

VVER-1200 blokk APROS modelljének fejlesztése (primer kör és konténment)

Csige András
BME Nukleáris Technikai Intézet

OAH TSO szeminárium
2019. június 5.

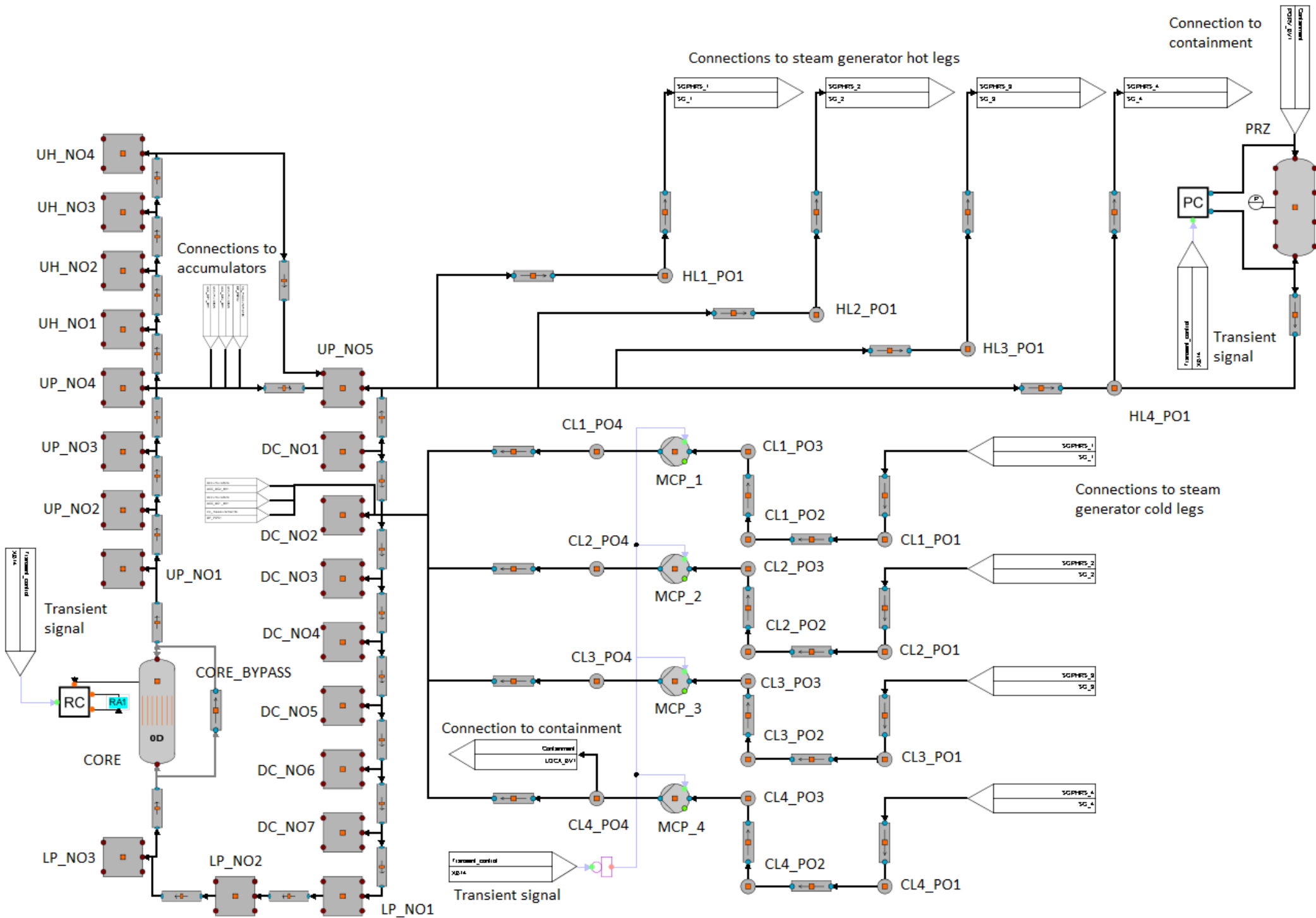
Előzmények és kutatási célok

- Gőzfejlesztő passzív hűtőrendszer vizsgálata (2017)
- Teljes feszültségvesztés (*Station Black-Out*) vizsgálata egyszerűsített primerköri modellel (2018)
- Részletes primer kör és konténment modell megépítése (2019, LEK alapján...)
 - Primer kör modellezése reális geometriával
 - Konténment modellezése reális geometriával
 - Konténment passzív hőcserélő nodalizációs vizsgálatok elvégzése
 - Gőzfejlesztő és konténment passzív hűtőkörök egymásra hatásának vizsgálata
 - SBLOCA+SBO tranziensek szimulációja különböző törésméretekkel, a GF passzív hűtőrendszer működése nélkül, illetve működésével
 - A súlyos baleseti folyamatok vizsgálata nem volt cél (számítások leállítása 1200°C burkolathőmérséklet elérésekor)

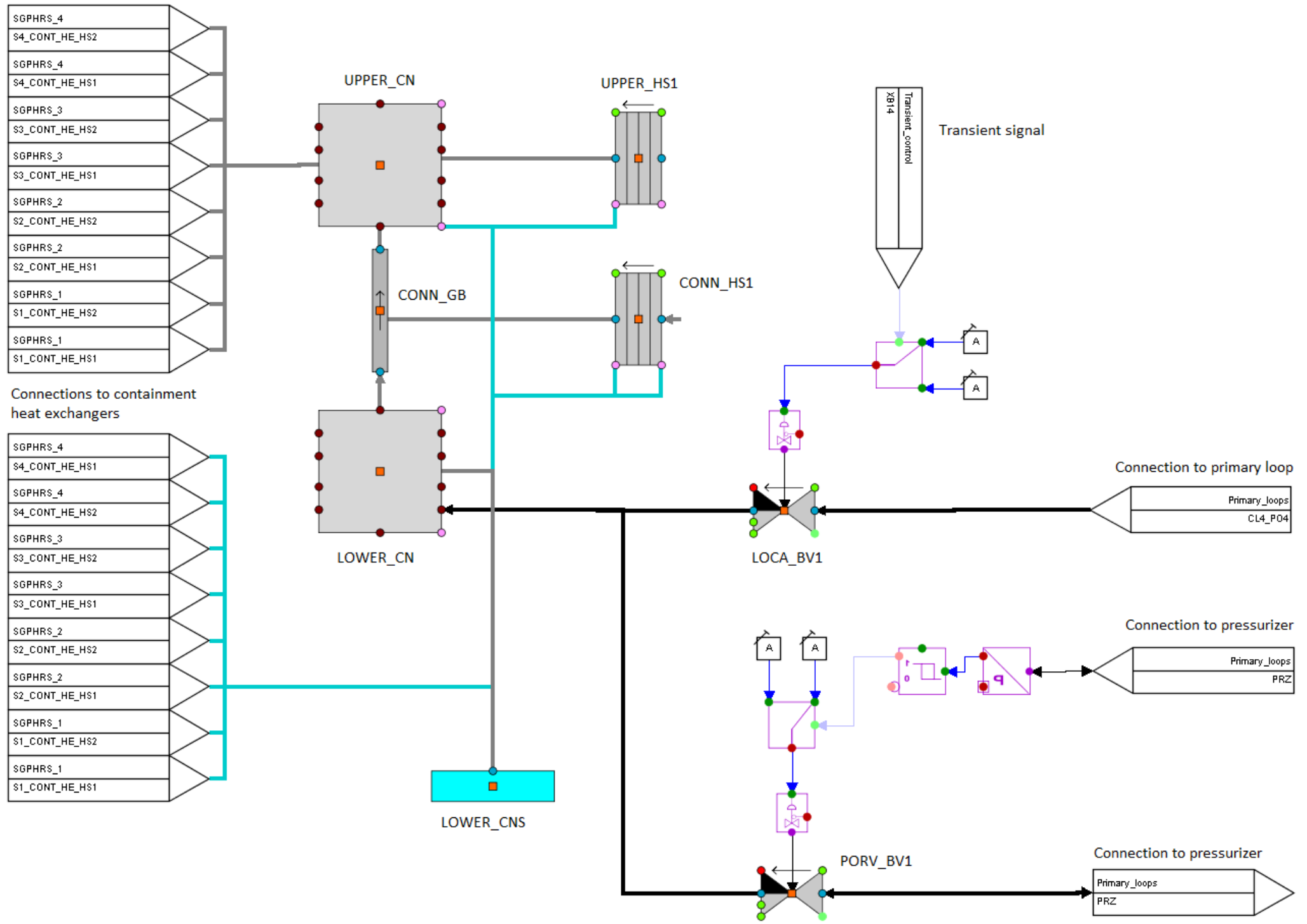
Az APROS kód

- Advanced Process Simulator (<http://www.apros.fi>)
- Fortum (IVO) és VTT fejlesztései 1986 óta
- Két-folyadék modell implicit megoldóval
- Bórsav és nem-kondenzálódó gázok figyelembe vétele
- VVER reaktorokhoz kifejlesztett korrelációk használata
- Kiterjedt validáció VVER teszt berendezésekre
- Aktívan használják VVER, PWR és BWR reaktorok modellezésére
- Vegyi reakciók fosszilis erőművekhez, időjárás modellek megújulókhöz, hélium/sóolvadék/folyékony fém hűtőközeg 4. generációs reaktorokhoz és fúziós berendezésekhez
- Saját modellek fejleszthetőek Fortran és SCL nyelvben

Primer kör modell

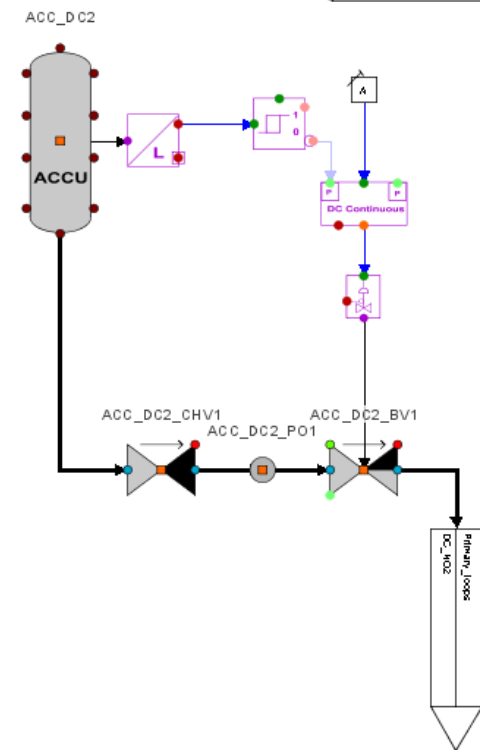
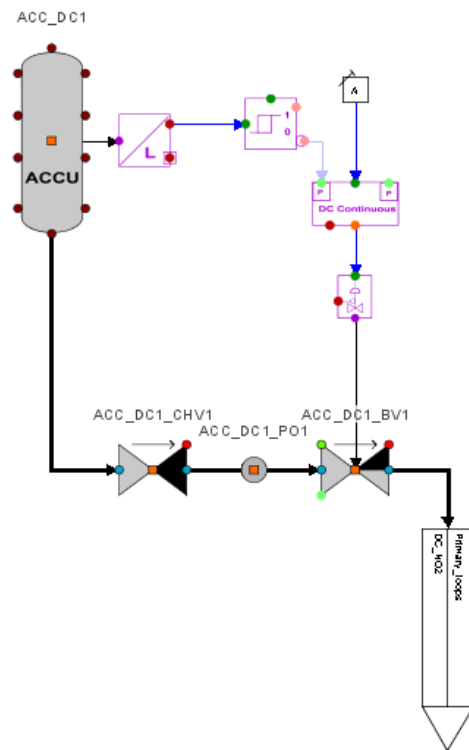
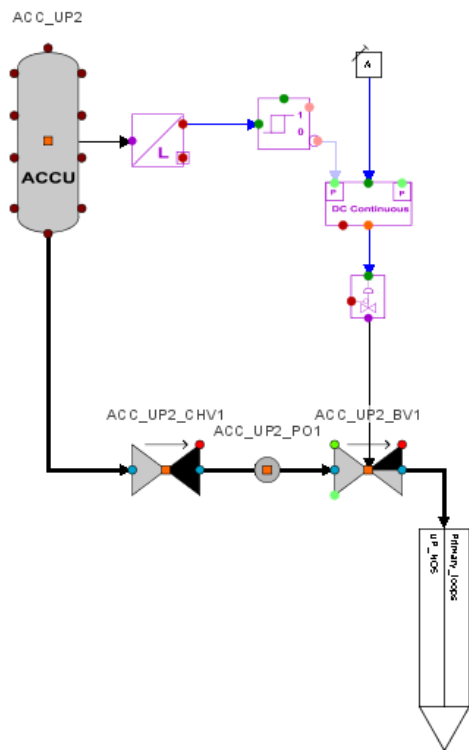
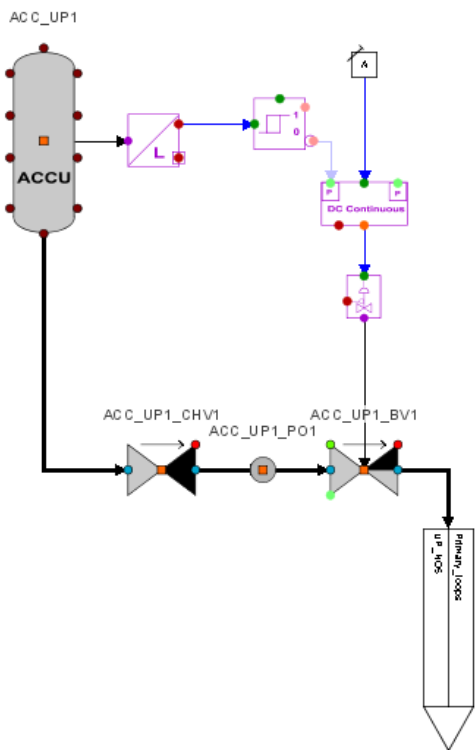
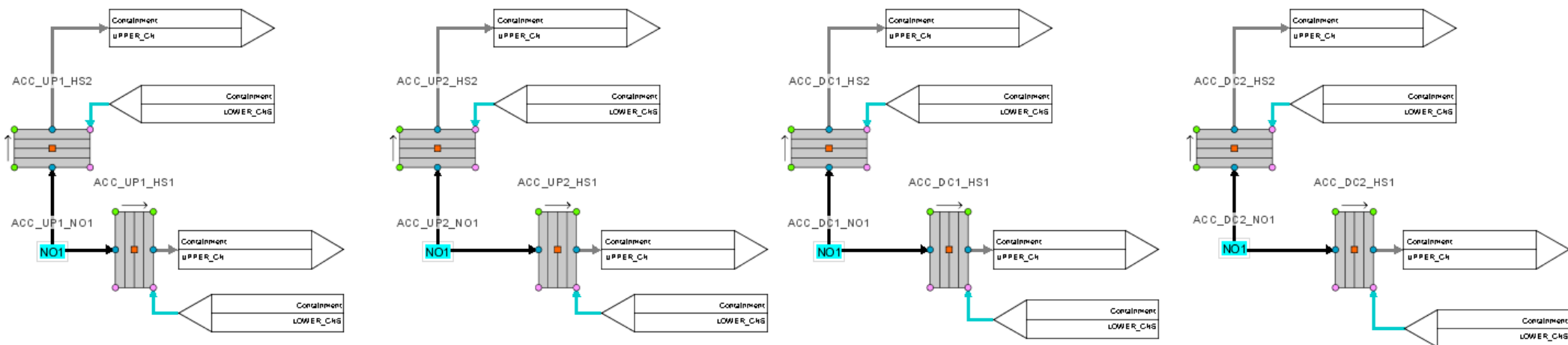


Konténment modell



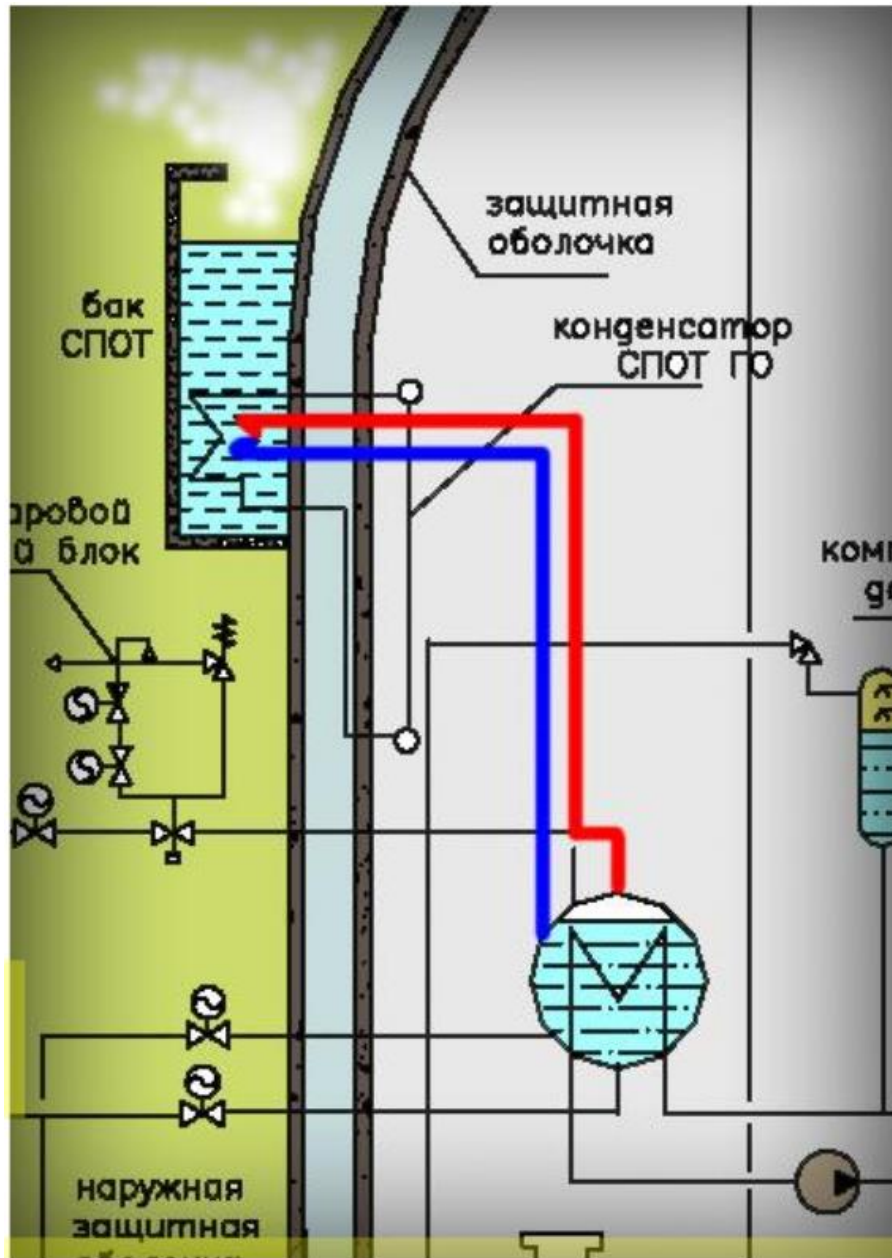
Hidroakkumulátor modell

Connections to Containment

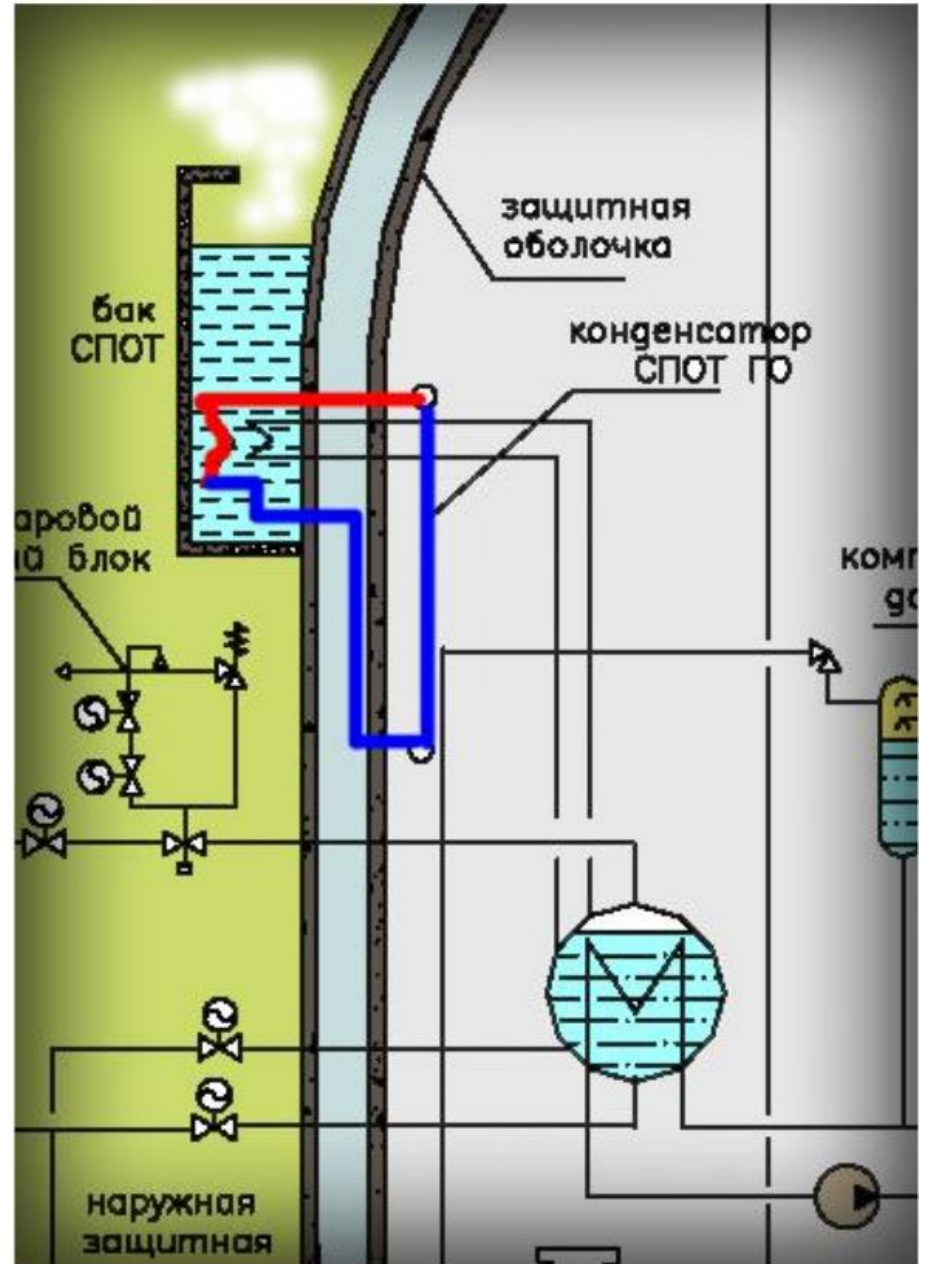


Connections to Reactor Pressure Vessel

VVER-1200 passzív hűtőrendszerek

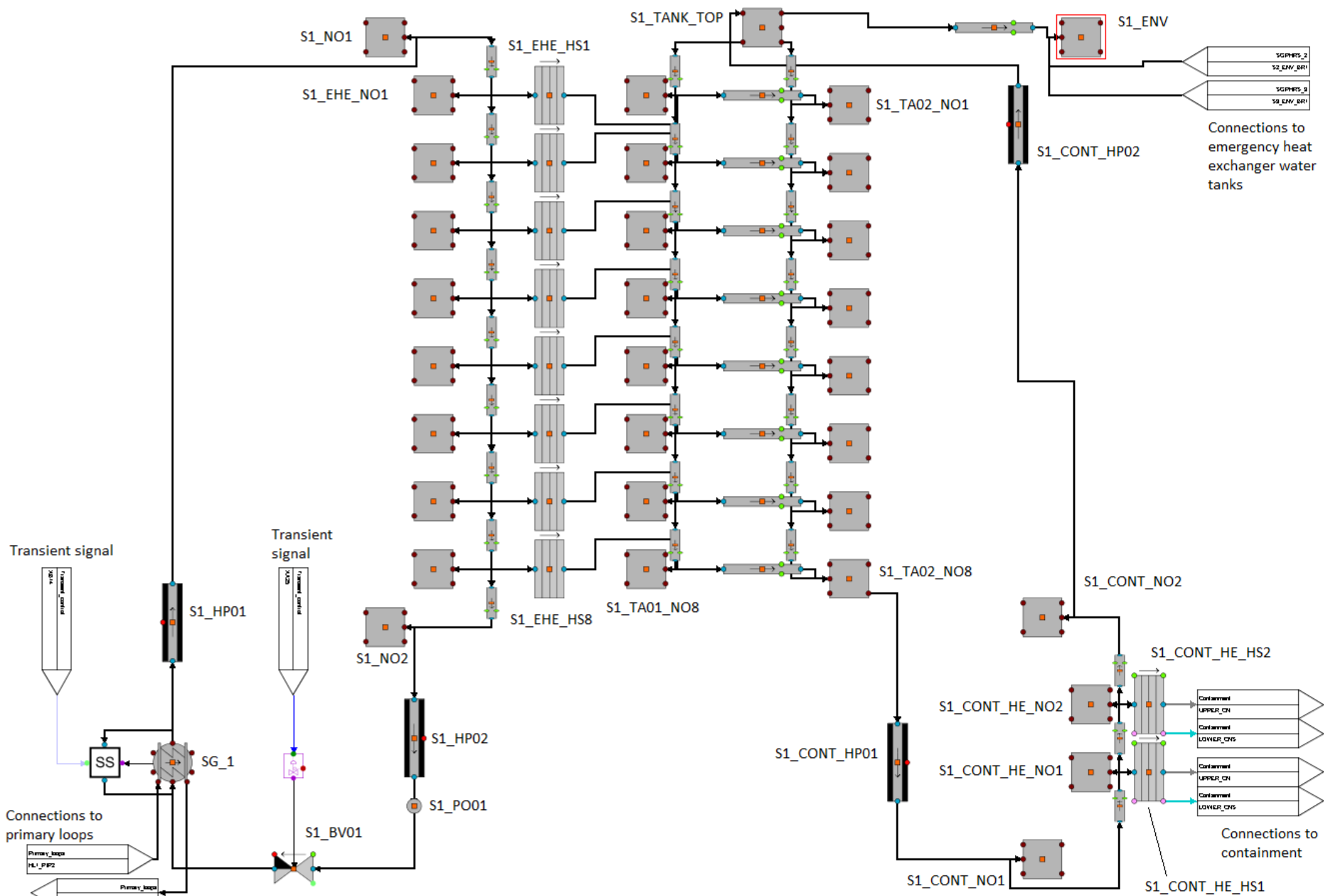


Remanens hő elvitel gőzfejlesztőkből

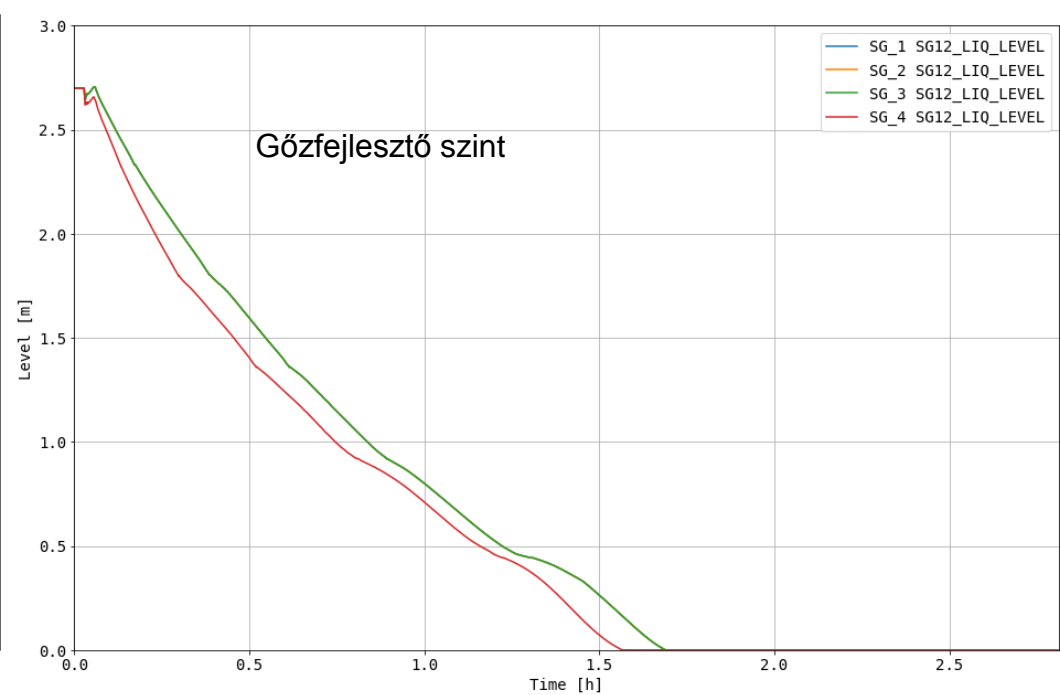
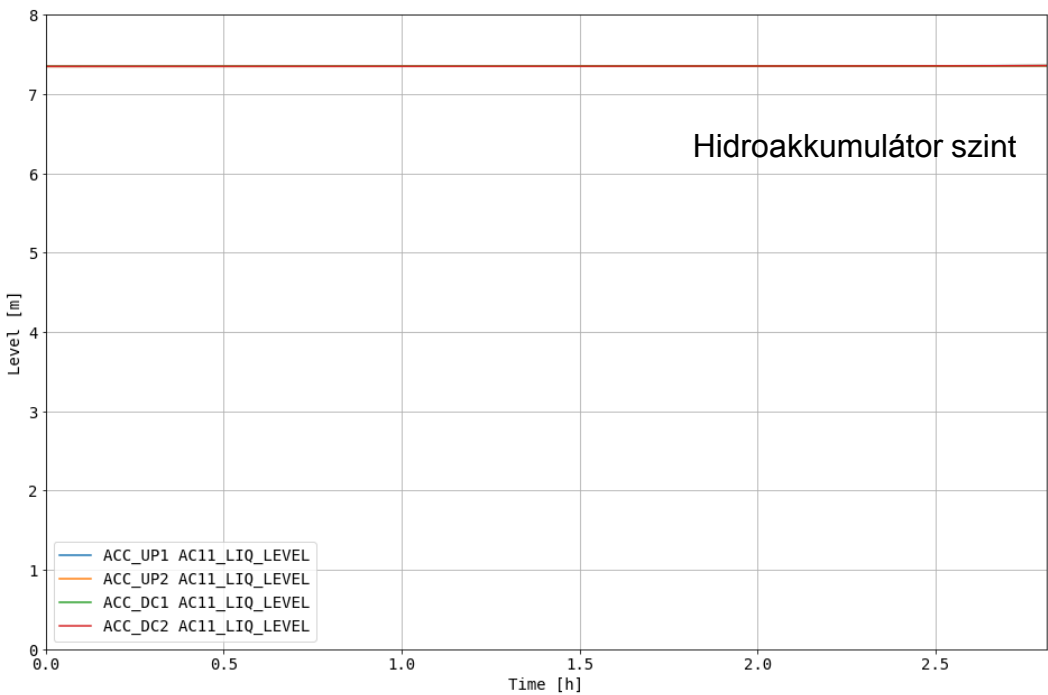
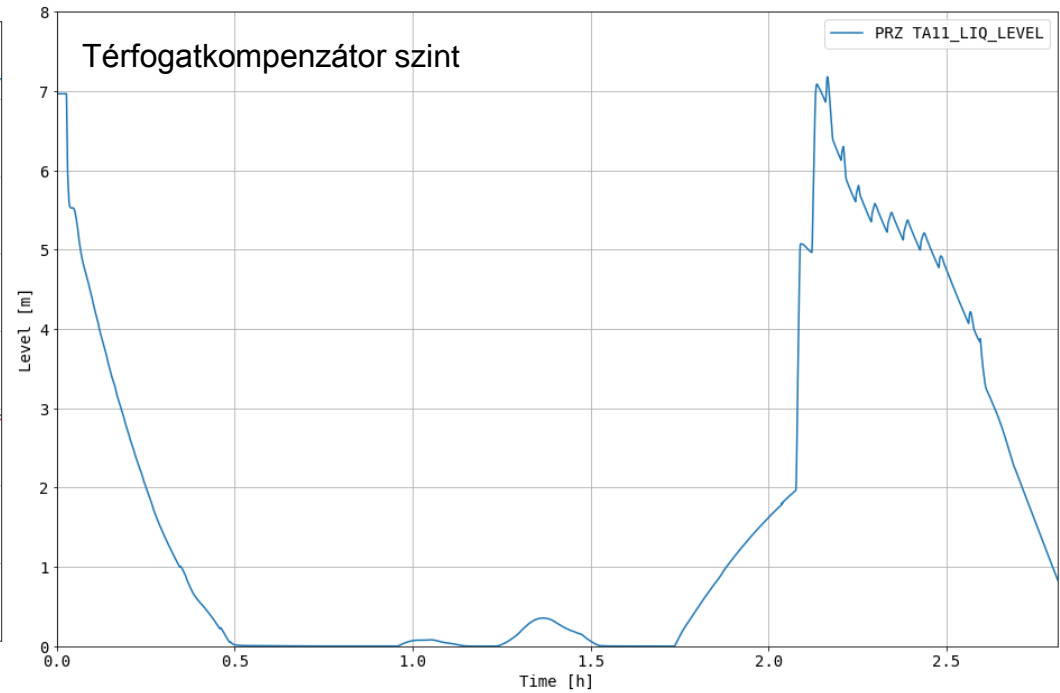
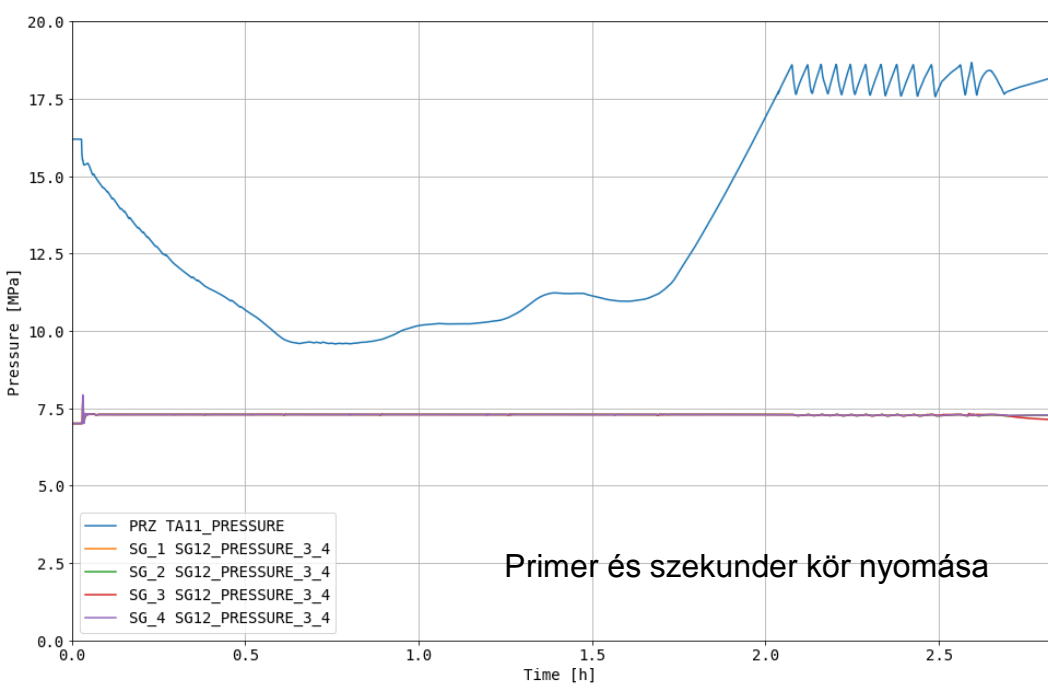


Konténment hűtés

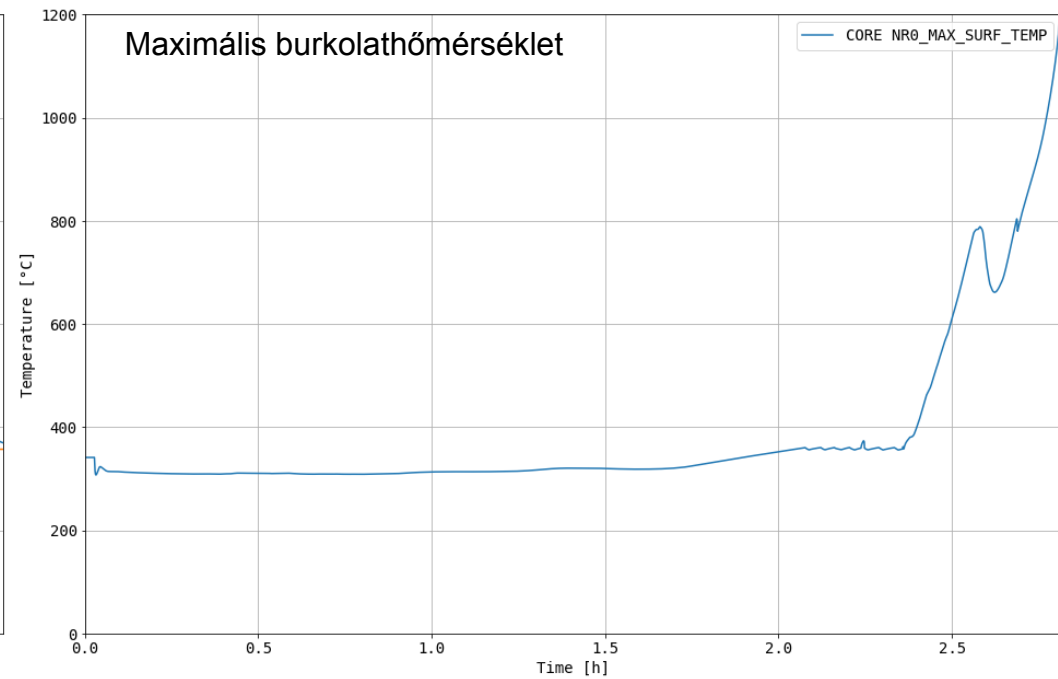
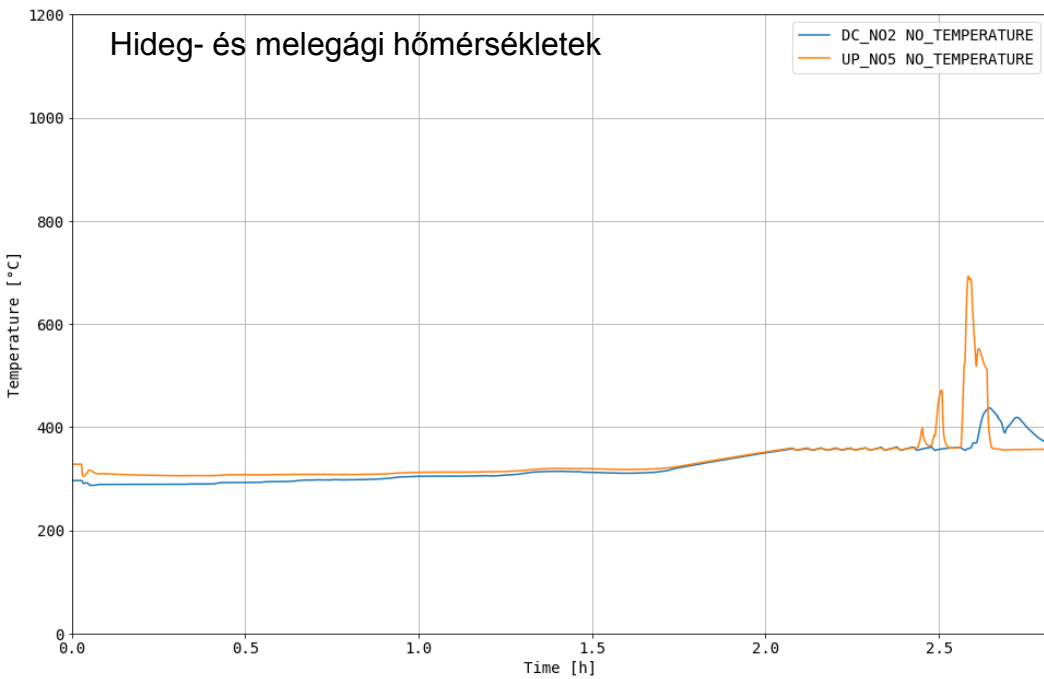
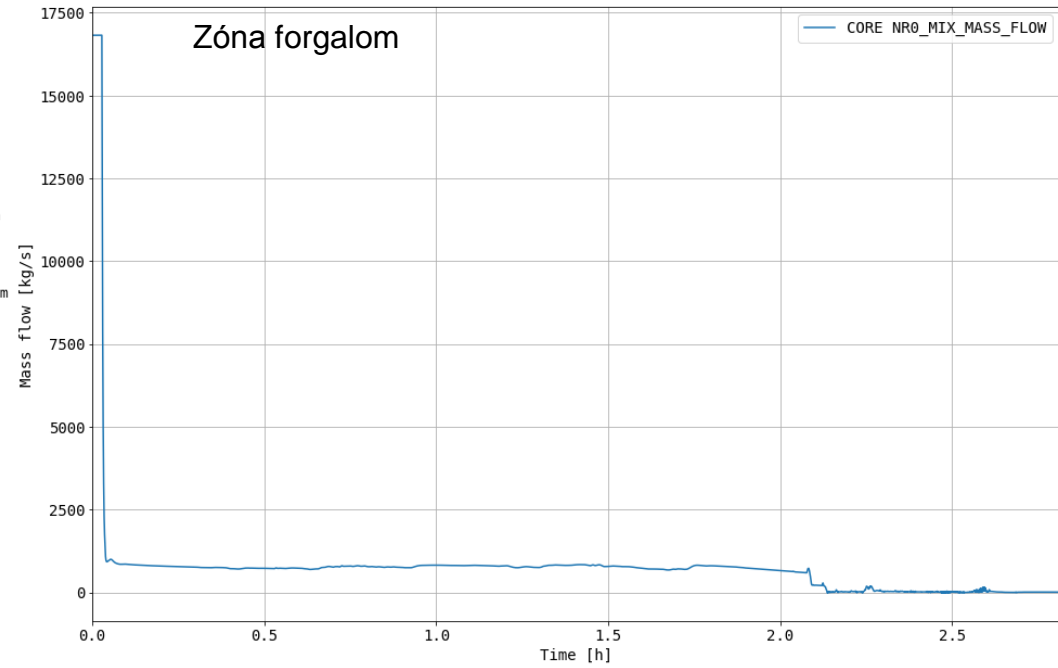
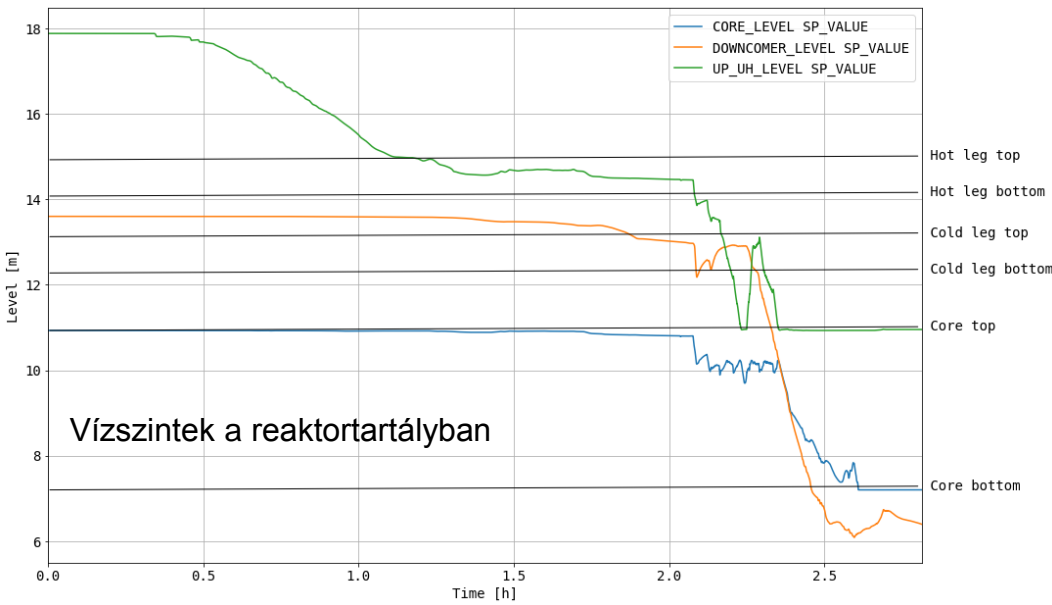
Passzív hűtőkörök modellje



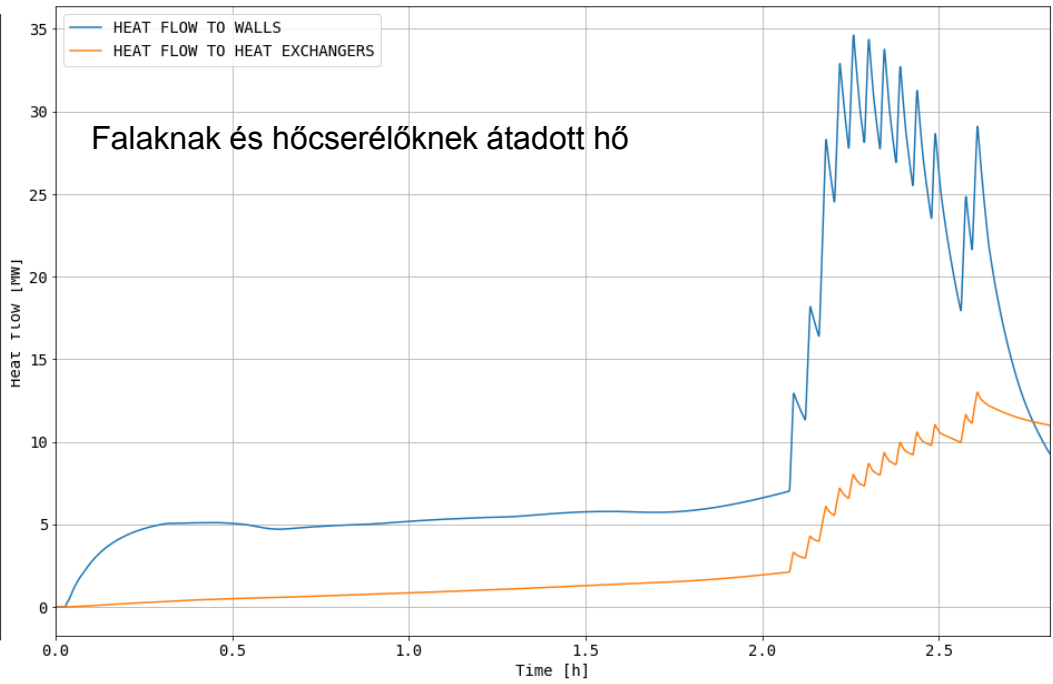
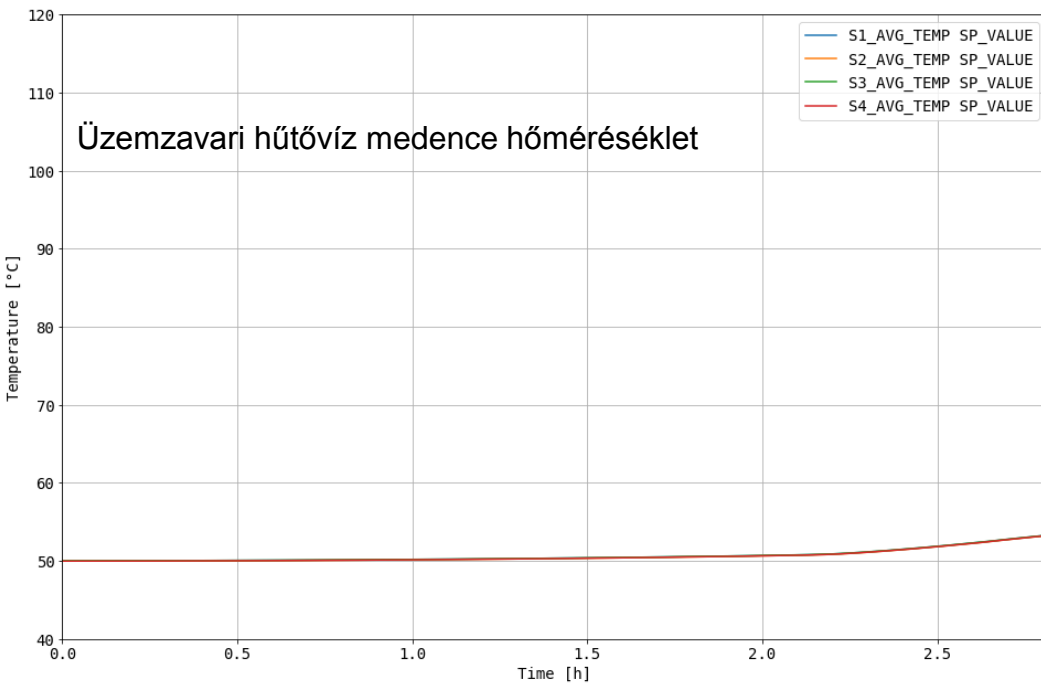
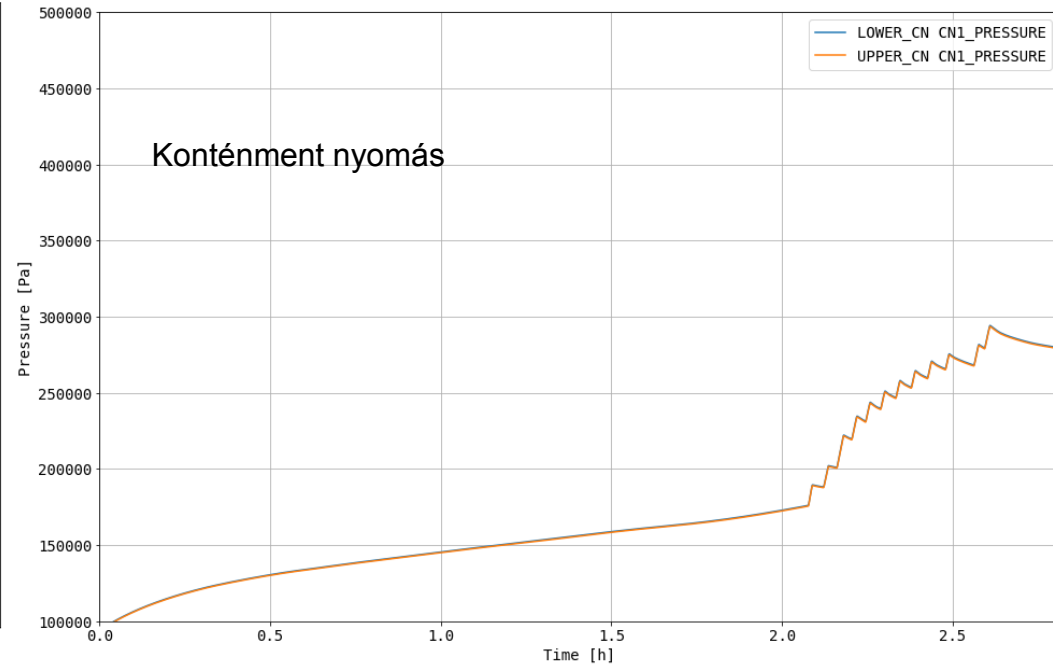
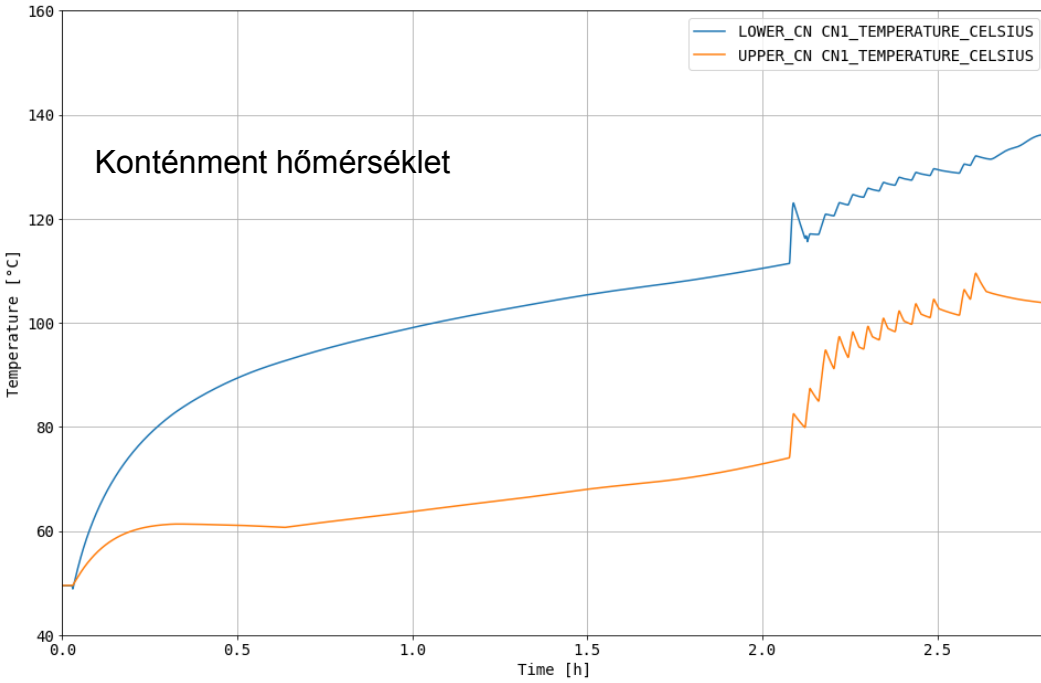
20 mm SBLOCA + SBO, GF passzív hűtőkör nélkül



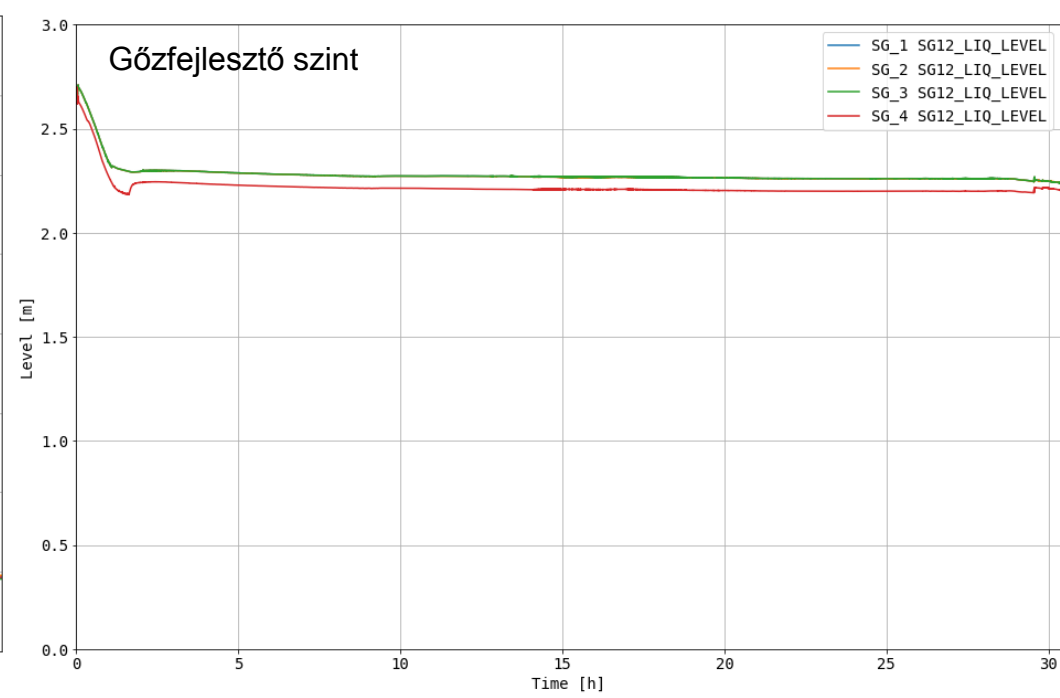
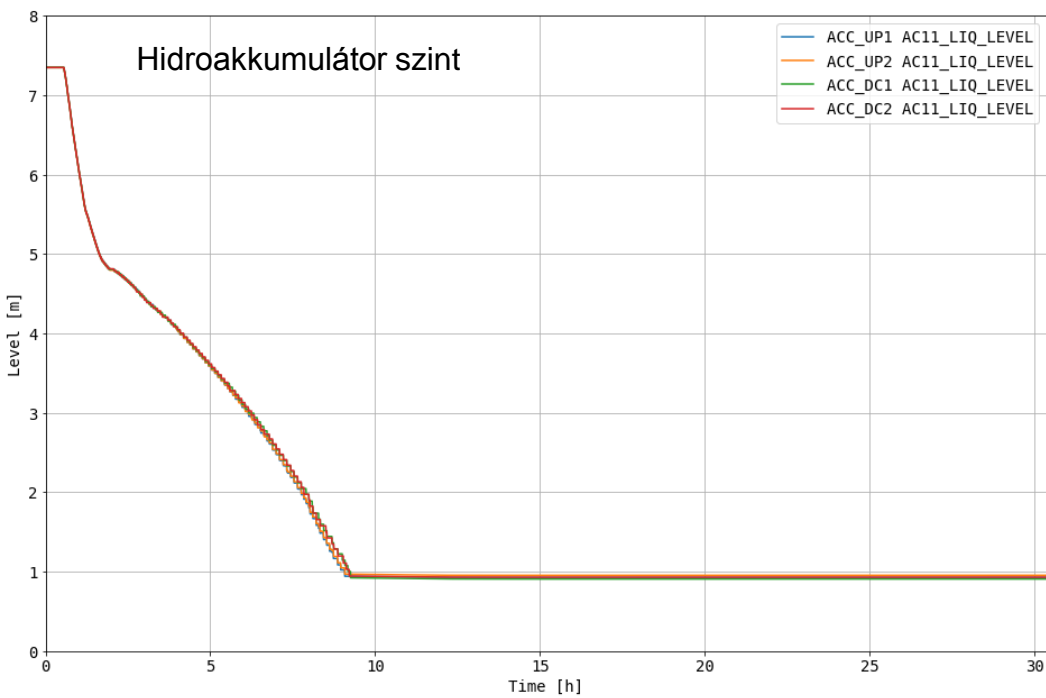
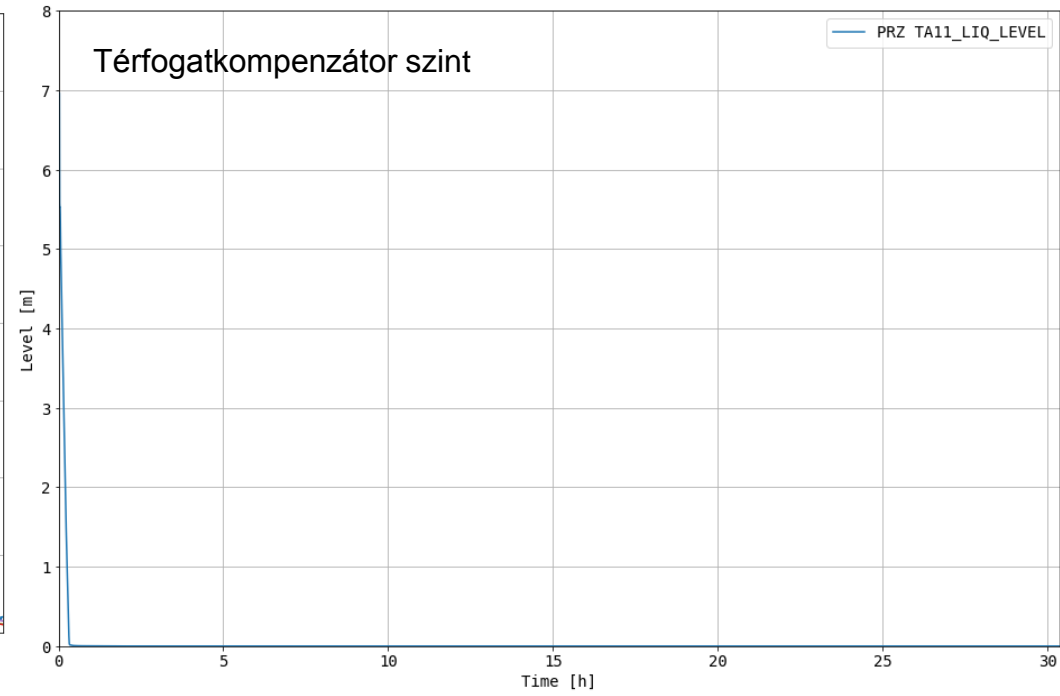
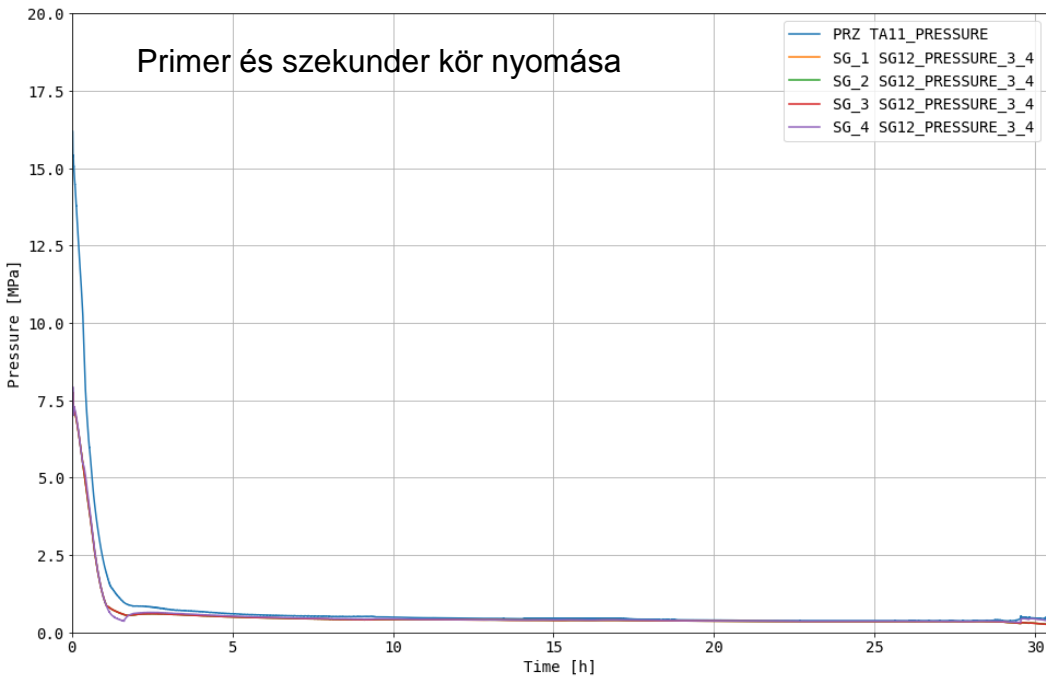
20 mm SBLOCA + SBO, GF passzív hűtőkör nélkül



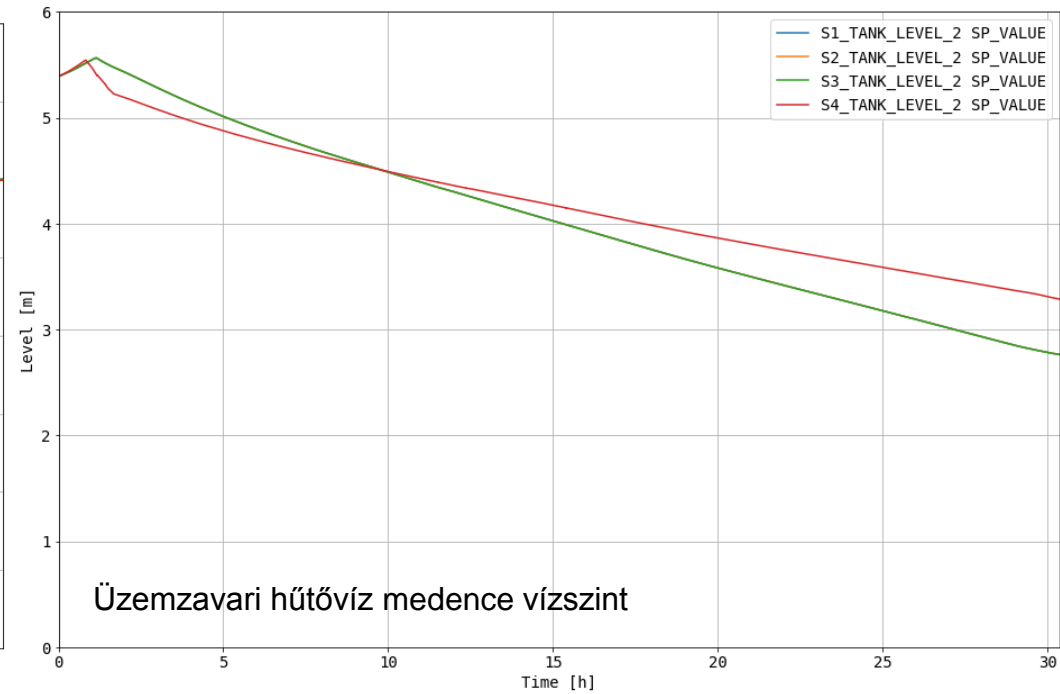
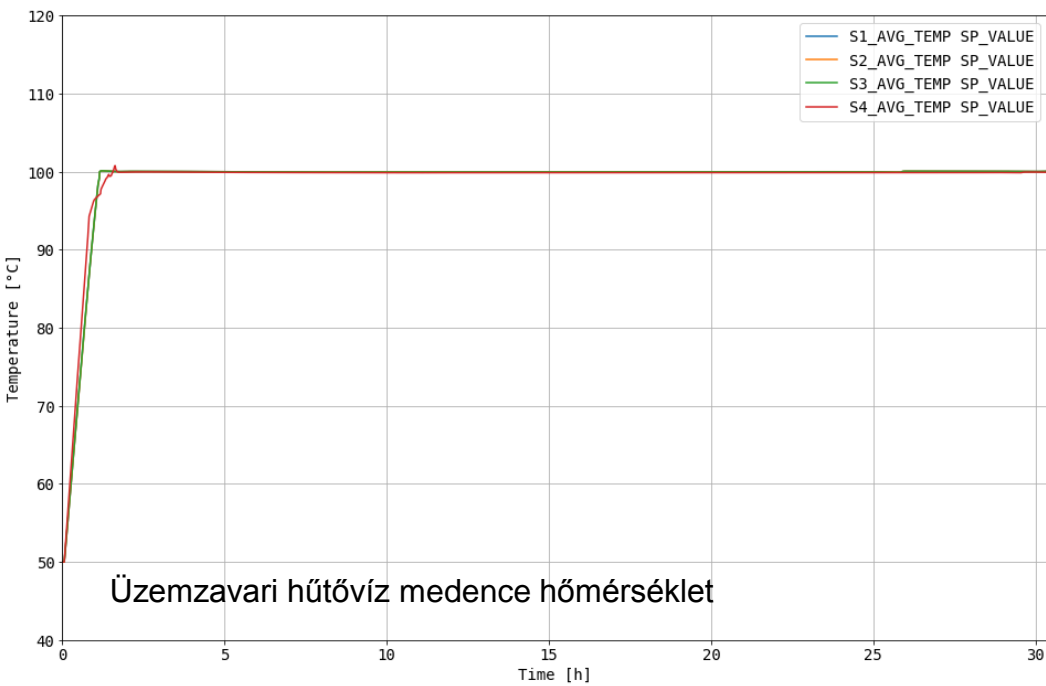
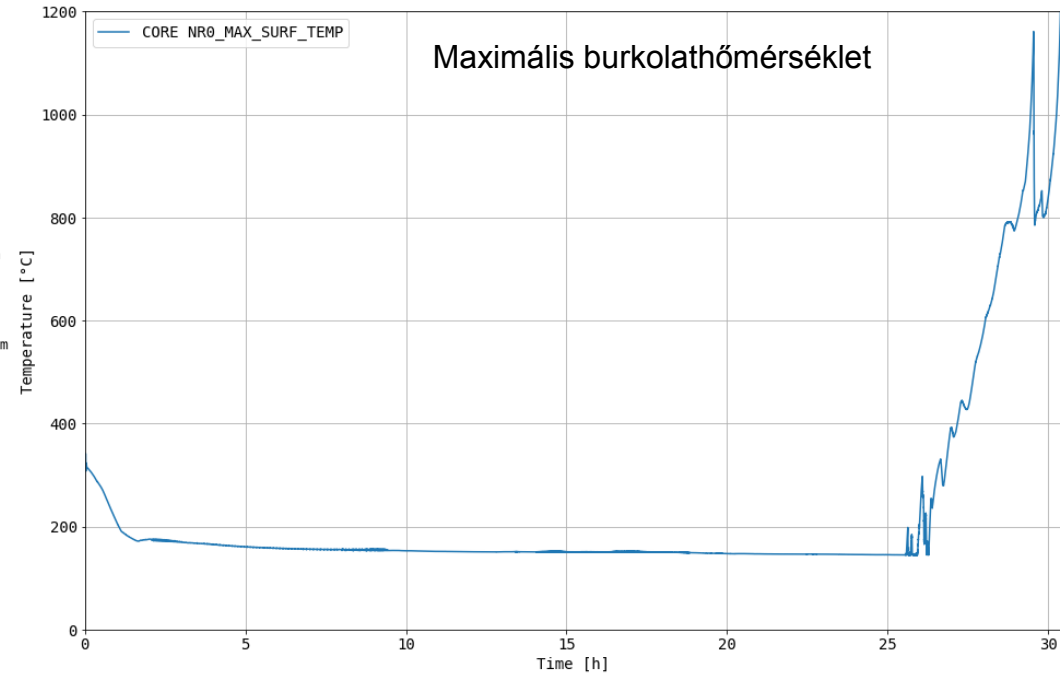
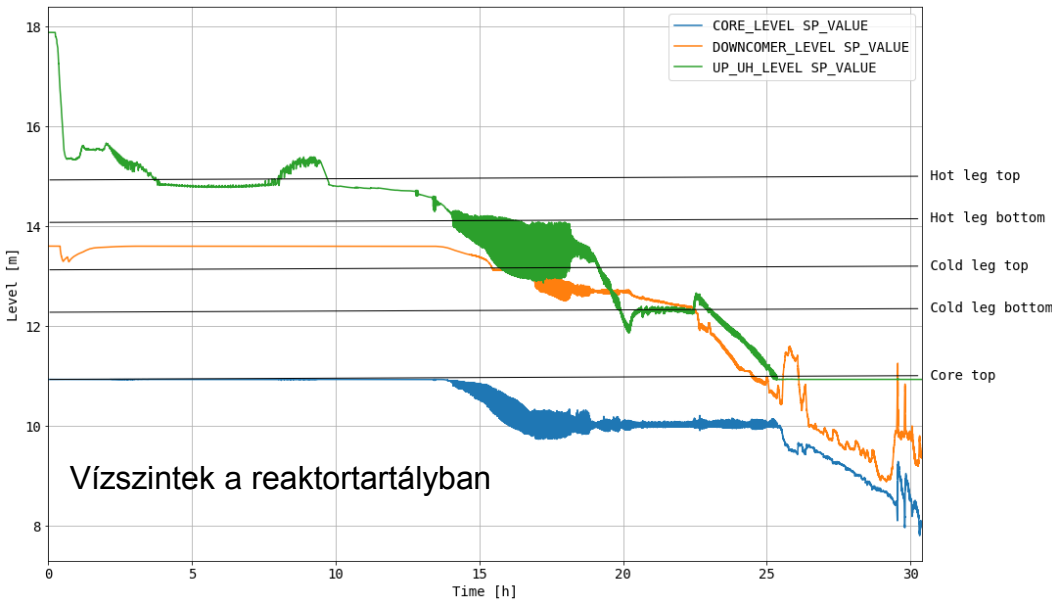
20 mm SBLOCA + SBO, GF passzív hűtőkör nélkül



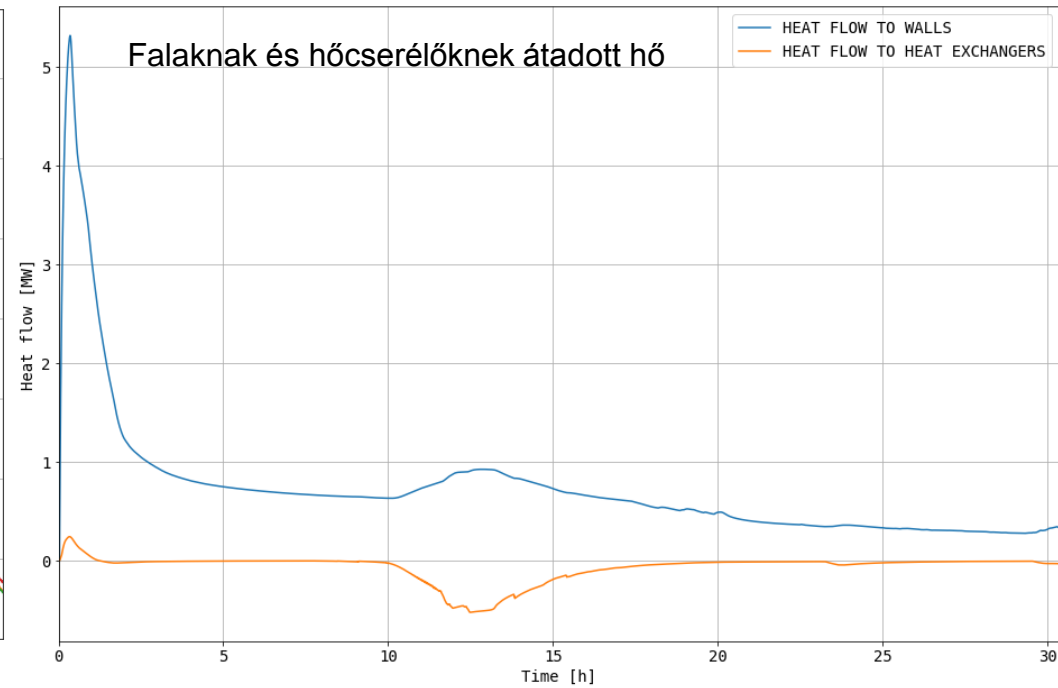
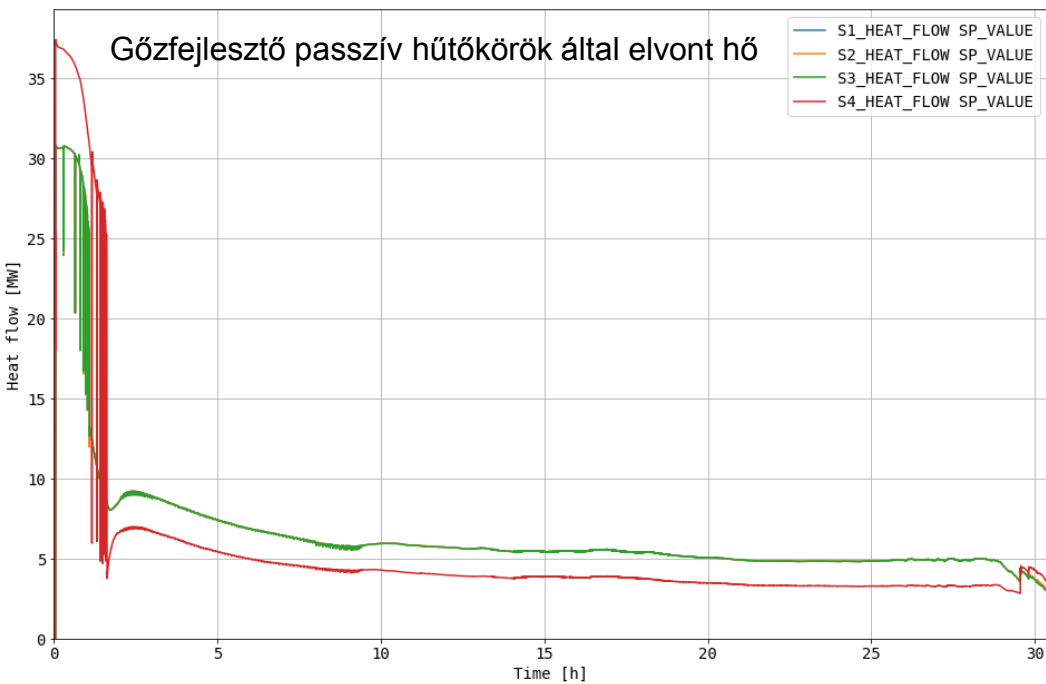
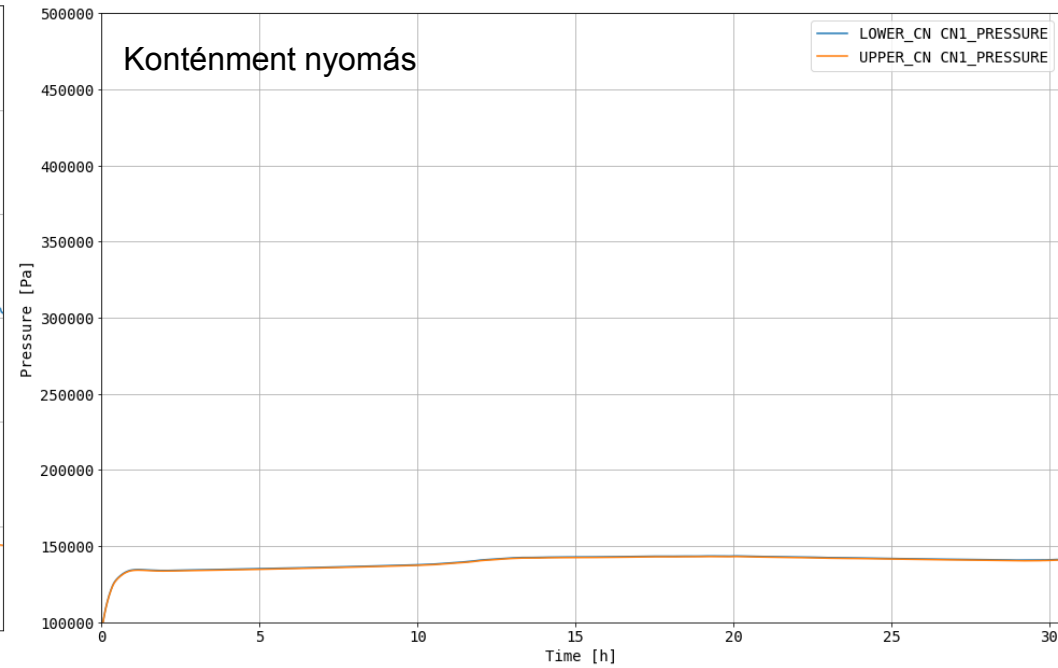
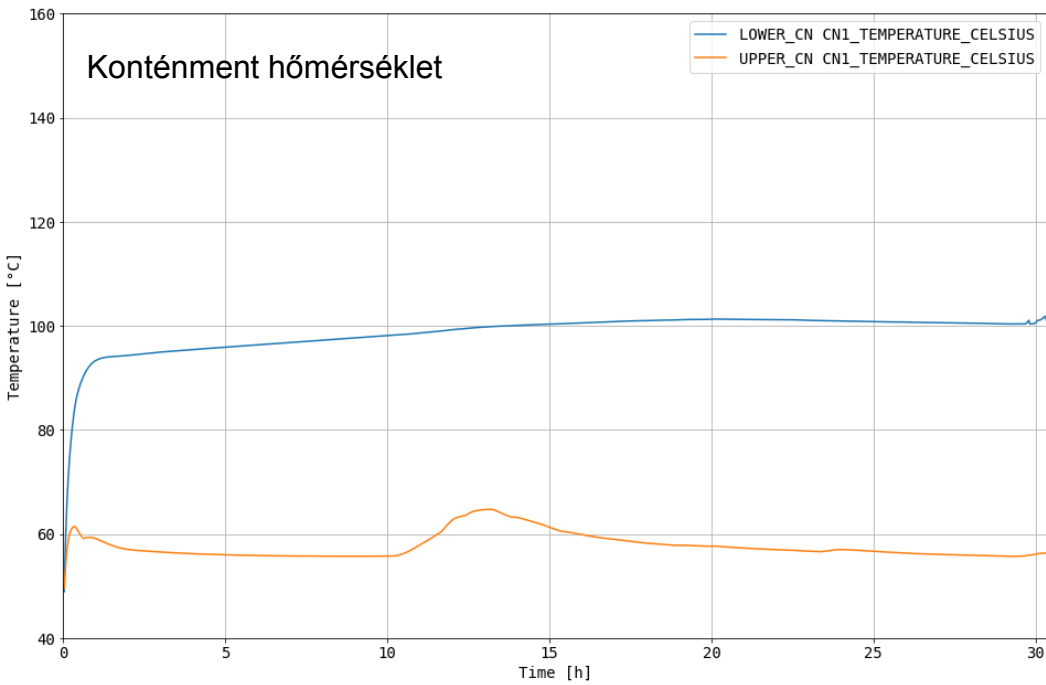
20 mm SBLOCA + SBO, GF passzív hűtőkörrel



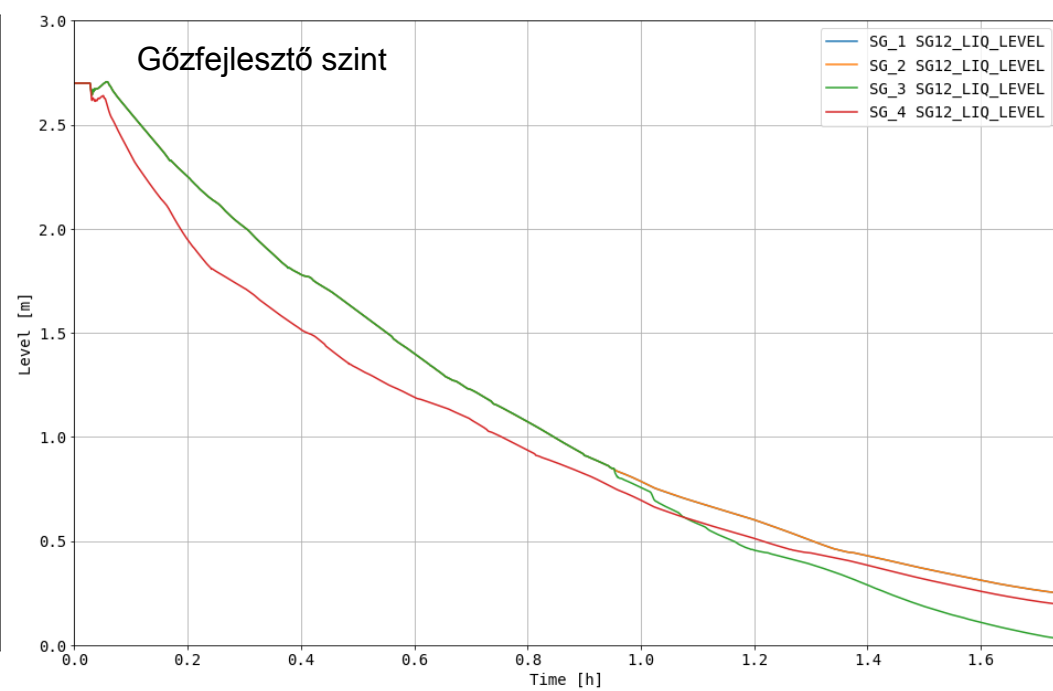
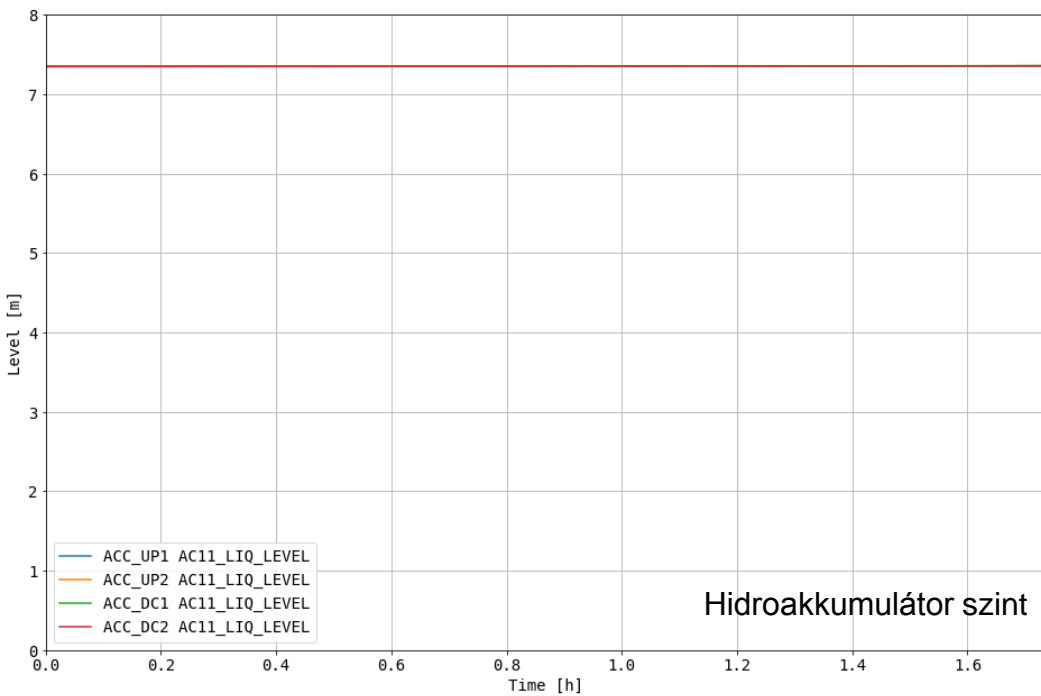
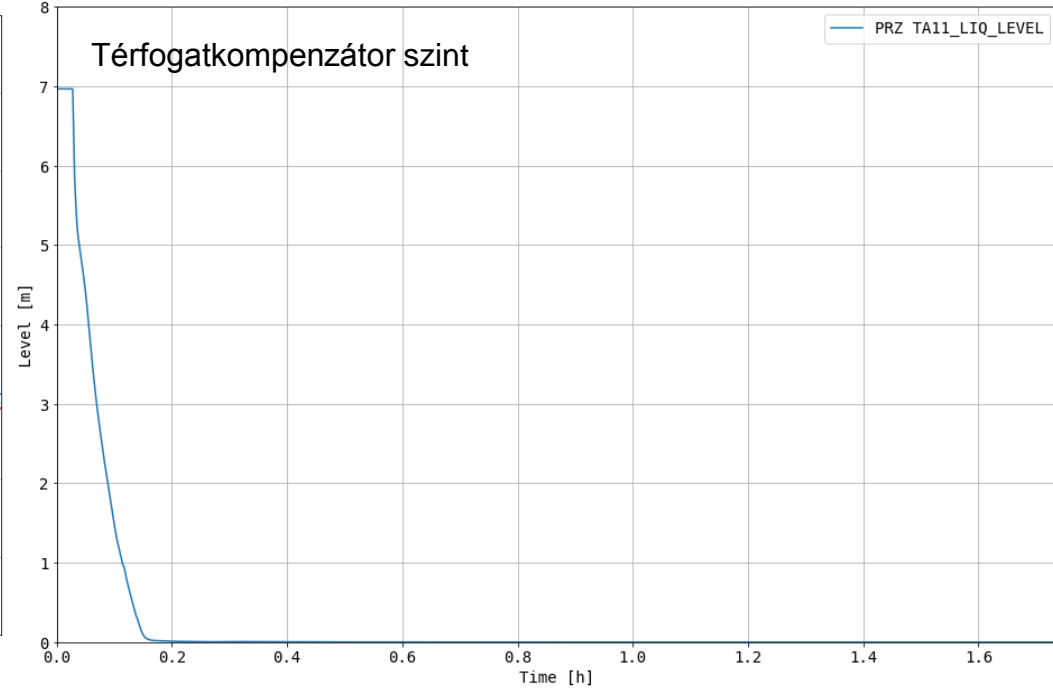
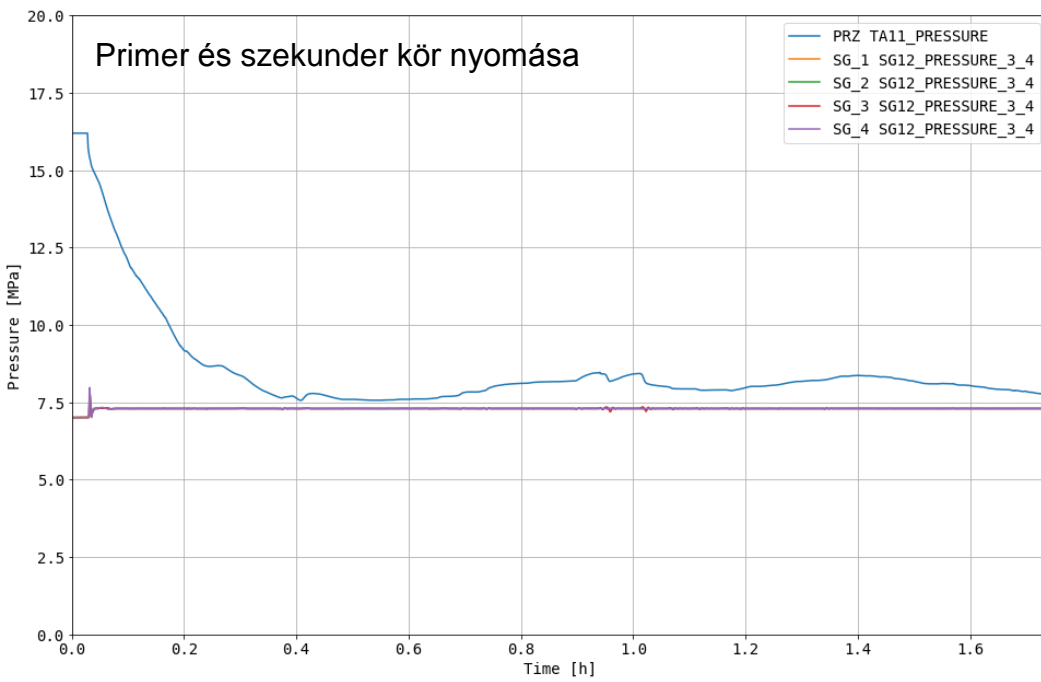
20 mm SBLOCA + SBO, GF passzív hűtőkörrel



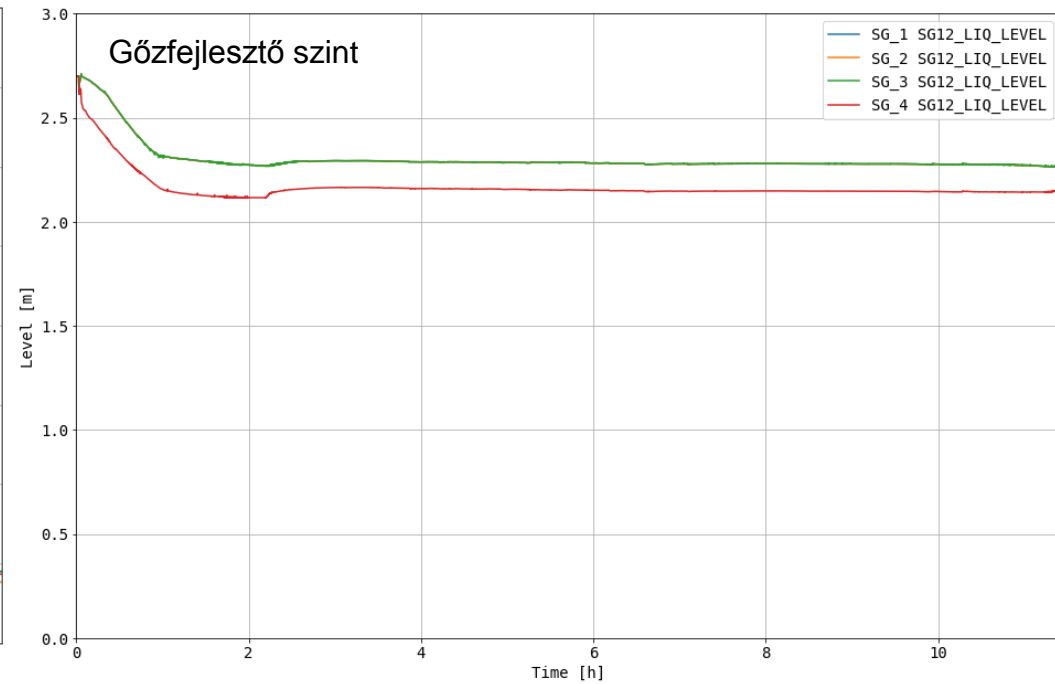
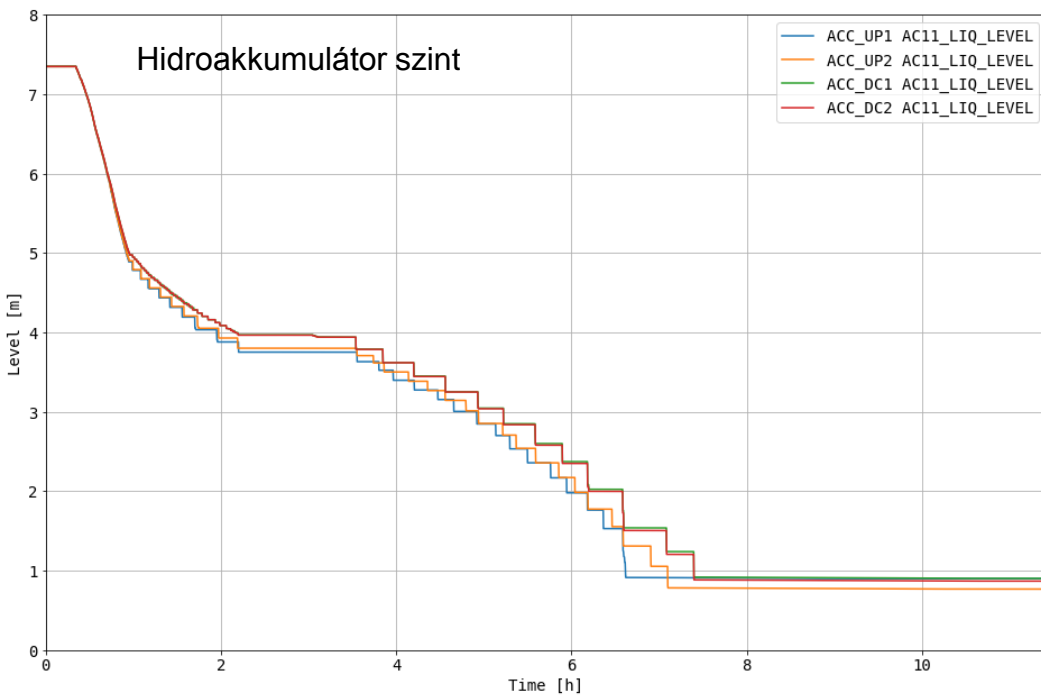
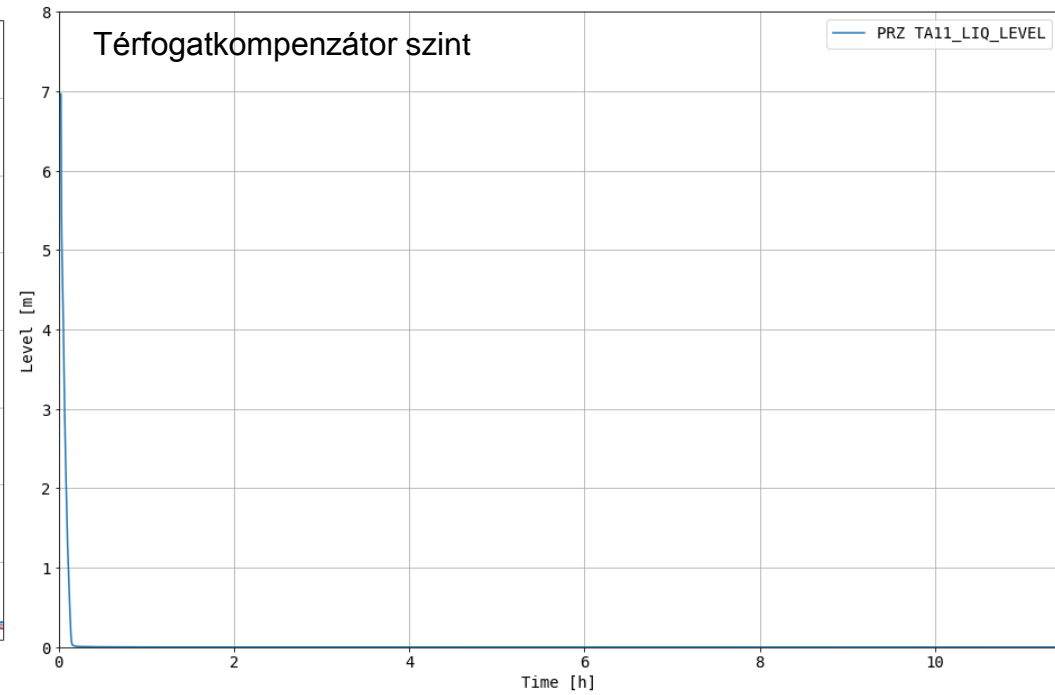
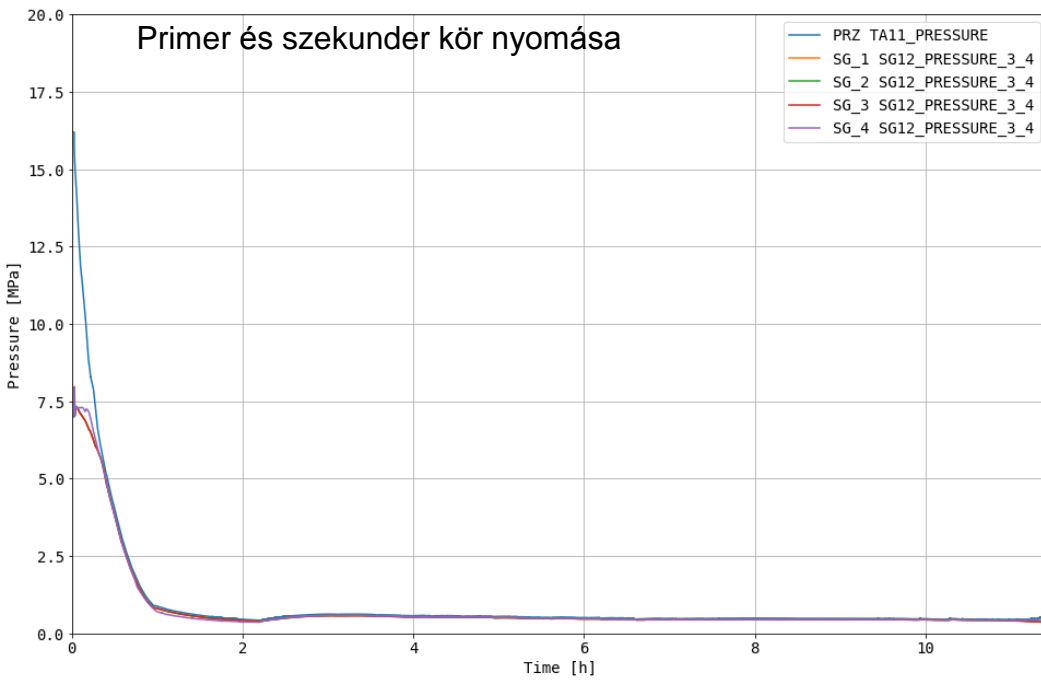
20 mm SBLOCA + SBO, GF passzív hűtőkörrel



40 mm SBLOCA + SBO, GF passzív hűtőkör nélkül



40 mm SBLOCA + SBO, GF passzív hűtőkörrel



Konklúziók

- A gőzfejlesztő passzív hűtőrendszer automatikus beindulása a vizsgált esetekben egyértelműen előnyös: nagy mértékben növelte a zónasérülés megindulásáig rendelkezésre álló időt (2 h 48 m -> 30 h 23 m, illetve 1 h 44 m -> 11 h 25 m).
- A konténment passzív hűtőrendszer által elvont hő a vizsgált esetekben minimális volt (várhatóan csak a súlyos baleseti folyamatok megindulása után van érdemi hatása a konténment paraméterekre).
- A gőzfejlesztő és konténment passzív hűtőrendszerek közös hűtővíz tartályát a gőzfejlesztő hűtőkörök kevesebb, mint 2 óra alatt telítési hőmérsékletre fűtik fel. Mivel ennek a rendszernek az indulása automatikus és teljes feszültségvesztés esetén is nagy megbízhatósággal működik, nem realisztikus feltételezés környezeti hőmérsékletű, névleges víztöltetű hűtővíz medencékkel indítani a súlyos baleset számítását.
- A hidroakkumulátor modellek validációját ellenőrizni kell.