

# **Ethernet kapcsolók megbízhatósága**

*műszaki összefoglaló*

Szegedi Péter  
*2005. december*

1	Ethernet kapcsoló megbízhatósági modellje.....	3
2	<i>Eredmények értékelése</i> .....	7

## 1 Ethernet kapcsoló megbízhatósági modellje

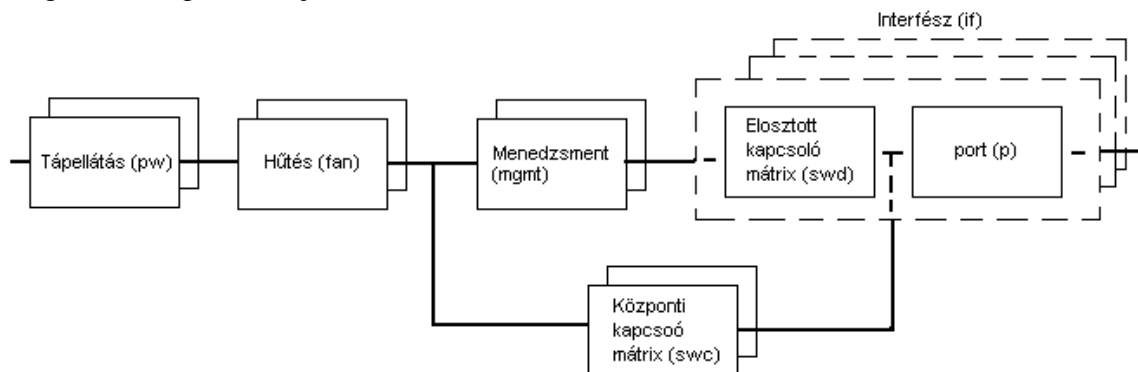
A megbízhatósági modell kialakításakor igyekeztünk azonosítani egy általánosított Ethernet kapcsolóeszköz funkcionális elemeit. Az azonosított funkcionális elemek a következők:

- Keret a hátlappal (backplane) és a hűtéssel: A hűtőventilátorok leginkább moduláris módon, helyi tartalék formájában cserélhetőek. Meghibásodása csak bizonyos késleltetés múlva hat az egész rendszerre. A hátlap passzív kialakítású, mely nagyságrendekkel megbízhatóbb, mint az aktív komponensek, így a meghibásodási modellben nem szükséges külön figyelembe venni.
- Tápáramellátás: Többnyire mindig 1+1 tartalékolt.
- Kapcsoló mátrix: Többnyire mindig 1+1 tartalékolt.
- Interfész kártya: Gyakorlatban több portot tartalmaz, amelyek különböző technológiákkal (EtherChannel, Port duplikálás) redundáns viselkedésűvé konfigurálhatóak. Egyes megvalósításokban az interfész kártya külön kapcsoló mátrixot tartalmaz a gyorsabb és megbízhatóbb működés eléréséhez. Maguk az interfész kártyák is lehetnek redundánsak.
- Menedzsment modul: Többnyire mindig 1+1 tartalékolt. Gondoskodik a TE funkciók menedzseléséről, és konzisztensen tartja az esetlegesen elosztott kapcsoló mátrixok információs tábláit. Meghibásodása nem kritikus, maga a kapcsolás a hiba megjavítása alatt is folytatódhat.

A fenti funkcionális elemek mindegyikéhez rendelhető egy rendelkezésre állás vagy más néven készenlét (Availability: A) paraméter. A meghibásodások között eltelt idő várható értéke (Mean Time Between Failures: MTBF) illetve a hiba kijavításának várható ideje (Mean Time To Repair: MTTR) ismeretében a készenlét a következő módon számítható (1) minden egyes funkcionális elem esetén:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{1}{1 + \frac{MTTR}{MTBF}} \quad (1)$$

A funkcionális elemekből felépülő Ethernet kapcsolóeszköz általánosított megbízhatósági modelljét a következő ábra szemlélteti.



1. ábra Ethernet kapcsolóeszköz általánosított megbízhatósági modellje

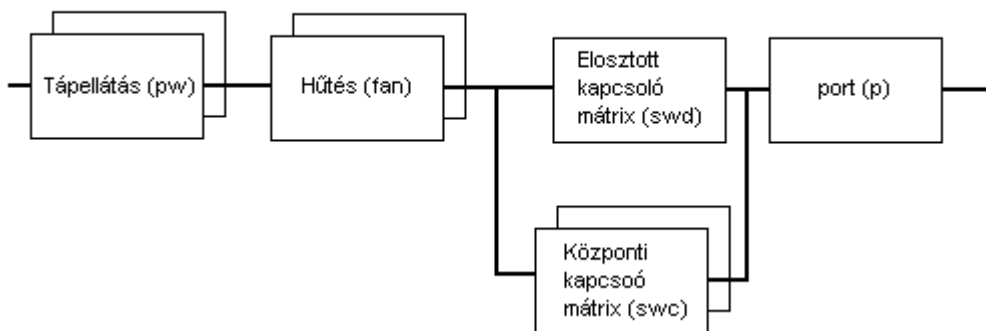
A modell megalkotása során feltételeztünk:

- javított soros rendszereket függő komponensekkel: amikor egy meghibásodott funkcionális elem MTTR idővel javítható, és ezalatt más hiba nem következhet be. Ezt a modellt alkalmaztuk az egy interfész kártyán lévő portok és elosztott kapcsoló mátrix esetén, amelyek bármelyikének meghibásodásakor az egész interfész kártyát cserélni kell, így a komponensek összefüggenek.
- javított soros rendszereket független komponensekkel: amikor a funkcionális elemek egymástól függetlenül javíthatóak MTTR idővel.
- párhuzamos rendszert független (azonos) komponensekkel: amikor az adott funkcionális elem 1+1 tartalékolt.
- továbbá a „teljes valószínűség tételének” alkalmazásával analizálható viselkedést: amikor egy funkcionális elem megélte vagy hibája nem kritikus, de kihat a többi elem rendszerbeli viselkedésére. A menedzsment modul viselkedése megbízhatóság szempontjából így modellezhető, mivel meghibásodása nem kritikus (a kapcsolat még működhet tovább) de hatására változhat a többi elem viselkedése.

Tekintve a felállított általánosított megbízhatósági modellt két alapvető működést feltételezhetünk:

1. Az első esetben hibamentesen működik a menedzsment modul. Ekkor a kapcsolási táblák információinak konzisztenciája miatt (optimális port-kiosztástervezést feltételezve) az interfész kártya elosztott kapcsoló mátrixa növeli a központi kapcsoló mátrix megbízhatóságát a „párhuzamos rendszer független komponensekkel” modell alapján. A többi funkcionális komponens a „javított soros rendszer független komponensekkel” modell alapján elemezhető (2).

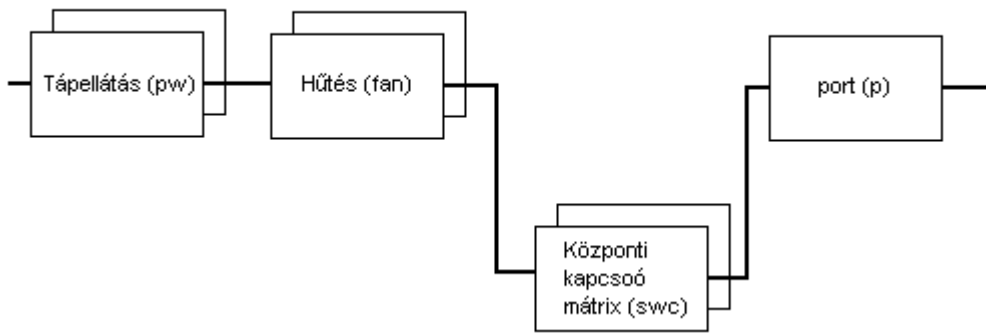
$$A_1 = A_{port} * A_{pw}^{1+1} * A_{fan}^{1+1} * (1 - (1 - A_{swd}) * (1 - A_{swc}^{1+1})) \quad (2)$$



**2. ábra Működő menedzsment modul**

2. A másik esetben feltételezzük, hogy a menedzsment modul meghibásodik ( $A_m$ ), ekkor az elosztott kapcsoló mátrix nem használható az inkonzisztencia miatt, minden feladatot a központi kapcsoló mátrix lát el. A továbbiakban szintén a „javított soros rendszer független komponensekkel” modell alkalmazható (3).

$$A_2 = A_{port} * A_{pw}^{1+1} * A_{fan}^{1+1} * A_{swc}^{1+1} \quad (3)$$



**3. ábra Hibás menedzsment modul**

Végezetül a „teljes valószínűség tételének” alkalmazásával meghatározható az Ethernet kapcsoló komplett készenlét paramétere (4).

$$A_{total} = A_1 * A_{mgmt}^{1+1} + A_2 * (1 - A_{mgmt}^{1+1}) \quad (4)$$

A fenti egyszerűsített modell kiegészíthető olyan gondos tervezési megfontolások figyelembevételével, mint:

- Egyazon interfészkártyán történő portok redundáns használata. Ez az úgynevezett port duplikálás funkció, amelyet egyes gyártók berendezései (például: Nortel Networks "LinkSafe" megoldása és a Metrobility "Redundant Twister" megoldása [portdup]) lehetővé tesznek. A megoldás lényege, hogy az aktív portpár mellett egy stand-by állapotban lévő portpárat is konfigurálnak. Egy „hello protokoll” monitorozza az aktív portpárat, ha valamelyik port meghibásodik, 200 ms-on belül feléleszthető a stand-by port.
- Egyazon interfészkártyán történő logikailag összerendelt portok használata. Ilyen például a Cisco EtherChannel megoldása, ahol a logikailag összerendelt portok között a forgalmi terhelés egyenletesen megoszlik. Valamelyik portpár hibájakor a forgalom átterhelődik az életben maradt portpárakra.
- Különböző interfészkártyán történő logikailag összerendelt portok használata. Ez a megoldás az előbbi továbbfejlesztése, amely még megbízhatóbb működést eredményez nemcsak a portok, hanem az egész interfészkártya meghibásodása esetén.

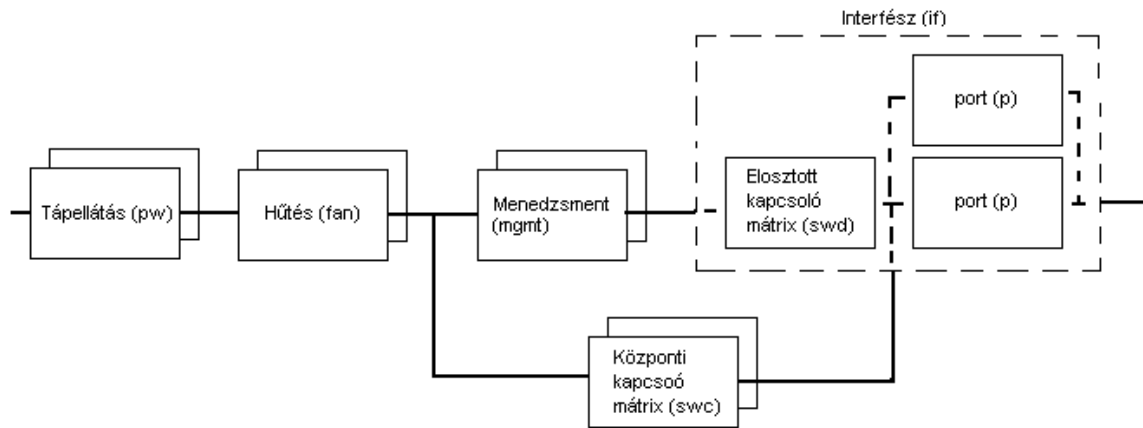
A megbízhatósági szempontból fejlettebb modellek a következőképpen analízálhatóak:

1. Port duplikálás illetve két portos EtherChannel azonos interfész kártyán (5, 6, 7): Annyi változást jelent, hogy az interfész kártyán a portok megbízhatóság növelhető a „párhuzamos rendszer független azonos komponensekkel” modell alapján.

$$A_1 = A_{if}^{1+1port} * A_{pw}^{1+1} * A_{fan}^{1+1} * (1 - (1 - A_{swd}) * (1 - A_{swc}^{1+1})) \quad (5)$$

$$A_2 = A_{if}^{1+1port} * A_{pw}^{1+1} * A_{fan}^{1+1} * A_{swc}^{1+1} \quad (6)$$

$$A_{total} = A_1 * A_{mgmt}^{1+1} + A_2 * (1 - A_{mgmt}^{1+1}) \quad (7)$$



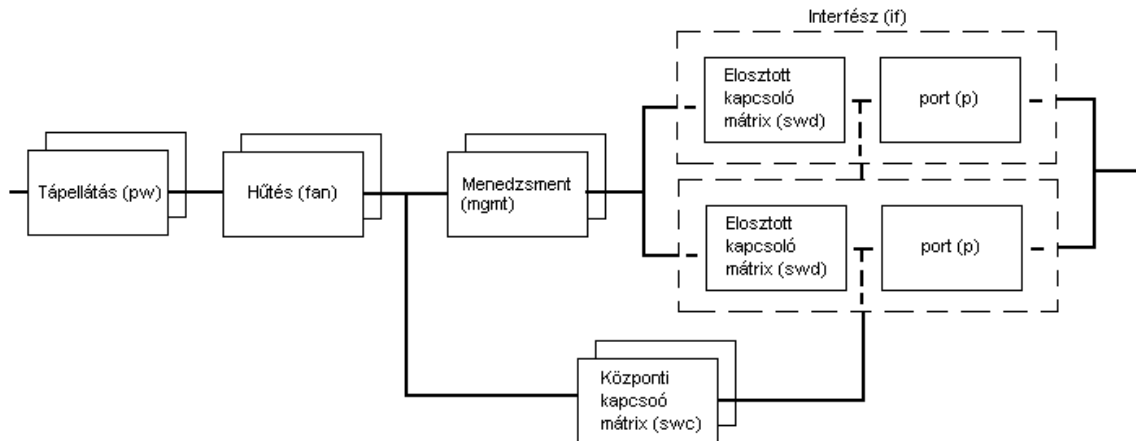
4. ábra Redundáns portok egy interfész kártyán

2. Két portos EtherChannel különböző interfész kártyán (8, 9, 10): Annyi változást jelent, hogy a komplett interfész kártya (portok és elosztott kapcsoló mátrix) megbízhatósága növelhető a „párhuzamos rendszer független azonos komponensekkel” modell alapján.

$$A_1 = A_{if}^{1+port} * A_{pw}^{1+1} * A_{fan}^{1+1} * \left(1 - \left(1 - A_{swd}^{1+1}\right) * \left(1 - A_{swc}^{1+1}\right)\right) \quad (8)$$

$$A_2 = A_{if}^{1+port} * A_{pw}^{1+1} * A_{fan}^{1+1} * A_{swc}^{1+1} \quad (9)$$

$$A_{total} = A_1 * A_{mgmt}^{1+1} + A_2 * \left(1 - A_{mgmt}^{1+1}\right) \quad (10)$$



5. ábra Redundáns interfész kártyák

## 2 *Eredmények értékelése*

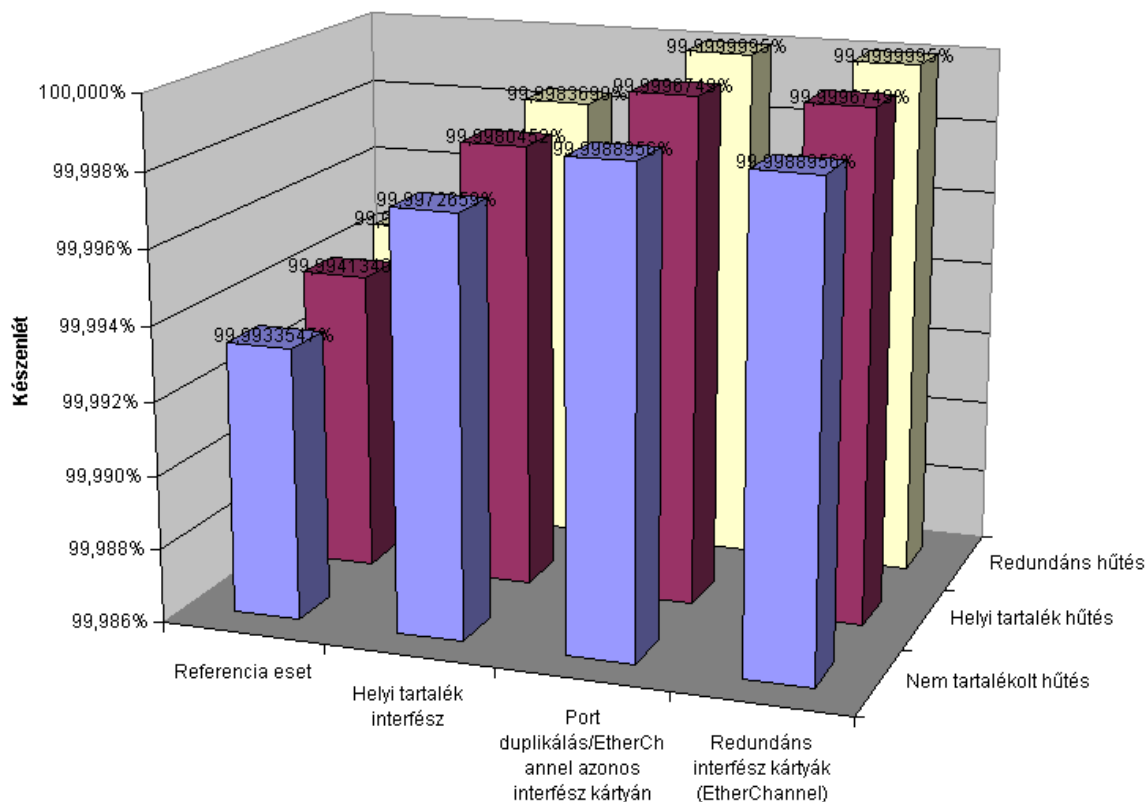
Az eredmények négy alapvető megoldáshoz tartoznak:

1. Referencia Ethernet kapcsoló
2. Tartalék interfész kártyás Ethernet kapcsoló (karbantartói munkát igényel a csere: MTTR: 2 óra)
3. Redundáns portos Ethernet kapcsoló (port duplikálás vagy EtherChannel egy interfész kártyán)
4. Redundáns interfész kártyás Ethernet kapcsoló (EtherChannel külön interfész kártyán)

Egyes funkcionális komponensek esetén (pl: hűtés) a megbízhatóság tovább skálázható, mégpedig a várható javítási idő (MTTR) mentén (Megjegyzés: a tápellátás, a menedzsment modul és a központi kapcsoló mátrix minden gyártó implementációjában eleve 1+1 tartalékolt.):

- Az 1+1 tartalékolt komponenseknek a várható működési idejükhöz képest jóval kisebb a javításra (átkapcsolásra) szánt MTTR paraméterük (<1-2 sec).
- A helyileg tartalékolt funkcionális elemek, mint a beépített tartalék interfészkártyák, vagy a helyi raktárban lévő hűtő modulok kicserélésének MTTR ideje, az észlelési idő, a kiszállási idő, és a karbantartási idő figyelembevételével 2 óra.
- Az országos szinten, központi raktárban lévő, vagy a gyártó készletű raktárából azonnal beszerezhető pótalkatrészek esetén az MTTR 6,8 óra.

A következő grafikon (6. ábra) az ismertetett modellek alapján kapott készletű értékeket mutatja. A fent megnevezett négy alapvető megoldás közül látható, hogy a helyi tartalék interfész kártya meglete egy nagyságrenddel, a port duplikálás vagy redundáns interfész kártyák (EtherChannel logikai összerendelés) alkalmazása pedig – gondos tervezést feltételezve – további nagyságrendekkel növelheti a megbízhatóságot.



**6. ábra Készletléti adatok százalékban**

Egyszerűbben értékelhetőek az eredmények, ha egyszerűsített módon csak a kilencesek számát ábrázoljuk (7. ábra). Referencia esetben az Ethernet kapcsoló duplikált tápellátást, duplikált menedzsmenet modult és duplikált kapcsoló mátrixot tartalmaz. Az interfész kártya nem tartalékolt. Ekkor a készlet kicsivel jobb, mint négy-kilences. Ha az esetlegesen meghibásodó interfész kártya helyett van a berendezésben egy tartalék, amellyel várhatóan 2 órán belül ki lehet cserélni az elromlottat a készlet öt-kilencesre növelhető. Azonos illetve redundáns interfész kártyákon alkalmazott port többszörösítési módszerek segítségével, további nagyságrendekkel javítható a készlet. A készlet értékelésében segít a következő táblázat (1. táblázat):

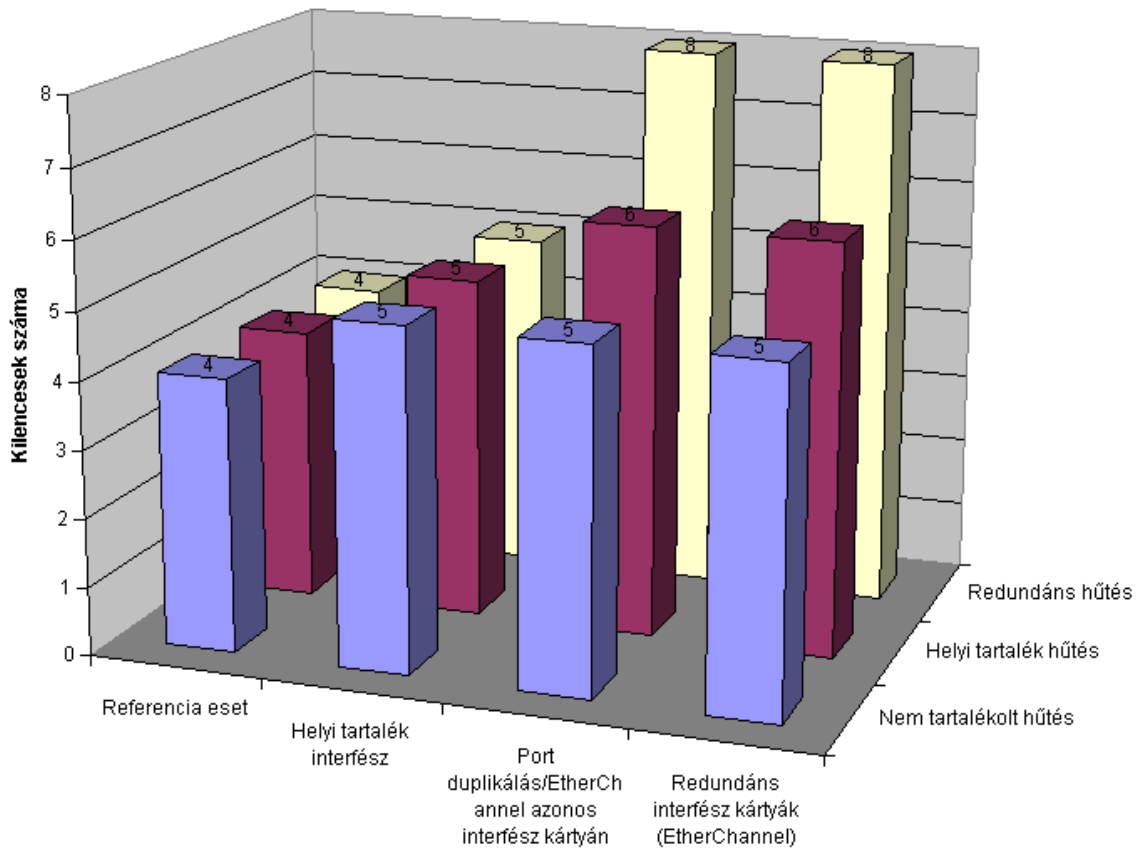
9-esek száma	Készlet (%)	Várható éves szintű kiesés	Megjegyzés
1	90.0000%	36 nap 12 óra	-
2	99.0000%	87 óra 36 perc	Kommersz eszközök
3	99.9000%	8 óra 46 perc	Nem kritikus alkalmazások
4	99.9900%	52 perc 33 másodperc	Adatközpontok
5	99.9990%	5 perc 15 másodperc	Megbízható rendszerek
6	99.9999%	31,5 másodperc	Kiemelten megbízható r.

**1. táblázat Készletléti paraméterek értékelése**

Érdeemes megfigyelni a készlet alakulását a különböző tartalékolt hűtési megoldások alkalmazása kapcsán. A hűtés meghibásodásakor az egész Ethernet kapcsoló kieshet, tehát ez a komponens soros módon jelentkezik a megbízhatósági modellben, azaz készleté kritikus. A nagyobb megbízhatóságú rendszereket (redundáns portok vagy interfész kártyák) jobban befolyásolja egy kritikus elem



kiesése, mint a kisebb megbízhatóságú (referencia eset) rendszereket. Amint látszik, referencia esetben a négy-kilences készenlétet nem befolyásolja jelentősen a hűtés tartalékolása (első oszlopok). Redundáns interfész kártyák esetén viszont (utolsó oszlopok) ha a hűtés nem tartalékolt nagyságrendekkel romolhat a készenlét, hiába javítottuk azt a redundáns interfész-konfigurálással.



**7. ábra Készenléti adatok a kilencsek számával kifejezve**