



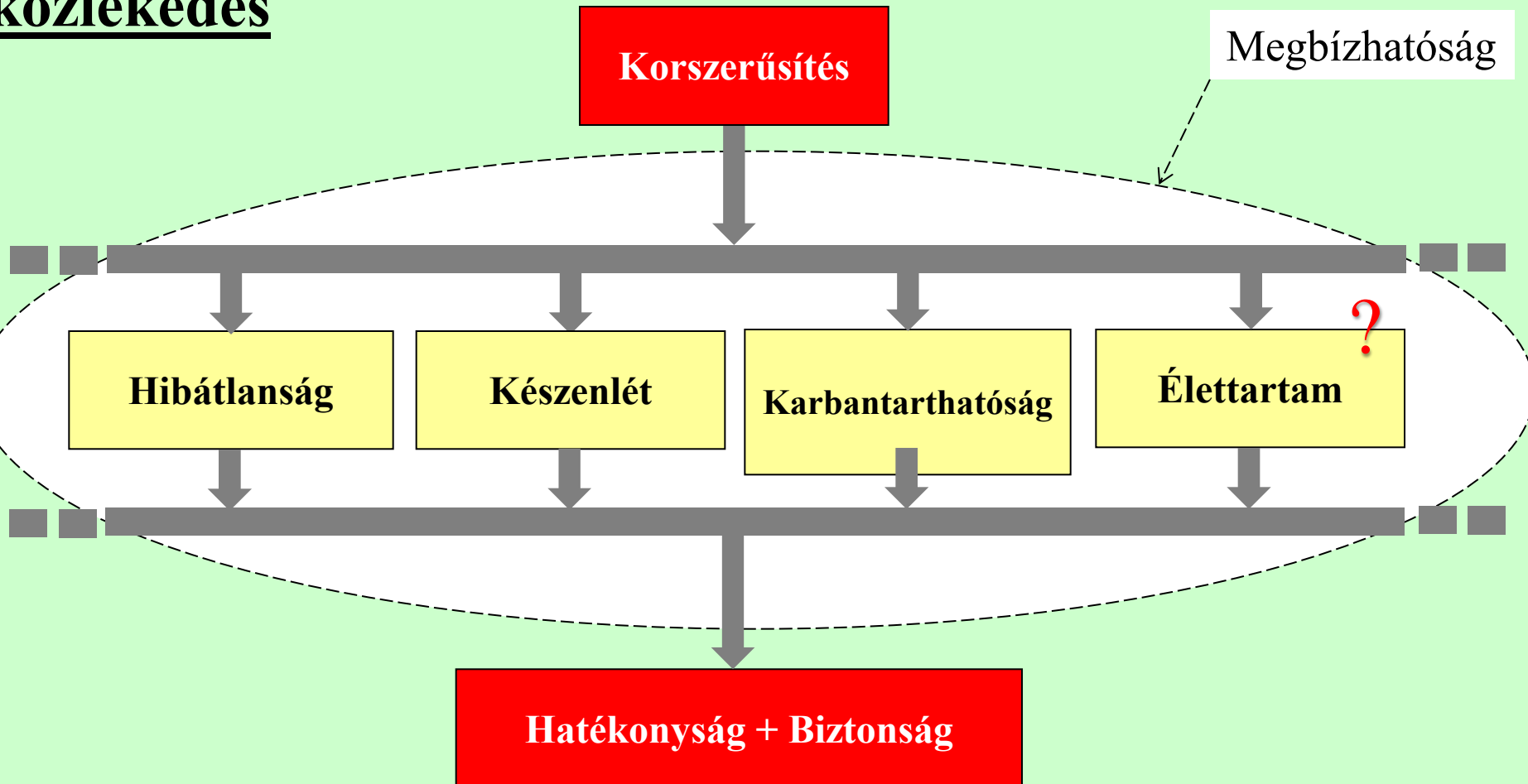
Biztosítóberendezési rendszerek biztonsága

Nézetek és valóság, ...

prof. Ing. Karol Rástočný, PhD.
doc. Ing. Izabela Krbilová, PhD.



A BB technika korszerősítése → hatékony és biztonságos közlekedés



A BBT korszerősítése → elektronizálás → más hozzáállás a fejlesztéshez, az üzemeltetéshez és a karbantartáshoz



Az előadás tárgya

Gyakran hallott kijelentések

- A rendszer nagy megbízhatóságú, tehát biztonságos
- A BB rendszer működött egy évig próbaüzemben, és nem keletkezett semmilyen veszélyeztető állapot, tehát a rendszer biztonságos
- Ha biztonságról van szó, az ár nem számít...
- A rendszer SILx szintű
- A BB életkora nem befolyásolja a biztonságot, csak a megbízhatóságot
- ...

Kérdések

- Mit jelentenek ezek a kijelentések?
- Egyáltalán helyesek ezek a kijelentések?
- Ha érvényesek ezek a kijelentések, akkor milyen körülmények között?

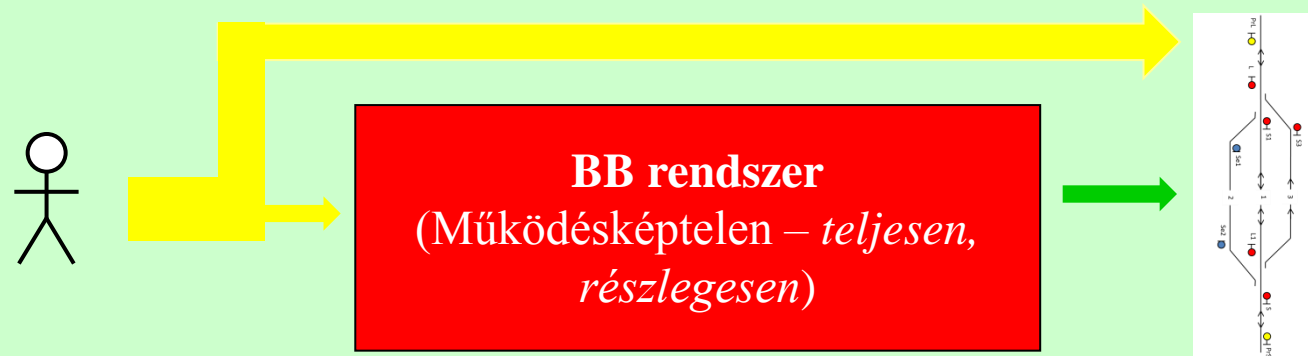


Integritás és készenlét vs biztonság

Elsődleges biztonság



Másodlagos biztonság

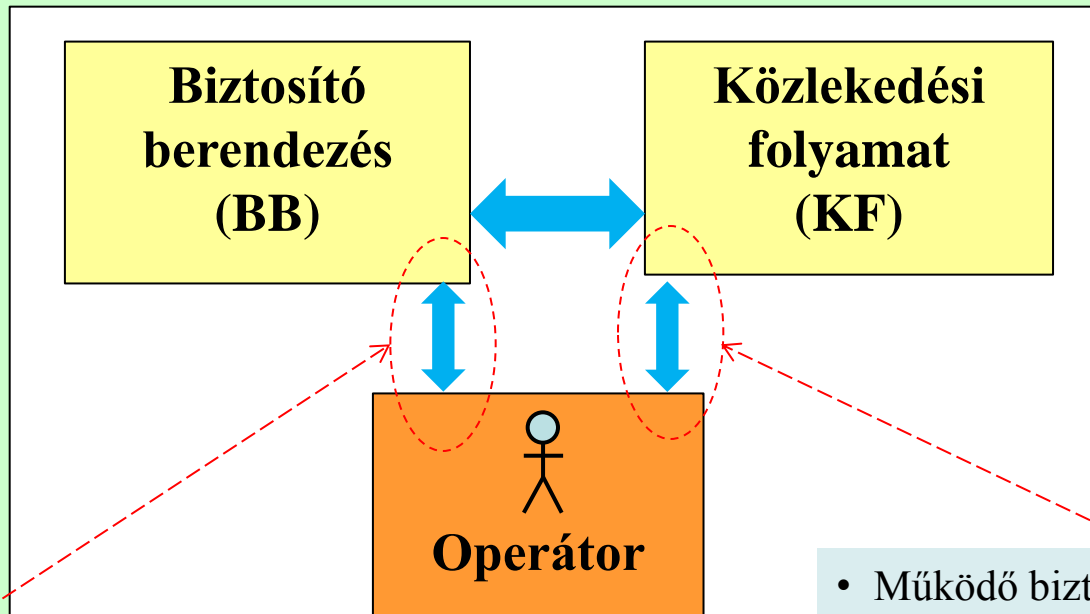


Biztonságintegritás → az elsődleges biztonság befolyásolása

Készenlét → a másodlagos biztonság befolyásolása

A hibás kezelés befolyása a biztonságra

Az operátor kapcsolata a BB-vel és a közlekedési folyamattal – **modell architektúra**

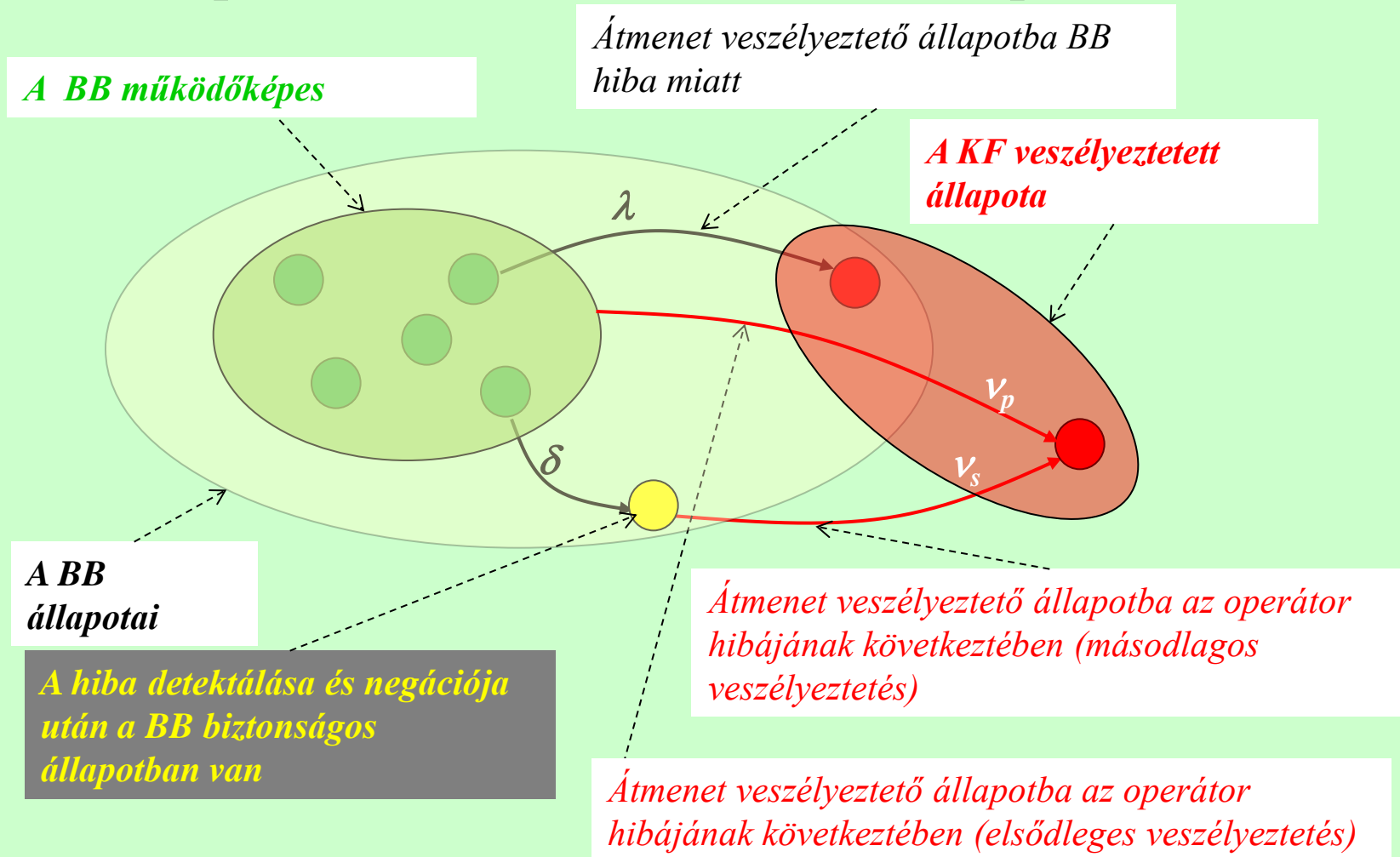


- Veszélyeztetheti-e a hibás kezelés a közlekedés biztonságát?
- A kapott visszajelentések biztonságilag relevánsak-e?

- Működő biztosítóberendezés esetén az operátor befolyásolja-e a KF biztonságát?
- Mekkora a BB felújítási ideje?
- Milyen gyakoriak a biztonságkritikus kezelések?

A hibás kezelés befolyása a biztonságra

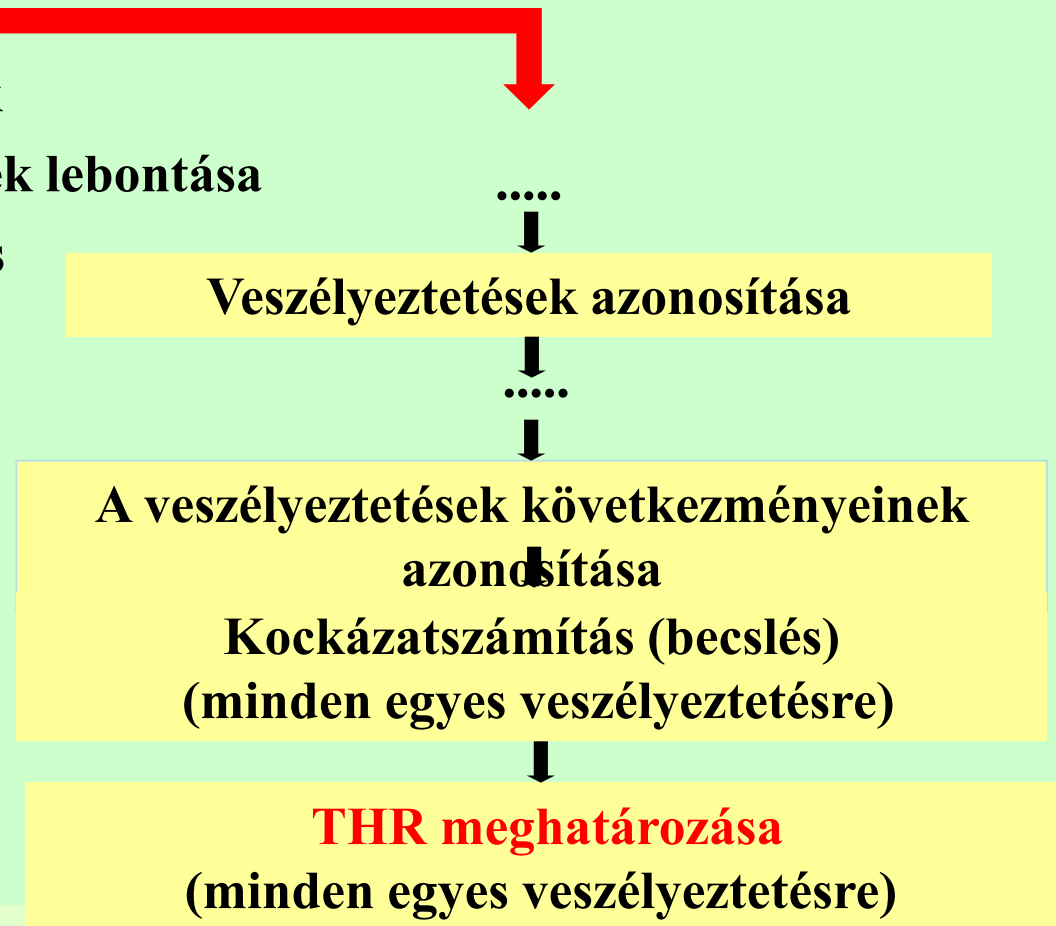
Kapcsolat az operátor, a BB és a KF között – állapotmodell





Kockázatelemzés a BB élelciklusában

- **Koncepció**
- **A rendszer definíciója és az alkalmazás feltételei**
- **Kockázatelemzés**
- **Rendszerkövetelmények**
- **A rendszerkövetelmények lebontása**
- **Tervezés és megvalósítás**
-





A kockázatelemzéstől a BB tervezéséig

Veszélyeztetések listája

Azonosító	Leírás	THR [h ⁻¹]
H1	Jármű kisiklása a váltón	1.10 ⁻⁹
H2

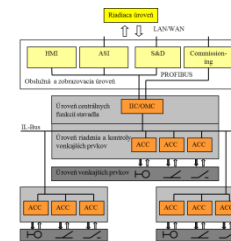
**Kockázat-
elemzés**



A biztonsági funkciók definiálása

Azonosító	Leírás	THR [h ⁻¹]
F1	A váltó szakasz szabad állapotának ellenőrzése	2.10 ⁻¹⁰
F2

- **BB architektúra definiálása**
- **A funkciók hozzárendelése a BB egyes részeihez**
- **THR hozzárendelése a BB egyes részeihez**



Veszélyeztetések kezelése



SIL táblázat (STN EN 50129)

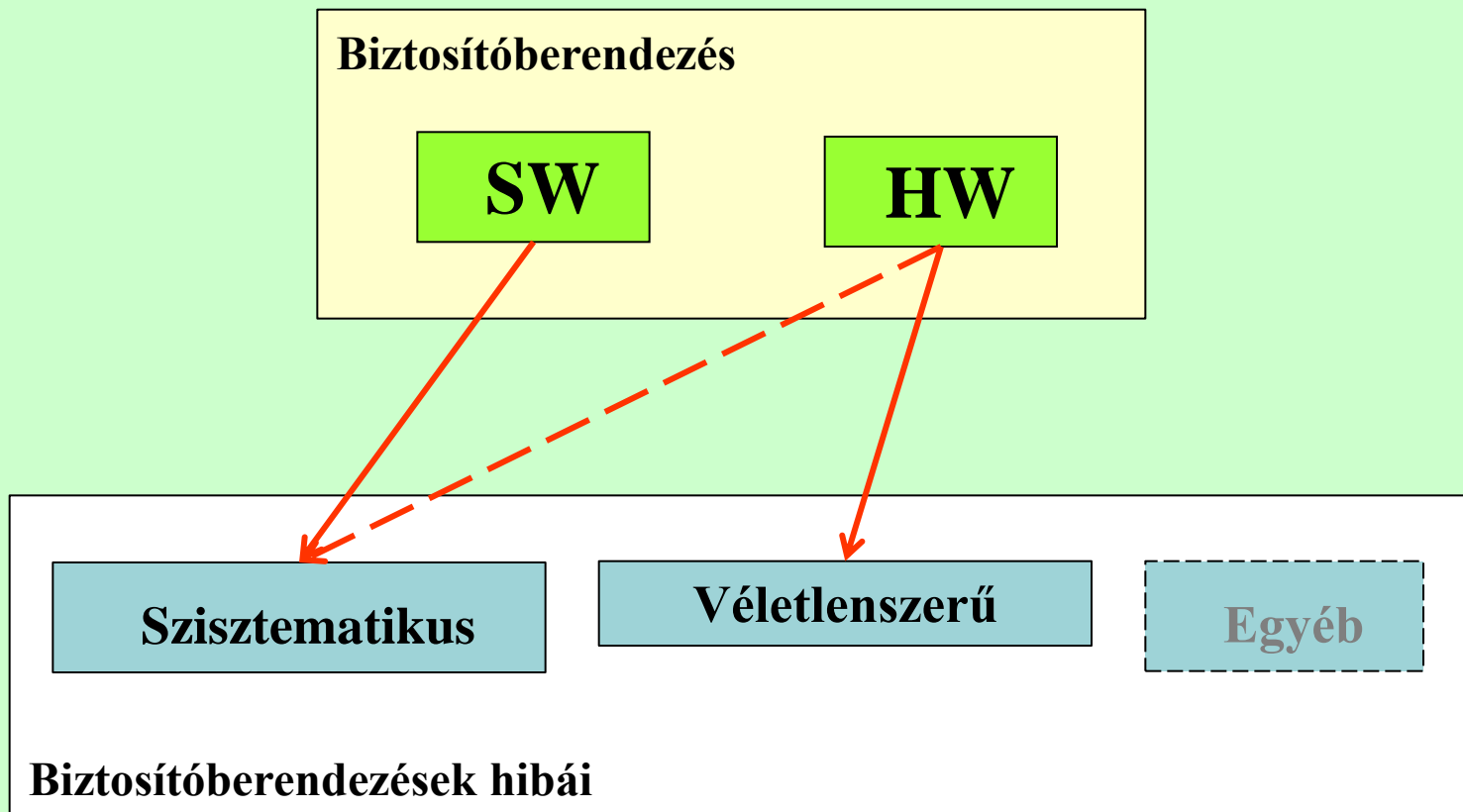
Tolerable Hazard Rate THR per hour and per function	Safety Integrity Level
$10^{-9} \leq \text{THR} < 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq \text{THR} < 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq \text{THR} < 10^{-6}$	2
$10^{-6} \leq \text{THR} < 10^{-5}$	1

SIL táblázattal összefüggő kérdések:

- Lehet kvantifikálni az összes veszélyes hibák előfordulását?
- Mi az értelme és érvényesség terjedelme a SIL táblázatban megadott értékeknek?
- Hogyan van definiálva a biztonsági funkció?



Az elektronikus BB-k hibáinak besorolása





Biztonságintegritás verzus hibák

Biztonságintegritás

**Szisztematikus hibák elleni
biztonságintegritás**

**Véletlenszerű hibák elleni
biztonságintegritás**

**Követelmény-
specifikáció**

Tesztelés

&

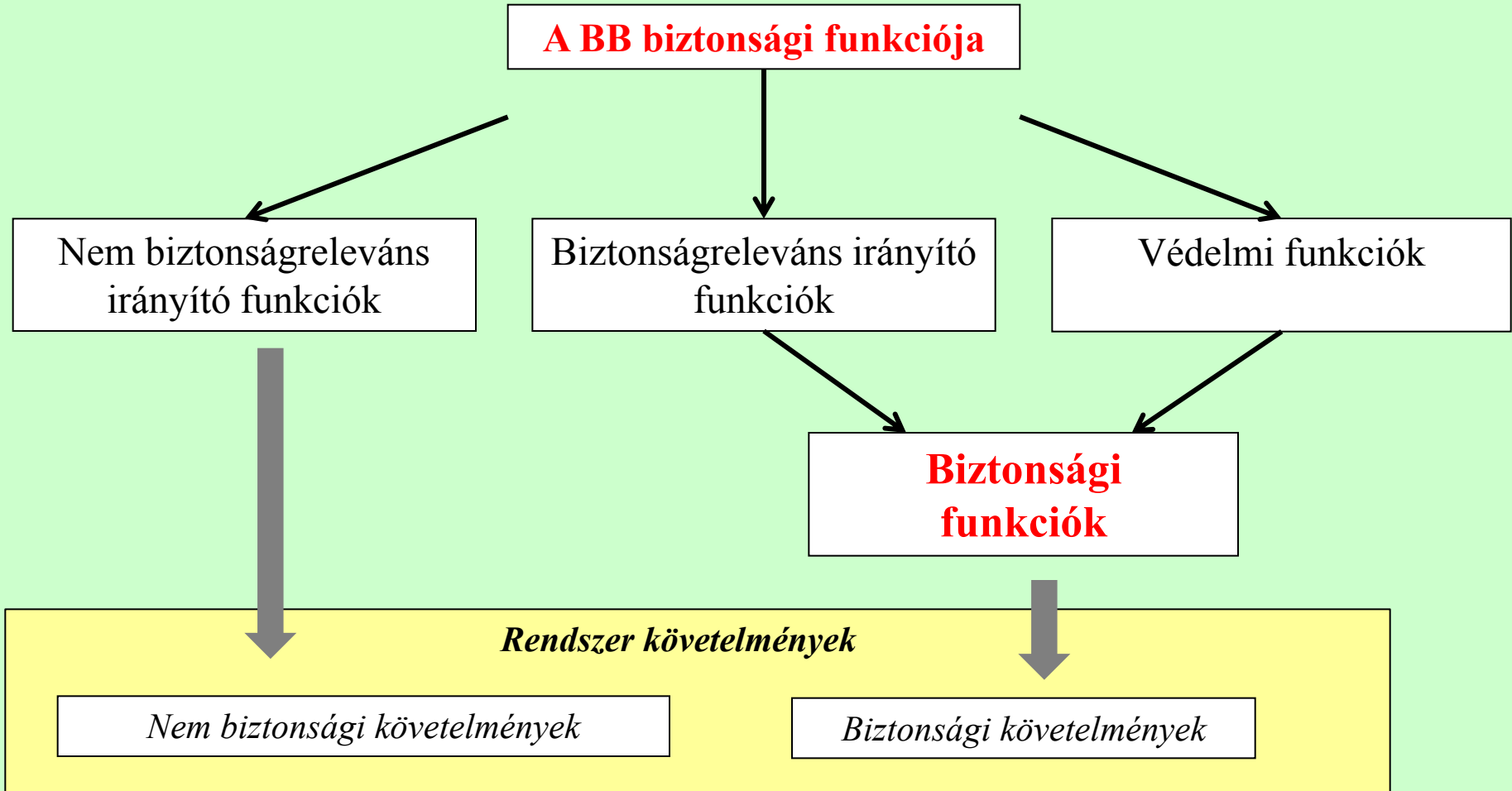
**Tesztelés
+
Számítás**

(SIL táblázat használata)

**A követelmények
teljesítésének igazolása**



A BB biztonsági funkciója



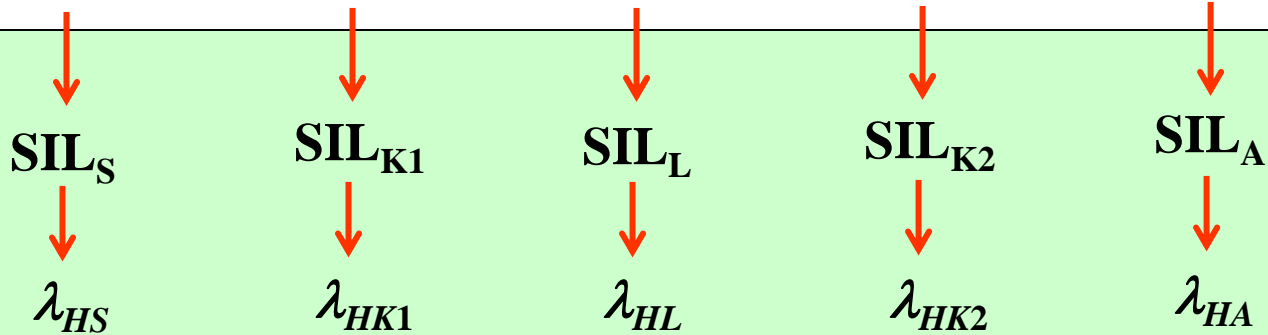
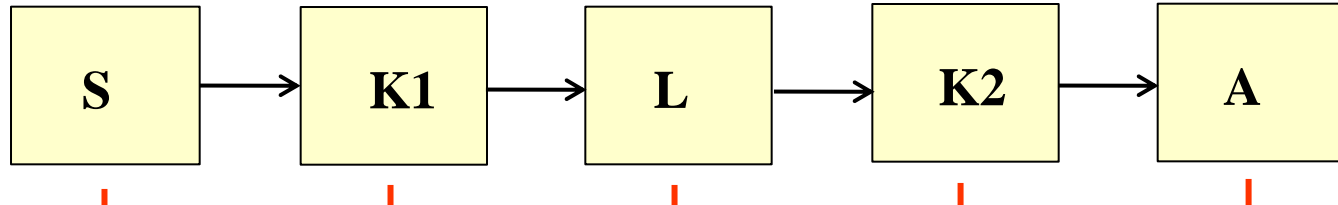
Következtetés:

A biztonsági funkciókat a kockázatelemzés alapján kell specifikálni



Biztonsági funkcióhoz SIL hozzárendelése

Az F biztonsági funkció megvalósítása



$$\lambda_{HF} = \lambda_{HS} + \lambda_{HK1} + \lambda_{HL} + \lambda_{HK2} + \lambda_{HA}$$

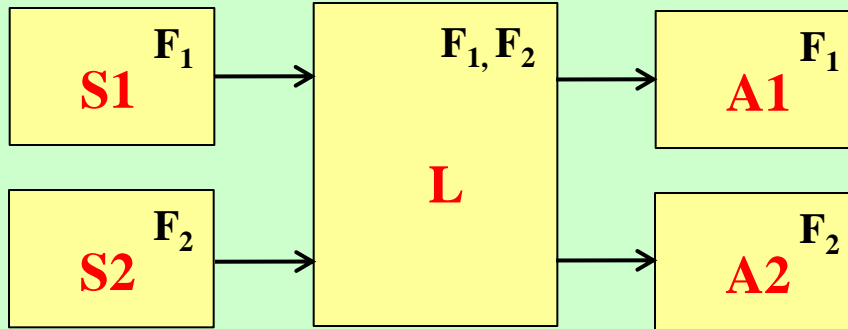
λ_{HF}
 SIL_F

Megjegyzés:

Ha a biztonsági funkcióra a követelmény pld. SIL4, és az összes rendszerelem teljesíti a SIL 4-et, az még nem jelenti azt, hogy a biztonsági funkció is SIL4 lesz.



SIL bezpečnostných funkcií

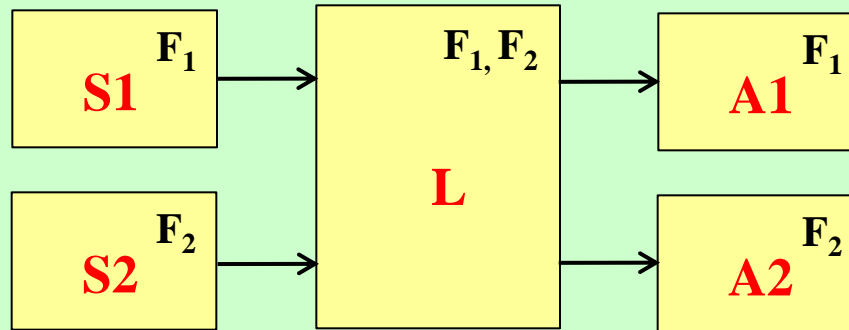


- F_1 THR_{F1}
- F_2 THR_{F2}

$$\lambda_{HF1} = \lambda_{HS1} + \lambda_{HL} + \lambda_{HA1} \quad \lambda_{HF1} \leq THR_{F1}$$

$$\lambda_{HF2} = \lambda_{HS2} + \lambda_{HL} + \lambda_{HA2} \quad \lambda_{HF2} \leq THR_{F2}$$

SIL zabezpečovacieho systému

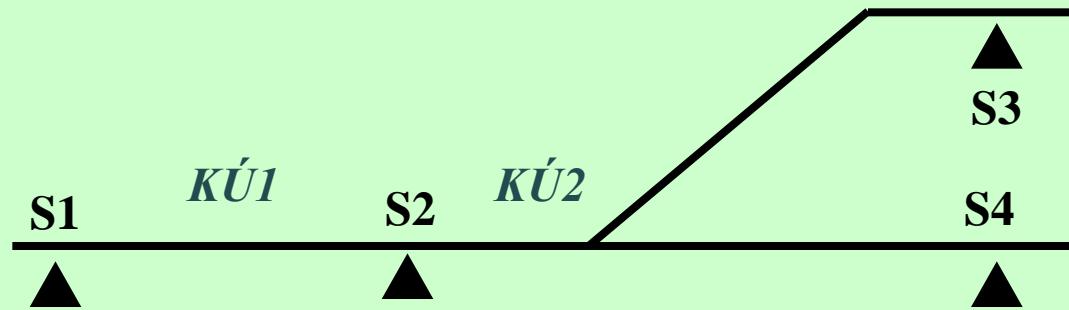


$$\lambda_{HS} = \lambda_{HS1} + \lambda_{HS2} + \lambda_{HL} + \lambda_{HA1} + \lambda_{HA2}$$

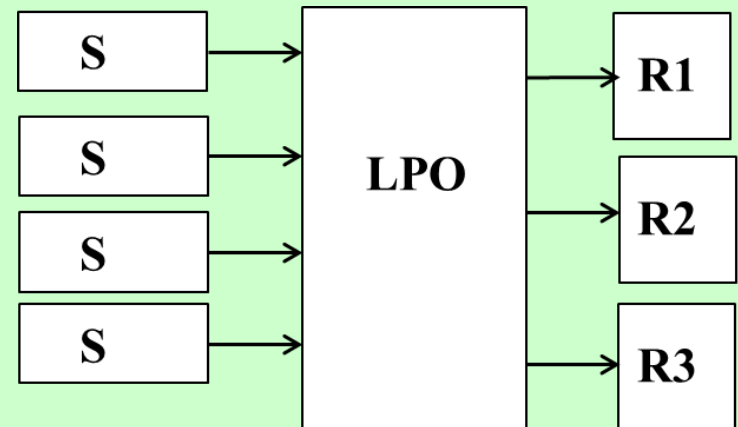
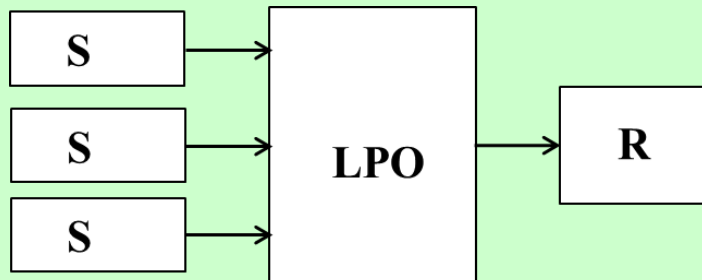


Egyszerűsített példa

Feladat: az állomásfej vágányszakaszai (KÚZ) szabad állapotának ellenőrzése

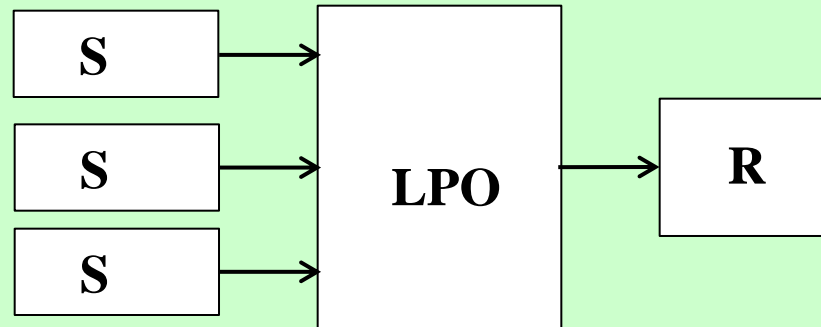


Tételezzük fel tengelyszámláló alkalmazását (PO)





Műszaki megoldás (1)



Tengelyszámláló SIL

$$\lambda_{HPO} = 3 \cdot \lambda_{HS} + \lambda_{HLPO} + \lambda_{HR}$$

$$\lambda_{HS} = 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{HLPO} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{HR} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

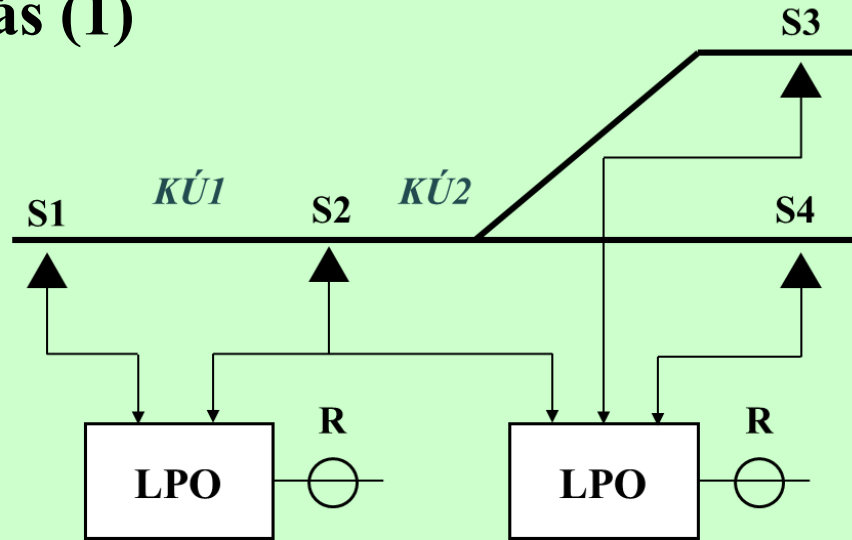
$$\lambda_{HPO} = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$



Biztonsági funkció

Katedra riadiacích a informačných systémov

Műszaki megoldás (1)



Biztonsági funkció: *A KÚ1 szakasz foglaltságellenőrzése*

$$\lambda_{HF1} = 2 \cdot \lambda_{HS} + \lambda_{HLPO} + \lambda_{HR}$$

$$\lambda_{HF1} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

Biztonsági funkció: *A KÚ2 szakasz foglaltságellenőrzése*

$$\lambda_{HF2} = 3 \cdot \lambda_{HS} + \lambda_{HLPO} + \lambda_{HR}$$

$$\lambda_{HF2} = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

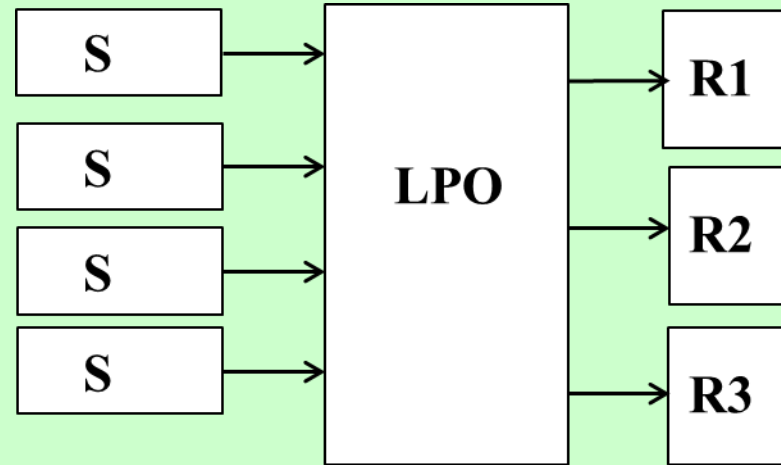
Biztonsági funkció: *A KÚZ szakasz foglaltságellenőrzése*

$$\lambda_{HFZ} = 4 \cdot \lambda_{HS} + 2 \cdot \lambda_{HLPO} + 2 \cdot \lambda_{HR}$$

$$\lambda_{HFZ} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$



Műszaki megoldás (2)



Tengelyszámláló SIL

$$\lambda_{HPO} = 4 \cdot \lambda_{HS} + \lambda_{HLPO} + 3 \cdot \lambda_{HR}$$

$$\lambda_{HS} = 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

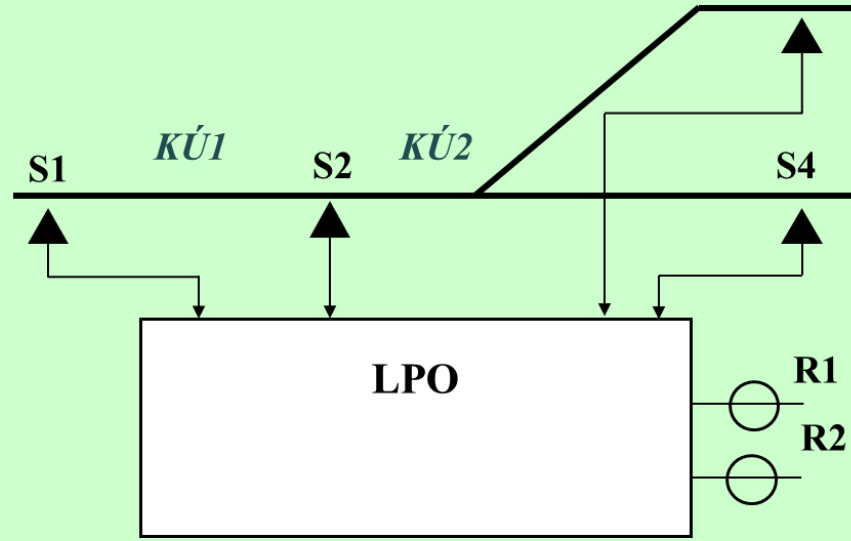
$$\lambda_{HLPO} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{HR} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{HPO} = 7 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$



Műszaki megoldás (2)



Biztonsági funkció: A KÚ1 szakasz foglaltságellenőrzése

$$\lambda_{HF1} = 2 \cdot \lambda_{HS} + \lambda_{HLPO} + \lambda_{HR}$$

$$\lambda_{HF1} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

Biztonsági funkció: A KÚ2 szakasz foglaltságellenőrzése

$$\lambda_{HF2} = 3 \cdot \lambda_{HS} + \lambda_{HLPO} + \lambda_{HR}$$

$$\lambda_{HF2} = 4,5 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

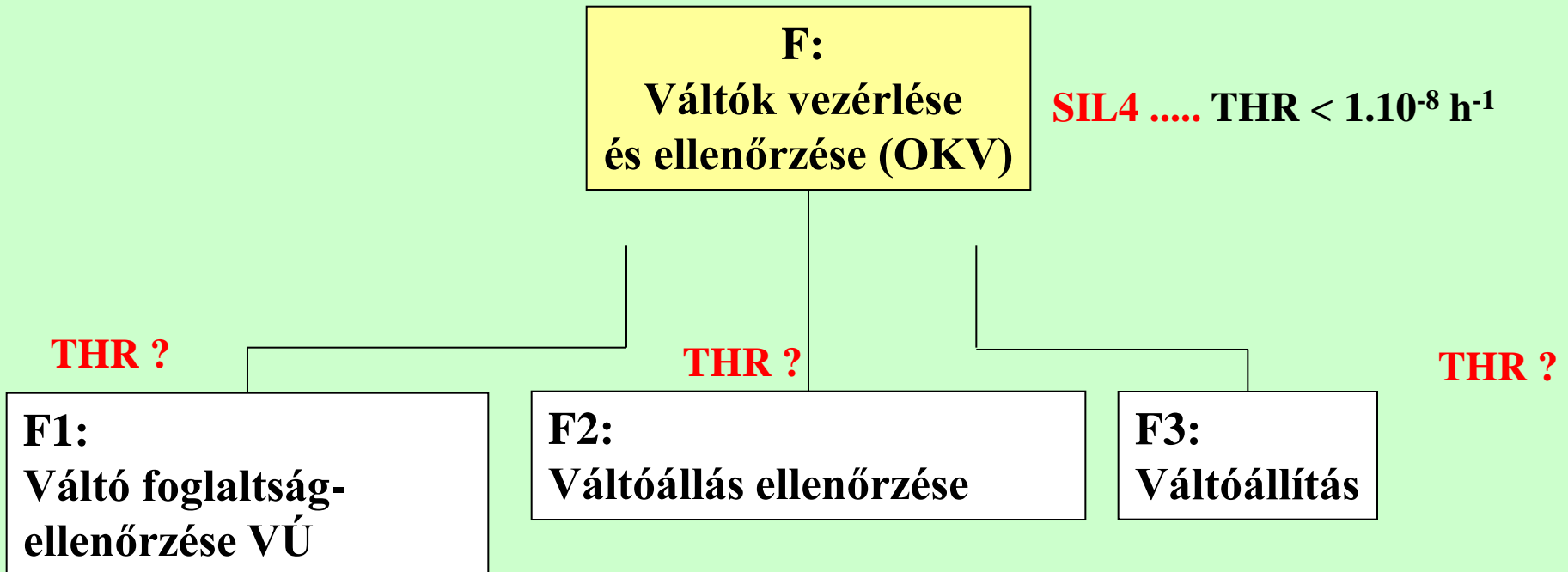
Biztonsági funkció: A KÚZ szakasz foglaltságellenőrzése

$$\lambda_{HFZ} = 4 \cdot \lambda_{HS} + 1 \cdot \lambda_{HLPO} + 2 \cdot \lambda_{HR}$$

$$\lambda_{HFZ} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$$

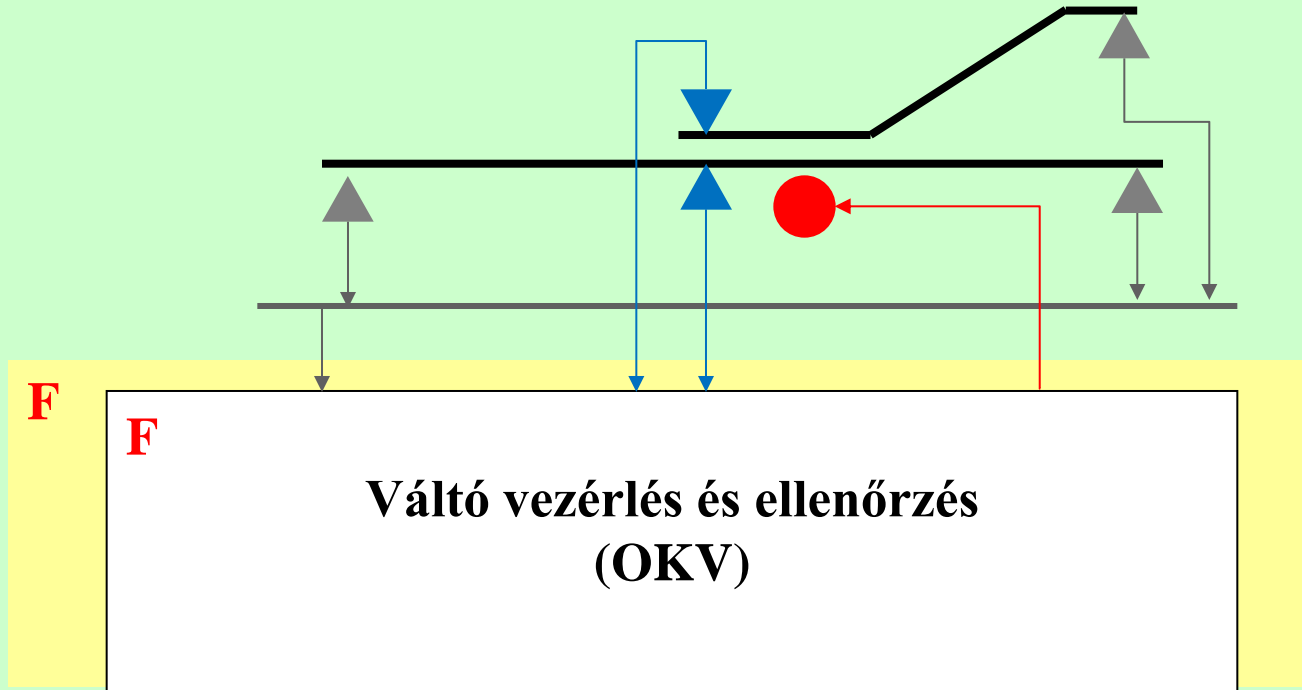


Egyszerűsített példa a biztonsági funkciók megvalósítására



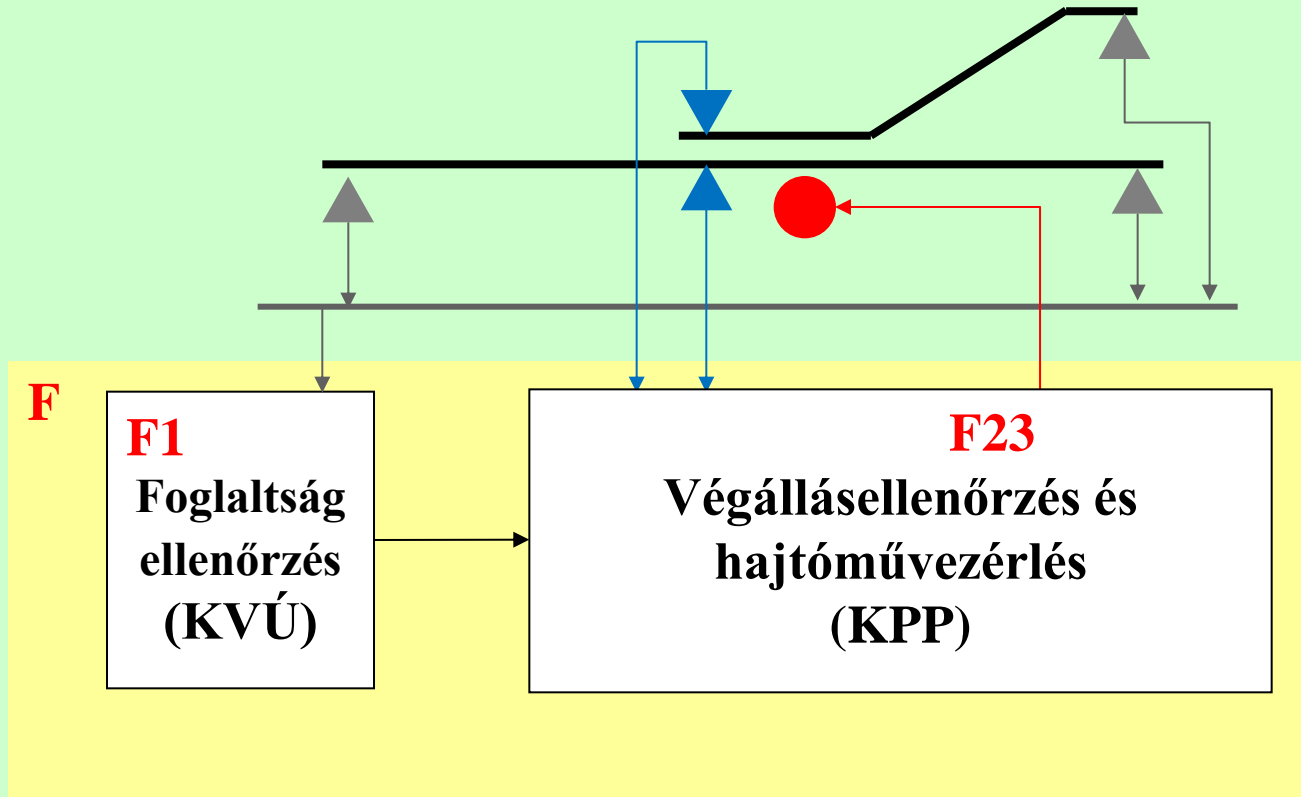


Példa a biztonsági funkciók megvalósítására



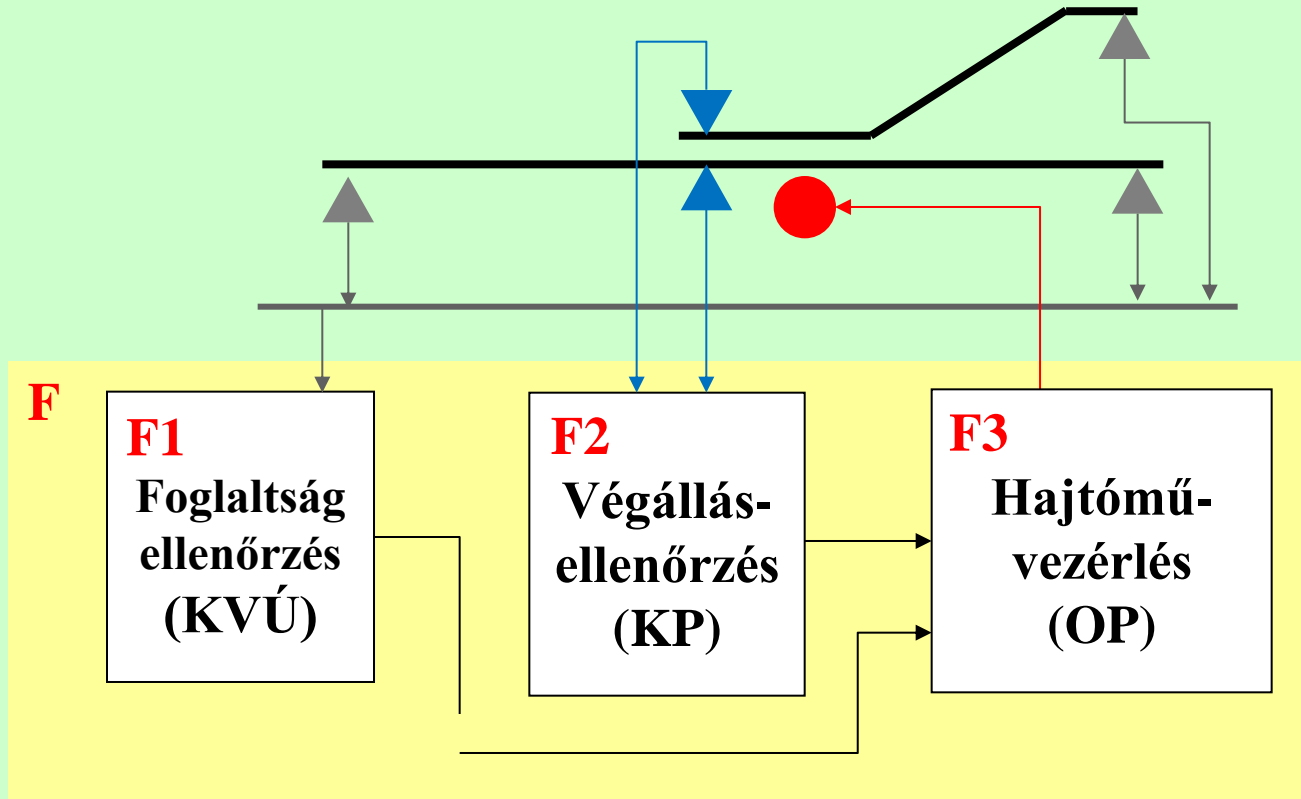


Példa a biztonsági funkciók megvalósítására





Példa a biztonsági funkciók megvalósítására





A biztonsági funkció definiálásának objektivitása

Idealizált követelmény

- **Az utasnak azonos biztonságot kellene nyújtani, függetlenül attól, hogy melyik ország melyik vasútvonalán utazik.**

Alapelv

Az a kockázat, aminek az utas ki van téve, nem kellene, hogy

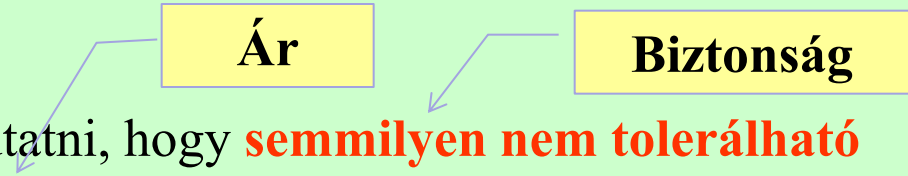
- **nagyobb legyen, mint az általánosan tolerálható kockázat;**
- **attól függjön, hogy milyen vasúti műszaki rendszert vesz igénybe az utas.**

Hogyan lehet ezt elérni?

- **A biztonsági kockázat meghatározása az egyéni kockázat alapján**

A svájci vasút példája (SBB)

Alapelv



- A biztonság igazolásánál ki kell mutatni, hogy **semmilyen nem tolerálható kockázat nem keletkezik**, és **minden megfelelő** kockázatcsökkentő **eljárást** alkalmaztak.

Kiindulás (főleg statisztikai adatok)

- MEM kritérium: $R_i = 1 \cdot 10^{-5}$ haláleset/ személyenként és évenként
- Egy utas átlagos útja vonattal: 47 min; vonatsebesség 50,5 km.h⁻¹
- Átlagos üzemi feltételek: 125,8 vonat/nap, 129 utas/vonat
- Az utas átlagos kockázata $R_k = 1.02$ FWI/év (**F**atalities and **W**eighted **I**njuries: FWI = halálos sérülések száma + 0,1. súlyos sérülések száma + 0,01. könnyű sérülések száma)
- Az egyén legfeljebb 1000 óra/év időben használja a vasutat.

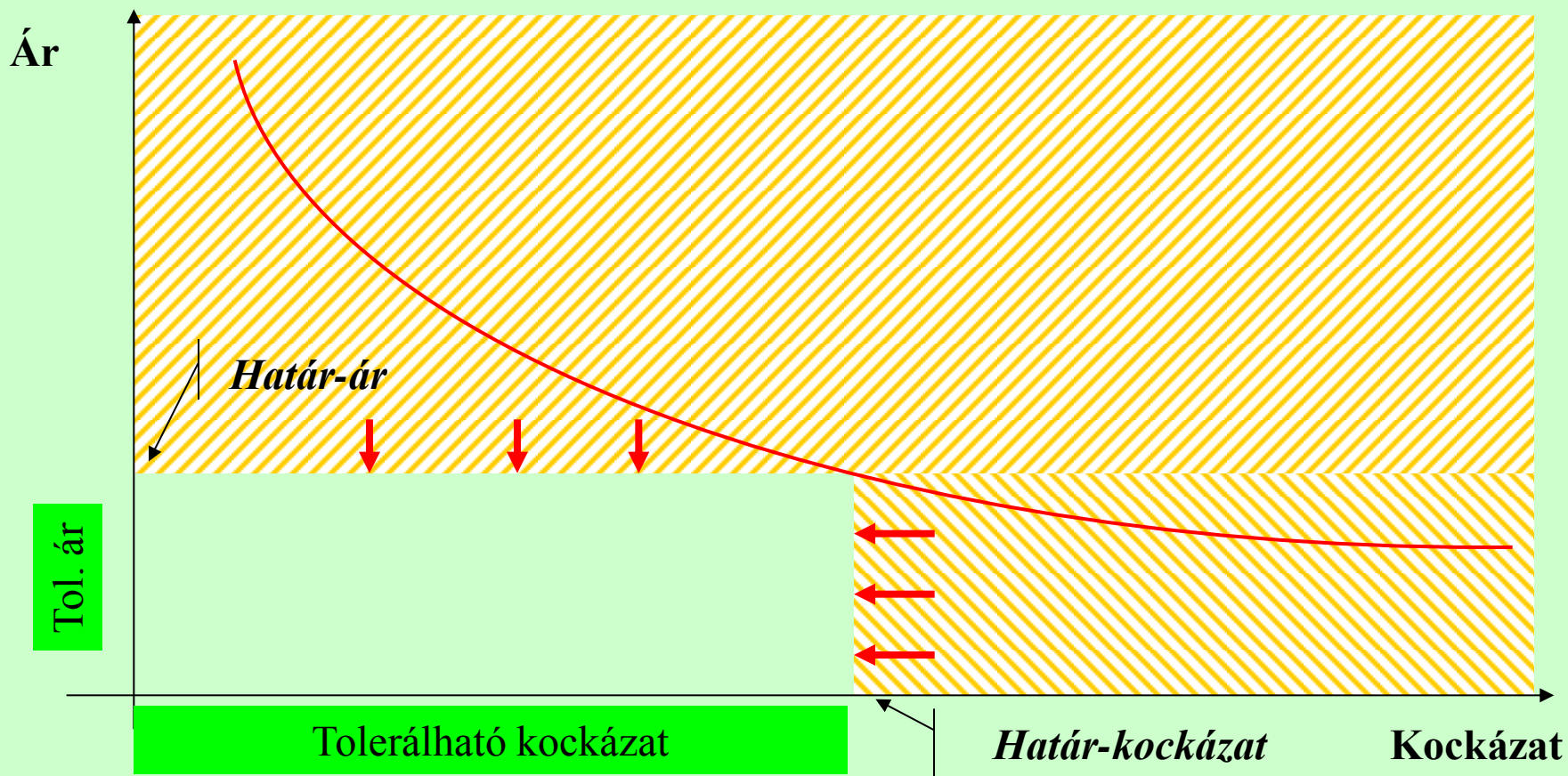
Következtetés

- Az utas átlagos tolerálható kockázata: **$R_{iAC} = 1.5$ FWI/személy és év**



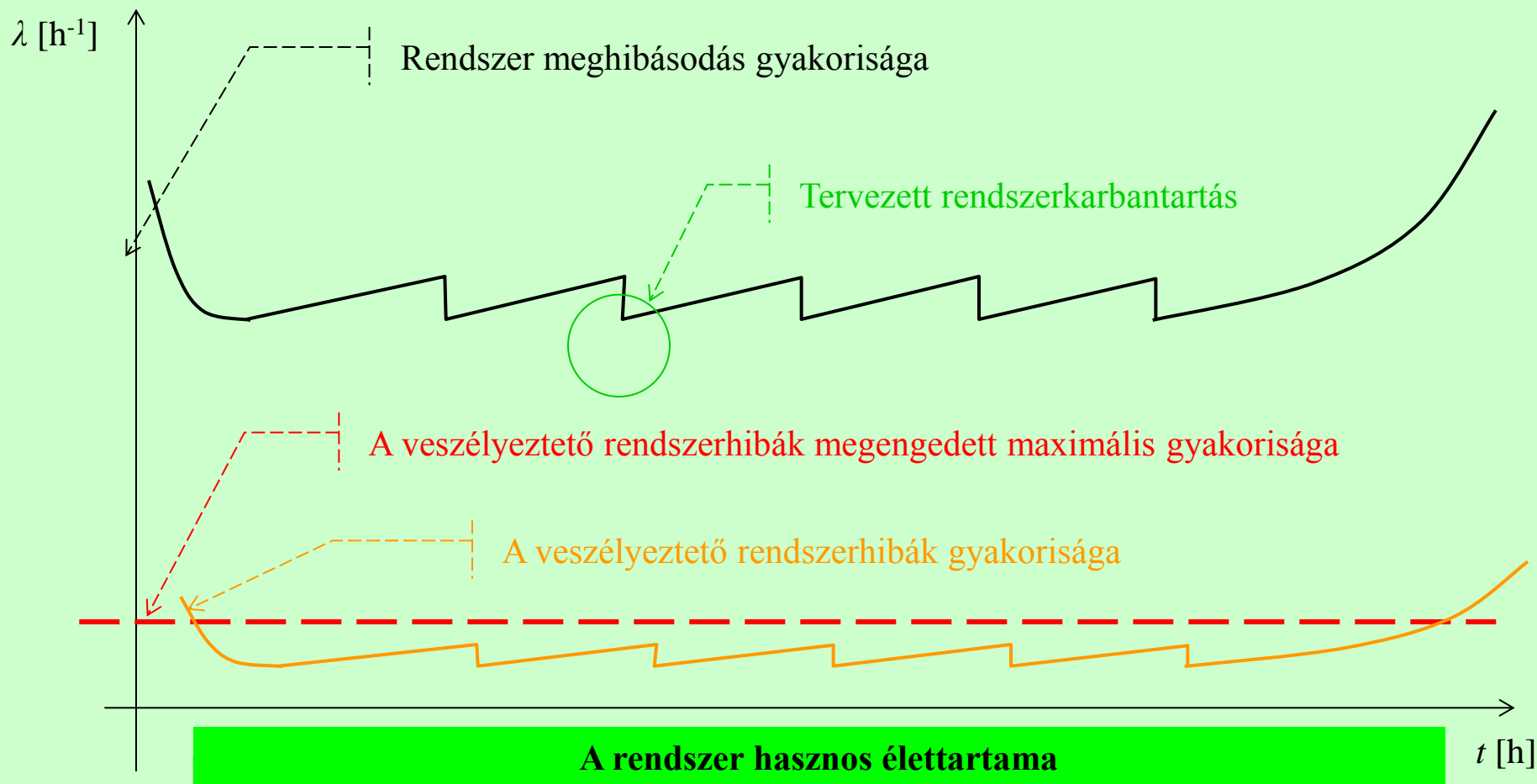
Ár verzus biztonság (kockázat)

Fiktív összefüggés a rendszer ára és kockázata között



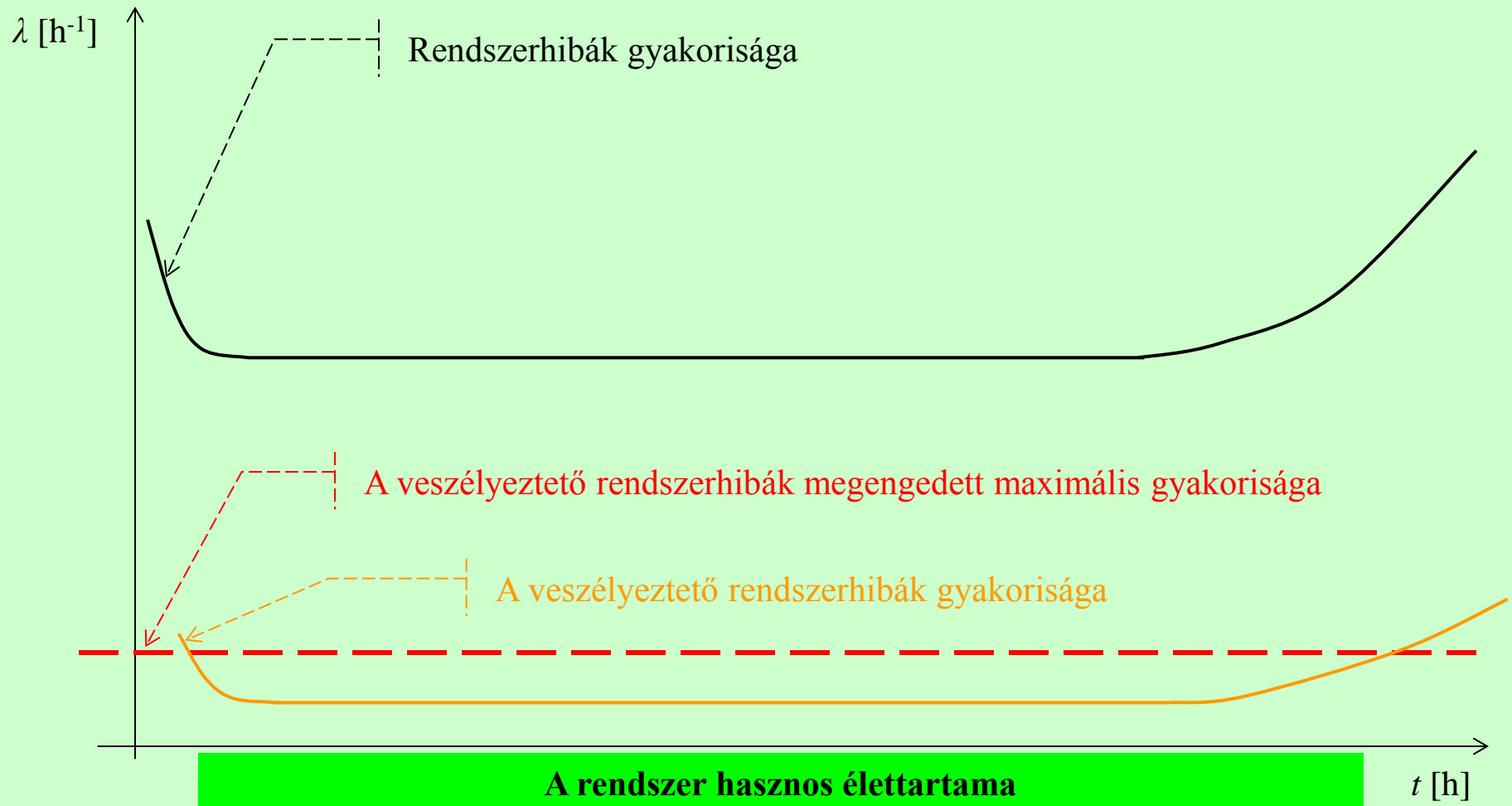


Biztosítóberendezés elektromechanikus elemekkel





Biztosítóberendezés elektronikus elemekkel (1)



Biztosítóberendezés elektronikus elemekkel (2)

- **A külsőtéri elemek élettartama (jelzők, váltóhajtóművek, ...)**
 - Elvben a relés rendszerekkel azonos
- **A belsőtéri elemek élettartama (logika)**
 - Relés rendszerek – elvben a kábelezés élettartama korlátozza (szigetelés romlása – csökken a szigetelési ellenállás, rövidzárok)
 - Elektronikus rendszerek – elvben az elemek meghibásodása korlátozza

HW csere

- Majdnem problémamentes, árban nem igényes – standard elemek

SW csere

- A szoftver fizikailag nem használódik el
- A szoftver kompatibilis lesz az új HW-rel (gyors technológiai váltás az elektronikus elemeknél)



Összefoglalás

- **A biztosítóberendezési rendszert az EN 50129 szabvány értelmében folyamatos üzemű rendszernek kell tekinteni, és ezért nemcsak a biztonságintegritási, hanem a készenléti követelményeket is teljesítenie kell.**
- **Az a kockázat, aminek az utas ki van téve, nem lehet nagyobb, mint az általánosan tolerálható kockázat, és nem függhet az alkalmazott műszaki eszközöktől.**
- **A biztosítóberendezés egész hasznos élettartama alatt kell, hogy teljesítse azokat a feltételeket, amelyek alapján fejlesztették és amelyeket figyelembe vettek a berendezés biztonságának értékelésénél.**

Köszönöm a figyelmet!