célszerű elvégezni.

A felmérés során az alábbi kérdésekre kell választ adni minden egyes vizsgált berendezés vonatkozásában:

- 1) Eltérés esetén változások kezelése bizonyított?

Ezen változásokat ideális esetben megfelelő kockázatelemzés, változáskezelési mechanizmus előzi meg. Amennyiben ezt üzemeltető igazolni tudja, az első kérdés pozitívan értékelendő.

- 2) Élettartam meghatározásnál figyelembe veszik a változást?

A gyártó berendezések és egységek megbízhatóságának, rendelkezésre-állási idejének, valamint élettartamának meghatározása során célszerű figyelembe venni a berendezések életútja során megváltozó állapotok ezekre gyakorolt hatását. Amennyiben az üzemeltető igazolni tudja (például IOW - integrity operating windows módszer alkalmazásával), hogy a várható életút meghatározása során figyelemmel van a megváltozott üzemeltetési körülmények hatásaira, úgy a kérdés pozitívan értékelendő.

Abban az egyedi esetben, ha van eltérés a tervezett üzemi paraméterekhez képest, és az pozitív irányban befolyásolja az adott berendezés élettartamát (pl.: kevésbé agresszív szállított közeg), de üzemeltető mégis a tervezett élettartam lejártakor cseréli a berendezést, az fokozza a biztonságot. Tehát annak ellenére, hogy az üzemeltető látszólag nem követi nyomon az élettartam változását, az adott berendezés vonatkozásában adható pozitív válasz.

Értékelési segédlet:

f_{p6} - Védelmi képesség kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p6}$
b	$0,33 \leq f_{p6} < 0,66$
c	$0 < f_{p6} < 0,33$
d	$f_{p6} = 0$

P.7. Karbantartásért felelős személyek szakértelme

- » *A vizsgálati szempont alapja:* a kiindulási módszertan [2] Adequacy controls szempontja
- » *Vizsgálati módszer:* egyedi vizsgálati kérdések
- » *Vizsgálandó elemek:* a karbantartásért felelős vezető és a karbantartást, állapotfelügyeleti ellenőrzést végzők
- » *Számítási módszer:* $f_{p7} = \sum_{i=1}^7 \frac{\text{egyes vizsgálati al-szempontok (1-7.) pontszáma}}{7} * \frac{1}{3}$

A felmérés során az alábbi kérdésekre szükséges egy-egy pontszámmal válaszolni az adott táblázatos pontszám-meghatározó segédlet figyelembevételével:

1. A karbantartásért felelős vezető végzettsége?

Pontszám	A karbantartásért felelős vezető végzettsége
3	Szakirányú műszaki (pl.: vegyészmérnök, gépészmérnök, villamosmérnök, anyagszaki mérnök, kohómérnök, bányamérnök, energetikai mérnök)
2	Szakirányú természettudományi/agrár-műszaki (pl.: kémikus, fizikus, mezőgazdasági gépészmérnök)
1	Egyéb természettudományi/agrár/gazdaságtudományi (pl.: matematikus, biológus, agrármérnök)
0	Egyéb (pl.: társadalomtudományi)

2. A karbantartásért felelős vezető szakirányú szakmai tapasztalata?

Pontszám	A karbantartásért felelős vezető szakirányú szakmai tapasztalata?
3	Több, mint 5 év
2	3-5 év
1	1-3 év
0	Kevesebb, mint 1 év

3. A karbantartásért felelős vezető pozíciójának betöltéséhez rendelkezésre álló átadás-átvételi időszak hossza?

Pontszám	A karbantartásért felelős vezető pozíciójának betöltéséhez rendelkezésre álló betanítási időszak hossza (hónap)
3	>12
2	6-12
1	3-6
0	<3

4. A karbantartást, állapotfelügyeleti ellenőrzést végzők végzettsége? (átlagolást igényel)

Pontszám	A karbantartást, állapotfelügyeleti ellenőrzést végzők végzettsége
3	Szakirányú műszaki (pl.: vegyész technikus, elektronikai műszerész, villanyszerelő, karbantartó technikus)
2	Egyéb műszaki végzettség (pl.: informatikus, építésvezető)
1	Egyéb, legalább középszintű végzettség (pl.: gimnáziumi érettségi)
0	Középszintű végzettség nélkül

5. A karbantartást, állapotfelügyeleti ellenőrzést végzők szakirányú szakmai tapasztalata? (átlagolást igényel)

Pontszám	A karbantartást, állapotfelügyeleti ellenőrzést végzők szakirányú szakmai tapasztalata?
3	Több, mint 5 év
2	3-5 év
1	1-3 év
0	Kevesebb, mint 1 év

6. Rendelkezik-e üzemeltető mentor programmal?

Pontszám	Mentorprogram
3	Igen
2	-
1	-
0	Nem

7. Rotációs munkaszervezéssel és átirányítással szervezi-e a munkát az Üzemeltető?

Pontszám	Rotációs munkaszervezés
3	Igen
2	-
1	-
0	Nem

A kérdéslista adott kérdéseinek magyarázata:

1. A karbantartásért felelős vezető végzettsége tekintetében jó gyakorlatnak az minősül, ha a technológiát mélyrehatóan ismerő és értő mérnök kerül egy üzemben döntéshozatali pozícióba. Az ettől eltérő lehetőségek sorrendjét is tartalmazza a fenti táblázat.
2. Szakirányú szakmai tapasztalatnak tekintendő az azonos munkakörben (akár más üzemben) eltöltött időn túl az adott üzem karbantartási szervezetében alacsonyabb pozícióban eltöltött évek száma is.
3. A karbantartásért felelős vezető esetén kiemelt jelentőségű a munkakör-folytonossági tervek megléte, azok következetes végrehajtása. Maximális pontszámmal az 1 évet elérő átadás-átvételi folyamat értékelendő, míg a 3 hónap alatti rendelkezésre álló idő nem minősül jó gyakorlatnak (nem pontozandó).
4. A karbantartást végző munkavállalók végzettsége nagyon széles skálán mozoghat. Nagyobb üzem esetén, üzemeltetői becslésre hagyatkozva kell átlagot vonni a végzettségekből, meghatározni a legjellemzőbb végzettségi szintet és a táblázatban azt szerepeltetni.

5. A 2. kérdéshez hasonlóan szakirányú szakmai tapasztalatnak tekintendő az azonos munkakörben (akár más üzemben) eltöltött időn túl az adott üzem karbantartási szervezetében más pozícióban eltöltött évek száma is. Nagyobb üzem esetén, üzemeltetői becslésre hagyatkozva kell átlagot vonni a szakmai tapasztalatok tekintetében.
6. A kérdés arra vonatkozik, hogy egy új munkavállaló betanulása, illetve a magasabb beosztásba történő kinevezés esetén szervezeten gondoskodnak-e a tudás átadásáról. Csak a dokumentált mentorprogram megléte értékelendő pozitívan (megnevezésében eltérhet a dokumentum, csak lényegét tekintve kell, hogy lefedje a tudás átadás támogatottságának biztosítását).
7. A rotációs munkaszervezés egy olyan megoldás, amely révén a munkavállalókat tervezett módon, rendszeres időközönként két vagy több munkakör között mozgatnak. Ez, a több nemzetközi üzemeltetőnél bevett gyakorlat nagyobb rálátás és összetettebb gondolkodásmód eredményeként minősül jó gyakorlatnak.

Értékelési segédlet:

f _{p7} - Védelmi képesség kategória meghatározása	
Kategória	Kritérium
a	$0,66 \leq f_{p7}$
b	$0,33 \leq f_{p7} < 0,66$
c	$0 < f_{p7} < 0,33$
d	$f_{p7} = 0$

V. Javasolt vizsgálati eljárás

A jelen módszertan alapján lefolytatott felmérések alapvetően három jól elkülönülő szakaszra bonthatók a következők szerint.

a) Felkészülés, előzetes információgyűjtés, szisztematikus kiválasztás

Az értékelésre való felkészülés magában foglalja a biztonsági dokumentációk részletes áttanulmányozását, valamint korábbi hatósági ellenőrzési jegyzőkönyvek és külső/belső auditok jelentéseinek vizsgálatát.

A felkészülés során kerülnek kiválasztásra szisztematikus értékelés alapján a vizsgálandó kritikus berendezések.

Ehhez elsősorban azt kell megvizsgálni az üzemi és a biztonsági dokumentációkban és mellékleteikben (kiemelt figyelemmel a HAZOP, FMEA vizsgálatokra, P&ID ábrákra), hogy melyik berendezések kiesése, tönkremenetele, diszfunkciója okozhat súlyos balesetet. Az előzetes kiválasztás eredményeként előállított lista lehetőség szerint valamennyi elemzett súlyos baleseti eseménysorhoz kapcsolódóan tartalmaz néhány (1-5) berendezést, illetve figyelemmel van az üzem komplexitására, törekedve arra, hogy minden üzemegység, technológiai sor lefedettsége megvalósuljon.

12. Példa

A biztonság szempontjából kritikus berendezések azonosítását a vonatkozó szakirodalommal [25] összhangban a kockázatelemzés eredményeinek tükrében szükséges elvégezni, azokat a biztonsági dokumentációnak tartalmaznia kell. Ezen berendezés-lista képezi az alapját a vizsgálati/tesztelési/karbantartási terveknek.

A veszélyes technológiák általában többek között az alábbiakban felsorolt, a biztonság szempontjából kritikus elemeket tartalmazzák:

- atmoszférikus, nyomás alatti, kriogén tartályok, tároló edények;
- technológiai berendezések, úgy mint kolonnák, reaktorok, hőcserélők, kazánok, szivattyúk, kompresszorok és azok elemei;
- technológiai csővezetékek és azok elemei (például szelepek, szerelvények, automata szerelvények, műszerezett irányító rendszerek, visszacsapó szelepek, biztonsági szerelvények);
- vészenergia ellátó rendszerek (beleértve a veszélyhelyzeti riasztást és kommunikációt lehetővé tevő rendszerek és eszközök vészenergia ellátását is);
- veszélyes anyagok mozgatásának eszközei (például emelők, daruk, targoncák).

Az aktív és passzív védelem kapcsolódó eszközei jellemzően az alábbiak:

- nyomáscsökkentő és leürítő rendszerek (beleértve a vészleürítő tartályokat, és a kármentőket is);
- vészrendszerek (például fáklyák, gáztisztítók, oltórendszerek stb.);
- leállító rendszerek (egyedi berendezésekhez, egységekhez és a teljes üzemhez) riasztások és automatikus kikapcsolások (kioldások);
- tűzjelző- és védelmi rendszerek (például hűtővíz stb.);
- veszélyes folyadék- és gázérzékelő rendszerek (tűzveszélyes és/vagy toxikus anyagokhoz);
- veszélyhelyzeti szolgálat és a kapcsolódó hordozható felszerelések.

Biztonság szempontjából kritikus berendezésnek, eszköznek (kulcs elemnek) tekintendők amelyek:

- nem megfelelő működése, működésképtelenné válása, vagy mechanikai integritásának megszűnése súlyos baleseti esemény közvetlen vagy közvetett bekövetkezési oka lehet;
- nem megfelelő működése vagy működésképtelenné válása súlyos baleseti esemény észlelését, az azonnali beavatkozást, a következmények hatékony csökkentését, vagy a veszélyhelyzeti irányítást és kommunikációt akadályozza vagy lehetetlenné teszi.

Egyszerűbb technológiákat működtető telephelyeken a berendezések azonosítása történhet az anyagáramot követve, az előzőekben foglaltak szerint figyelembe véve a súlyos baleseti kockázatelemzési eredményeket és a védelmi tervezés eszközeit is.

Az N.2. Biztonsági célú ellenőrzések hiányosságai (-) szempont vizsgálata már ebben a szakaszban megvalósulhat.

b) Helyszíni bejárás, vizuális felmérés, szűrőpróbaszerű kiválasztás

A helyszíni bejárás elsődleges célja a vizuális felmérés, amely biztosítja az üzem megfelelő kategóriákba sorolását az olyan jellegű vizsgálati szempontok esetén, ahol ez szükséges (pl.: N.3.a. Állapotromlás vizuális jelei (-)).

A bejárás során valamennyi előzetesen kiválasztott kritikus berendezés és környezete megtekintendő, az értékeléshez szükséges helyszíni részletinformációk összegyűjtendőek.

Az értékelés során teret kell adni a szűrőpróba szerű ellenőrzési módszernek is, amelynek értelmében a kritikus berendezések listája a bejárás során egészítendő ki 100%-ra a helyszíni tapasztalatok és benyomások alapján.

A bejárás során megválaszolandó szempontok: N.3., N.4. (a bejárást megelőzően felmérendő), P.1. (részben), P.2.

c) Dolgozói párbeszéd, dokumentációs ellenőrzés

A módszertani kérdések megválaszolása elsősorban a vizsgált üzemrészek, szakterületek vezetői, dolgozói által lehetséges. A dolgozói párbeszéd ennek értelmében a legproduktívabb szakasz, amely során törekedni kell a szakterületi válaszok bizonyítékainak vizsgálatára is.

A részletes dokumentációs felmérés alapján megválaszolandó szempontok: N.1., N.5., N.6., N.7., P.1. (részben), P.3., P.4., P.5., P.6.

A módszertan több különböző vizsgálati szempontjának alapját egy ún. kritikus berendezés lista képezi, amely a súlyos balesetek szempontjából releváns berendezések leválogatását tartalmazza. A veszélyes üzemekben jelenlévő számos releváns berendezés, technológiai egység közül célszerű (de nem szükségszerű) az értékelési folyamatot 3-3 berendezésre szűkíteni az alábbi 8 kategóriában:

- atmoszferikus tartály;
- nyomástartó edény;
- csővezeték szakasz;
- zárószerelvény;
- biztonsági lefúvató/légző;
- szivattyú/kompresszor/motor;
- technológiai tartály/hőcserélő/kemence;
- kritikus mérőműszer.

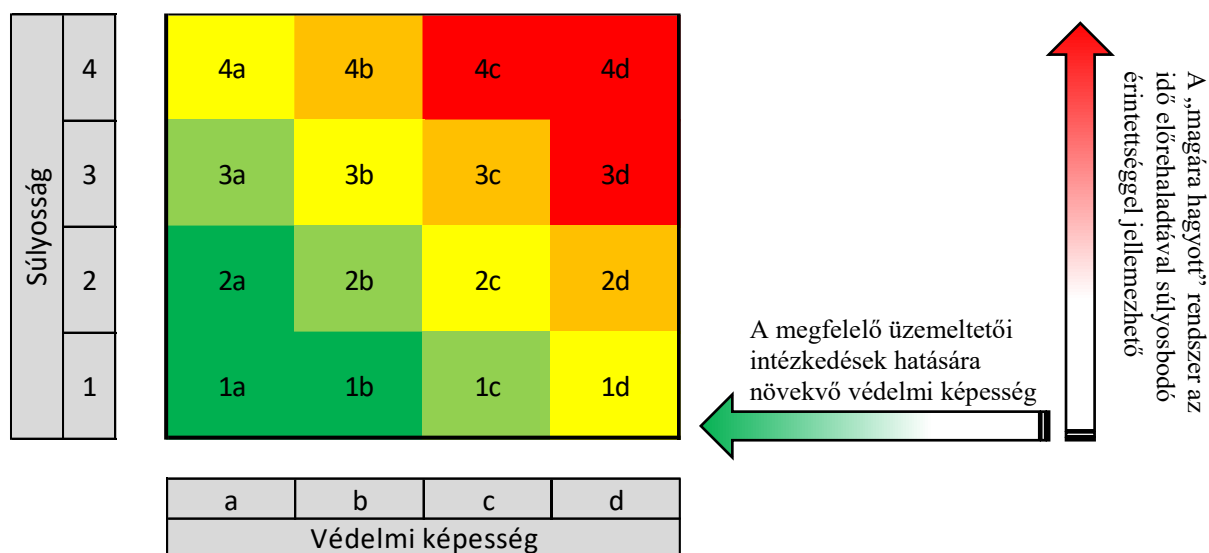
Fenti kritikus berendezések kiválasztása egyrészt a biztonsági dokumentáció alapján, súlyos baleseti hozzájárulásukra tekintettel, másrészt a helyszíni bejárás során, szűrőpróbaszerűen (kisebb számban) történhet. Nagy kiterjedésű, komplex üzemek esetén (pl.: finomítók, gyógyszergyárak, stb.) indokolt lehet a kritikus berendezések listáját önálló üzemegységenként (pl.: termelési okból elkülönülő) meghatározni és értékelni. Ez lehetőséget nyújt az egyes üzemegységek között az öregedési jelenségekben esetlegesen jelentkező nagy eltérés felismerésére és a meghozandó intézkedések megfelelő lokalizációjára.

VI. Üzemeltetői intézkedések a vizsgálati eredmény tükrében

Az öregedés-felmérés elsődleges célja a veszélyes üzem öregedési kitettségének, érintettségének önértékeléséhez megfelelő metodika biztosítása.

Az egyes vizsgálati szempontok értékelésével előálló *Súlyossági* és *Védelmi képesség* jelzőszámokat/kategóriákat következő lépésként átlagolni kell. Az átlagolás ebben az esetben

azt jelenti, hogy a teljes üzemet jellemző kitettséget, illetve védelmi képességet az üzem egészét tekintve 1-1 kategóriába soroljuk a részeredmények alapján. Az átlagképzés művelet számtani átlag alkalmazásával végezhető el (védelmi képesség tekintetében az a)-d) kategóriák 1-4 számértékkel helyettesíthetők). Így a teljes veszélyes üzemnek 1 db *Súlyosságot* jelző kategóriája (1-4), illetve 1db *Védelmi képességet* jellemző kategóriája (a-d) lesz. A veszélyes üzem öregedési érintettségét ezen kategóriák alapján, a 18. ábrán feltüntetett kvalitatív kockázati mátrix segítségével kell meghatározni.



18. ábra: Vizsgálati szempontok értékelésére alkalmazott mátrix (Forrás: saját szerkesztés)

Az öregedési érintettség tekintetében jelen útmutató 4 kategóriát különböztet meg a következők szerint:

- Súlyos állapotú (vörös színű; 3d, 4c, 4d kockázati jelzőszámmal jellemezhető) üzem:
 - o ezen üzemek öregedési érintettsége kiugróan magas, az előrehaladott, elharapódzott állapotromlási mechanizmusok súlyos biztonsági kockázatot jelentenek rövidtávon;
 - o hatékony ellenintézkedések haladéktalan bevezetése szükséges (felújítás és megelőzés).
- Leromlott állapotú (narancssárga színű; 2d, 3c, 4b kockázati jelzőszámmal jellemezhető) üzem:
 - o ezen üzemek öregedési érintettsége magas, számos esetben előrehaladott állapotromlási mechanizmus hatások érvényesülnek, az öregedés-kezelési hiányosságok biztonsági kockázatot jelentenek középtávon;
 - o javasolt releváns ellenintézkedéseket bevezetni (súlyosságot csökkentve és/vagy védelmi képességet erősítve).
- Semleges állapotú (citromsárga színű; 1d, 2c, 3b, 4a kockázati jelzőszámmal jellemezhető) üzem:
 - o ezen üzemek esetében az öregedési jelenségek aktuálisan tapasztalható negatív hatásait megfelelő intézkedésekkel ellensúlyozzák;
 - o tekintettel arra, hogy az idő múlásával súlyosbodó érintettség várható (hosszú távon), ezért javasolt erősíteni a védelmi képességeket.
- Megfelelő állapotú (halványzöld színű; 1c, 2b, 3a kockázati jelzőszámmal jellemezhető) üzem:

- ezen üzemekben a védelmi képességek jelenleg ellensúlyozzák az idő előrehaladtával fokozódó állapotromlást;
- ugyanakkor figyelemmel kell lenni arra, hogy a megfelelő védelmi képességet fenntartsa az üzemeltető, hiszen az öregedés-érintettség nem konstans.
- Kitűnő állapotú (sötétzöld színű; 1a, 2a, 1b kockázati jelzőszámmal jellemezhető) üzem:
 - amennyiben a felmérés alapos és helytálló, az eredmény olyan innovatív, előremutató jó gyakorlatok összességét igazolja, amelyeket a hazai veszélyes üzemek biztonságának növelése céljából javasolt megosztani a szakmai szervezetekkel, hatósággal, egyéb szakmai szereplőkkel;
 - célszerű ilyen besorolás esetén felülvizsgálni az egyes részeredményeket, kiemelten a szubjektivitásra érzékenyebb szempontokkal összefüggésben.

A pozitív és negatív vizsgálati szempontok részarányának ismeretében továbbá az üzemeltetőnek lehetősége van esetlegesen elharapódzott öregedési érintettség esetén is a megfelelő ellentételező folyamatok kiválasztására.

Ha a pozitív szempontok részaránya nagyobb, vagy egyenlő, mint a negatív tényezőké, akkor a vezetés tudhatja, hogy a bevezetett öregedés menedzsment tevékenységekkel a degradációs folyamat elfogadható szinten kontrolált. Ha a kompenzáció szintje (a pozitív szempontok részaránya) kisebb, mint a negatív tényezőké, akkor az öregedéskezelési rendszert javítani kell. Ha az abszolút értékek között minimális az eltérés, akkor a fejlesztés ajánlott, ha szignifikáns, akkor akár jelentős erő-eszköz ráfordítás szükséglet esetén is feltétlenül indokolt és elkerülhetetlen.

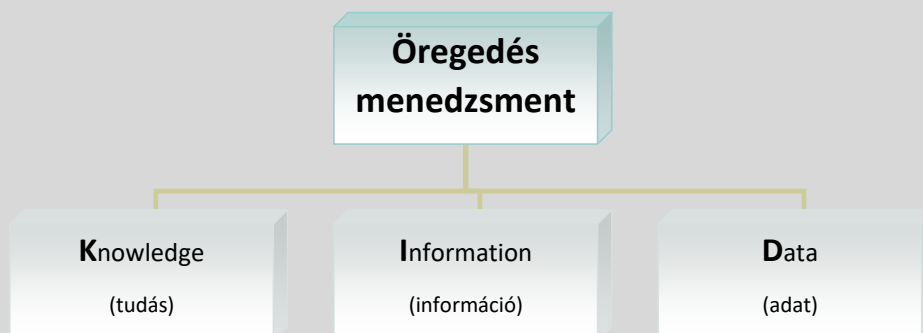
Amennyiben a negatív szempontok aránya nagy, üzemeltető a rendelkezésére álló erő- és eszközrendszer figyelembevételével választhatja meg a javítandó pozitív szempontok körét.

A bemutatott módszertani megközelítés, amely mind a fizikai, mind a dokumentációs és szervezeti öregedési jelenségeket vizsgálta, lehetőséget biztosít az üzemeltetőknek arra, hogy a leginkább hiányos területeket azonosíthassa és azokra nagyobb hangsúlyt helyezve érjen el valós kockázatsökkentést. Ennek során a következő szempontok figyelembe veendők:

- intézkedések arányossága: alacsony öregedési szintnél néhány preventív eljárás már elegendő, növekvő ageing érintettség viszont magas szintű megelőzési tevékenységet igényel;
- a választás szabadsága: az üzemvezetés dönti el, hogy műszaki jellegű, vagy adminisztratív intézkedéseket hoz. Ennek során az X. példa, 3 alappillére vonatkozó ajánlása megfontolandó.

13. Példa

Az öregedés menedzsment egy komplex probléma, amely három szükséges elemre kell, hogy épüljön: a tudásra, az információra és az adatra (KID – knowledge, information, data). [2]



19. ábra: az öregedés menedzsment pillérei (Forrás: saját szerkesztés [2] alapján)

A tudás (**K**nowledge) azt jelenti, hogy megértjük az állapotromlás folyamatait. Az információ (**I**nformation) nem más, mint a múltat leíró dokumentumok és a jelenkori ismereteink révén (pl.: tervezési kritériumok, berendezések és folyamatok anyagai) rendelkezésre álló ismeretünk a berendezések életútja során történt változásokról. Az adat (**D**ata) pedig leegyszerűsítve mindazon mért és regisztrált jellemzők (elsősorban a roncsolásmentes vizsgálatok eredményei) összessége, amelyeken alapulva prognosztizálható az állapotromlás jövőbeni lefutása. A KID elmélet további magyarázatául szolgálhat az a tézis, hogy amennyiben az állapotromlás mechanizmusai nem ismertek, vagy az életút során az információk elvesztek, úgy nem lehet az állapotfelügyeleti adatokra támaszkodva megfelelő döntést hozni.

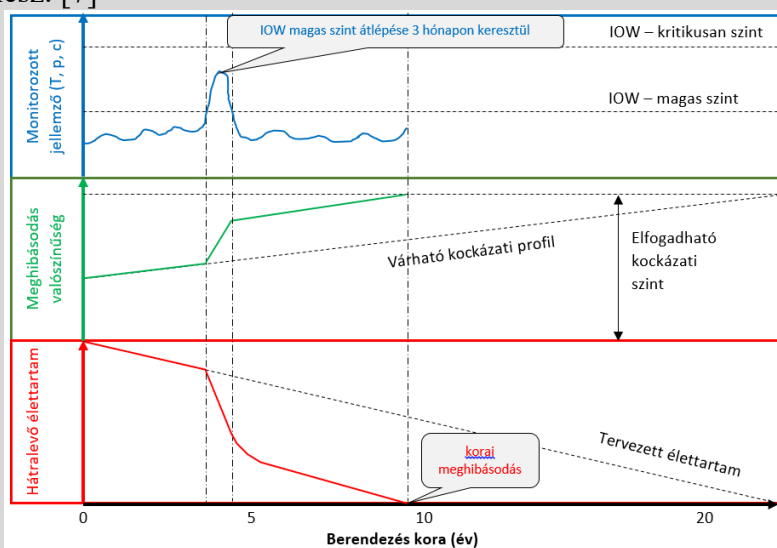
Az öregedés-kezelés eszközei lehetnek olyan innovatív megoldások, felismert és általánosan elfogadott mérnöki jó gyakorlatok (RAGAGEP - Recognized and Generally Accepted Good Engineering Practices) bevezetése (pl.: RBI, FFS, IOW), amelyek megfelelő monitorozás útján növelik az üzemi biztonságot.

14. Példa

RBI (risk based inspection): Több hazai üzemeltető, a fizikai öregedés megfelelő kezelése érdekében kockázat alapú állapotfelügyeleti módszert, RBI-t alkalmaz a berendezések rangsorolására és a karbantartási terv, tesztelési periódusok meghatározására. A szoftveresen támogatott módszer (pl.: RBMI Capstone) lehetővé teszi, hogy az egyes berendezések mátrixszerű rangsorolásra kerüljenek meghibásodás gyakoriság és várható következmények szempontjából. Az RBI értékelés során figyelembe veszik a korróziós faktort (corroision loop), a feldolgozási paramétereket, az anyagi minőségeket és dimenziókat, csakúgy, mint a felhasználói tapasztalatokat a tönkremenetelről. A módszer eredményeként automatikusan generált állapotfelügyeleti tervet kapnak, valamint a tönkremeneteli mechanizmusok és az ellenőrzési módszerek felsorolását. A módszer előnyei közt szerepel továbbá a tudatosságnövekedés is, valamint az, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat prioritizáltan a magas kockázatú helyekre tudják összpontosítani. [25]

FFS (fitness for service): Csak mert valami ellenőrzött, még nem biztos, hogy használatra is alkalmas. Az ellenőrzési eredmények csak azt mutatják meg, hogy az eszköz műszaki állapota változik. Az ellenőrzések során feltártak súlyától függően a vizsgált eszköz FFS értékelése elengedhetetlen lehet a további működés bizonyítása érdekében. Az FFS az adott rendszer/eszköz képessége a további megbízható működésre, amely egy adott határideig biztosítja a szabályozóknak megfelelő működést. Az FFS értékelésnek meg kell határoznia, hogy az eszköz képes-e az életútja alatt támogatni a tervezéskor elérni kívánt célt. [3]

IOW (integrity operating windows): A gyártó berendezések és egységek megbízhatóságának, rendelkezésre-állási idejének meghatározása érdekében több külföldi üzemeltető bevezette és alkalmazza az IOW módszert. A módszer lényege, hogy egy adott berendezés teljes életútja során nyomon követ bizonyos paramétereket, amelyek a gyártó által megadott élettartamot, illetve a szükséges karbantartási gyakoriságot befolyásolhatja. Ehhez ismerni kell a berendezést veszélyeztető károsító folyamatokat, illetve az ezen folyamatokat jelentősen befolyásoló körülményeket (pl.: szállított közeg hőmérséklete, napsütésnek való kitettség, nyomásviszonyok, stb.). A módszerhez figyelmeztető határértékeket kell beállítani, amelyek túllépése esetén a várható megbízhatósági görbe más lefutású lesz. [7]



20. ábra: IOW megjelenítési példa (Forrás: saját szerkesztés [7] alapján)

VII. Rövidítések jegyzéke

BM OKF:	BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
EBF:	Erőáramú Berendezések Időszakos Felülvizsgálata
EU JRC:	az Európai Unió Közös Kutató Központja (Joint Research Centre)
FFS:	az adott rendszer/eszköz képessége a további megbízható működésre, amely egy adott határideig biztosítja a szabályozóknak megfelelő működést (fitness for service)
FMEA:	hibamód és hibahatás elemzése, fizikai egységek (hardware) értékelésre szolgál, folyamatok (process) elemzésére nem, így kizárólagos használata nem elégséges a biztonsági dokumentációkhoz (Failure Mode and Effect Analysis)
HAZOP:	működőképesség és veszélyelemzés - folyamattechnológiai elemzés, amelynek segítségével tervezett és már működő rendszerek kockázatelemzése elvégezhető (HAZard and OPerability)
ICS:	ipari vezérlő rendszer (Industrial Control System)
INAIL:	Olasz munkabaleseti biztosítást bonyolító nonprofit szervezet (Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro)
ISPRA:	Olasz Seveso illetékes hatóság (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)
KID:	öregedés menedzsment három alappillére: tudás, információ és adat (knowledge, information, data).
MJV:	Seveso felügyelők éves munkaműhelye
OREDA adatbázis:	megbízhatósági adatokat tartalmazó adatbázis, amelyeket az OREDA tagvállalatok több mint 30 év alatt gyűjtöttek össze szerte a világon
PLC:	programozható logikai vezérlő (programmable logic controller)
P&IDs:	csővezeték- és készülék-folyamatsémák (Piping and Instrumentation Diagrams)
RAGAGEP:	általánosan elfogadott mérnöki jó gyakorlat (Recognized and Generally Accepted Good Engineering Practices)
RBI:	tanúsított kockázat alapú állapotfelügyeleti módszer (risk based inspection)
IOW:	a gyártó berendezések és egységek megbízhatóságának, rendelkezésre állási idejének meghatározása érdekében alkalmazott módszer (integrity operating windows)
SAP:	integrál vállalatirányítása rendszer (SAP AG vállalat fejlesztése)
SAP PM:	karbantartási modul (Plant Maintenance module)
SCADA:	felügyeleti irányítást és adatgyűjtést megvalósító rendszer (supervisory control and data acquisition)
TMLs:	vastagságmérési helyek (Thickness Measurement Locations)

VIII. Feldolgozott szakirodalmak

- [1] Plant Ageing Study Phase 1 Report, HSE, UK, 2010.
- [2] Paolo BRAGATTO: A framework addressing a safe ageing management in complex industrial sites: The Italian experience in «Seveso» establishments, 2019. (Italy)
- [3] Dealing with Aging Process Facilities and Infrastructures, CCPS, 2018.
- [4] Ageing ICS - What's the Deal?, Swedish Defence Research Agency, 2019.
- [5] Ageing of hazardous installations, OECD, 2017.
- [6] Major accidents related to ageing, EC JRC MAHB, 2015.
- [7] MJV – Seveso felügyelők 2019. évi EU-s továbbképzése, Veszélyes üzemek öregedésből fakadó kockázatának kezelése témakörben, 2019. április, Qawra (Málta)
- [8] Industrial installation ageing management - Refinery piping benchmark, INERIS, 2010.
- [9] API RP 581 3rd Edition, Risk Based Inspection Technology, American Petroleum Institute, 2019. (USA)
- [10] Hesz József: Az iparibaleset-elhárítás eljárás- és eszközrendszerének kutatása és fejlesztése, különös tekintettel a kőolaj-finomítókra, Doktori (PhD) Értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2002.
- [11] Dealing with Aging Process Facilities and Infrastructure, CCPS, USA, 2018.
- [12] Final report: Non-Condensable Gas System Explosion at PCA DeRidder Paper Mill, CSB, USA, 2017.
- [13] A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény (Kat.)
- [14] A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet (R.)
- [15] Reference Manual Bevi Risk Assessments, BEVI, 2009.
- [16] PGS3: Guideline for quantitative risk assessment 'Purple book' CPR 18E, RVIM, 2005.
- [17] PED: 2014/68/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv a nyomástartó berendezések forgalmazására vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációjáról
- [18] SPVD: 2014/29/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv az egyszerű nyomástartó edények forgalmazására vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációjáról
- [19] ATEX: Az Európai Parlament és a Tanács 2014. február 26-i 2014/34/EU irányelve a robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációjáról
- [20] Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre (MSZ EN 1998:2005)
- [21] API RP 580 3rd Edition, Risk Based Inspection, American Petroleum Institute, 2016. (USA)
- [22] EEMUA Publication 206 – Risk based inspection, Engineering Equipment and Materials Users Association
- [23] CEN CWA 15740:2008, Risk-based inspection and maintenance procedures for European industry (RIMAP)
- [24] MSZ EN ISO 9712:2013, Roncsolásmentes vizsgálat. Roncsolásmentes vizsgálatot végző személyzet minősítése és tanúsítása

[25] BM OKF Útmutató a műszaki állapot nyomon követéssel és a karbantartással kapcsolatos biztonsági irányítási rendszerelemek hatékony kialakításához és működtetéséhez, 2020.

[26] Dr. Balogh Imre: Külföldi és hazai tűzkatasztrófák, tüzek robbanások és mérgezések, Studium könyvek, Budapest, 1987.

[27] 12th IMPEL seminar on Lessons Learnt from Industrial Accidents, Lyon (FR), 2017.05.31-06.01.

[28] a nyomástartó berendezések, a töltő berendezések, a kisteljesítményű sűrített gáztöltő berendezések műszaki-biztonsági hatósági felügyeletéről és az autógáz tartályok időszakos ellenőrzéséről szóló 2/2016. (I. 5.) NGM rendelet

[29] a veszélyes folyadékok vagy olvadékok tárolótartályainak, tároló-létesítményeinek műszaki biztonsági követelményeiről, hatósági felügyeletéről szóló 1/2016. (I. 5.) NGM rendelet

[30] a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések és védelmi rendszerek vizsgálatáról és tanúsításáról szóló 35/2016. (IX. 27.) NGM rendelet

1. melléklet

Berendezés csoport	Súlyosan leromlott állapot	Általános, leromlott állapot	Jó állapot	Tökéletes, újszerű állapot
Atmoszferikus tartály				
Nyomástartó edény				
Csővezeték szakasz				
Zárószerelvény				
Biztonsági lefúvató/ légző				
Szivattyú/ kompresszor/ motor				

Technológiai tartály/ hőcserélő/ kemence				
Kritikus mérőműszer				

2. melléklet

Külső bevonat (festés) állapotának megítélése:

Fizikai védelem állapota	Példák az állapotra
Állapota nem alkalmas védelemre	
Átlagos állapot, figyelembe vehető védelem	
Jó állapotban lévő	



1. táblázat: Külső bevonat (festés) állapotának besorolása (Forrás: saját szerkesztés)

Egyéb fizikai védelmi rétegek állapotának megítélése:

Az újonnan kivitelezett (minimális felülvizsgálati intervallumon belül telepített/teljeskörűen felújított) védelmi rétegek állapotát a *kiváló (tökéletes) állapotban lévő* kategóriába kell sorolni. Az egyéb védelmi rétegeket (festésen kívül) alapszabályként mindaddig a *jó állapotban lévő* kategóriába kell sorolni, amíg utolsó ellenőrzésük a maximális intervallumon belül megvalósult, valamint az arról készült jegyzőkönyv figyelemfelhívást nem tartalmaz a leromlott állapotról.

Festéstől eltérő fizikai védelem állapota	Utolsó ellenőrzés, szükség esetén felújítás időpontja
nincs fizikai védelem vagy állapota nem alkalmas védelemre	nincs fizikai védelem, vagy állapota nem alkalmas védelemre; illetve az utolsó ellenőrzésének dátuma ismeretlen, vagy jegyzőkönyve nem fellelhető
átlagos állapot, figyelembevehető védelem	$t < \text{maximális intervallum}$
jó állapotban lévő	$\text{minimális időköz} < t < \text{maximális időköz}$
kiváló (tökéletes) állapotban lévő	$t < \text{minimális időköz}$

2. táblázat: Festéstől eltérő fizikai védelmek besorolása (Forrás: saját szerkesztés)

A 3. számú táblázat ajánlásokat tartalmaz a kiindulási módszertan [2] alapján a különböző védelmi rétegek minimális és maximális vizsgálati időtartamaira, amelyek az üzemben rendelkezésre álló gyártói/tervezői/szabványi előírások hiánya esetén alkalmazandók.

VÉDELMI TÍPUS	maximális intervallum (év)	minimális intervallum (év)
kémiaiilag stabil anyagok alkalmazása szerkezeti anyagként (pl.: saválló acél, üvegszál)	20	10
tűzihorganyzás	20	10
eloxálás	20	10
belső fémötvözet réteg	20	10
belső üvegszál bevonat	10	5
tűzálló bevonatok	10	5
katódvédelem	5	2

3. táblázat: Festéstől eltérő fizikai védelmek javasolt ellenőrzési intervallumai (Forrás: [2] alapján saját szerkesztés)