Hidraulikus hálózatok robusztusságának növelése

Előadó: Huzsvár Tamás
MSc. Képzés, II. évfolyam

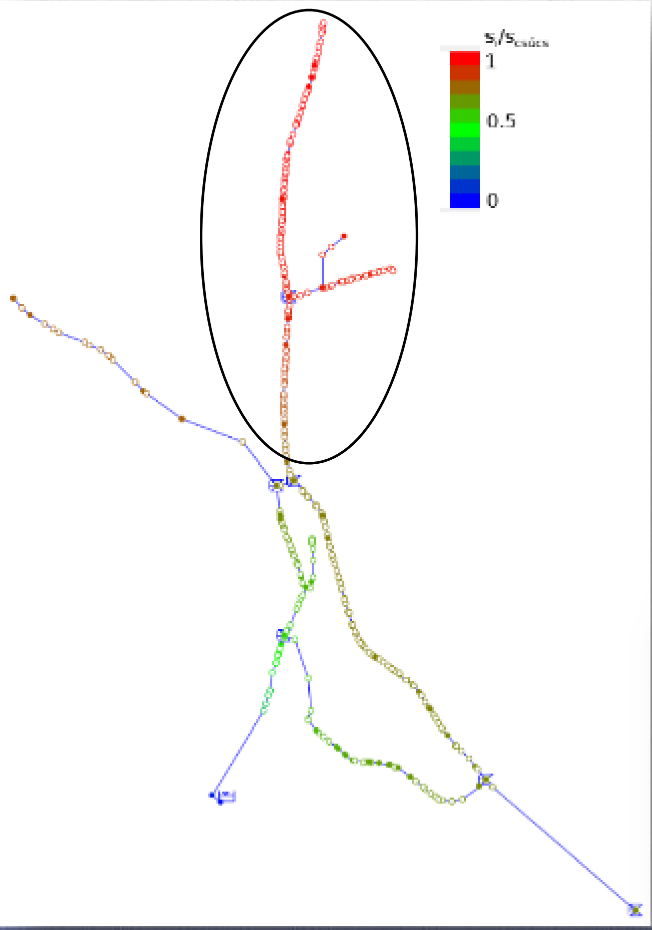
Témavezető:
Wéber Richárd, Dr. Hős Csaba

Az előadás vázlata

- Célkitűzések
- Hidraulikai modellezés
  - A nyomásérzékenység fogalma
  - A robusztusság fogalma
- A vizsgálati módszer kiválasztása
  - Optimumkereső algoritmusok
  - Trendek feltárása
- Eredmények ismertetése
  - Egy kisközség víziközmű hálózatán
  - Egy kisváros víziközmű hálózatán
- Összefoglalás, kitekintés

Célkitűzések

Nyomásérzékenység:
Fogyasztásváltozás hatására bekövetkező nyomásingadozások mértéke



A nagy nyomásérzékenység hátrányai:

Szolgáltató szemszögéből:
Bevétel kiesés – az eladható vízmennyiség csökkenése által

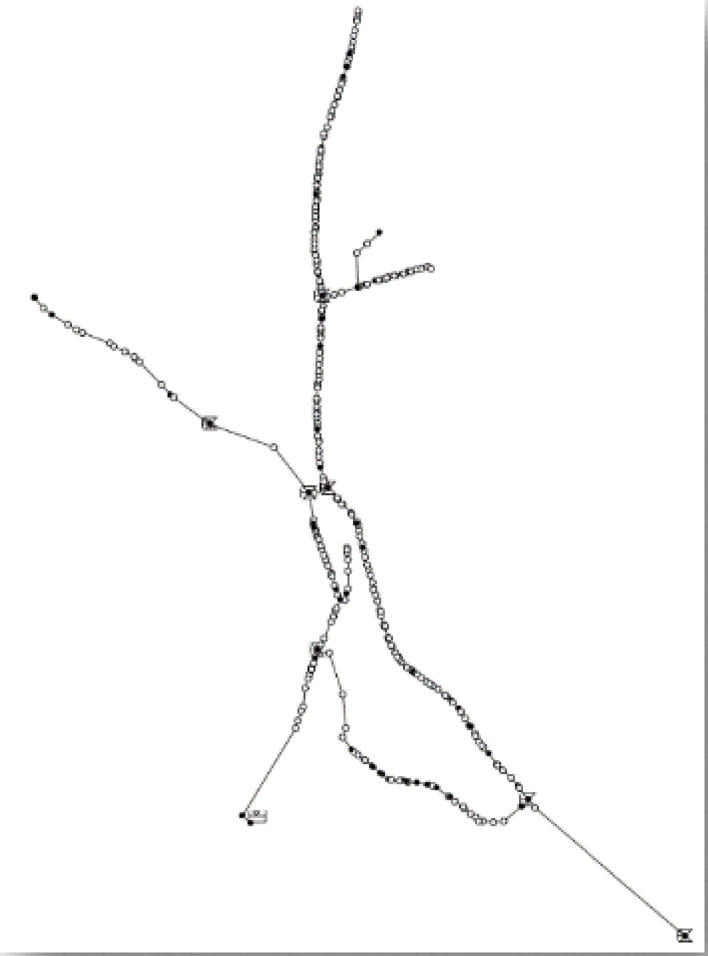
Felhasználó szemszögéből:
Komfortcsökkenés

<u>Cél:</u> A hidraulikus hálózat fogyasztásváltozásokkal szembeni robusztusságának növelése egy új csőszakasz beépítése által

Hidraulikai modellezés

1D hálózati szimuláció

L, d, D, λ → Staci programcsomag → p, Q, S

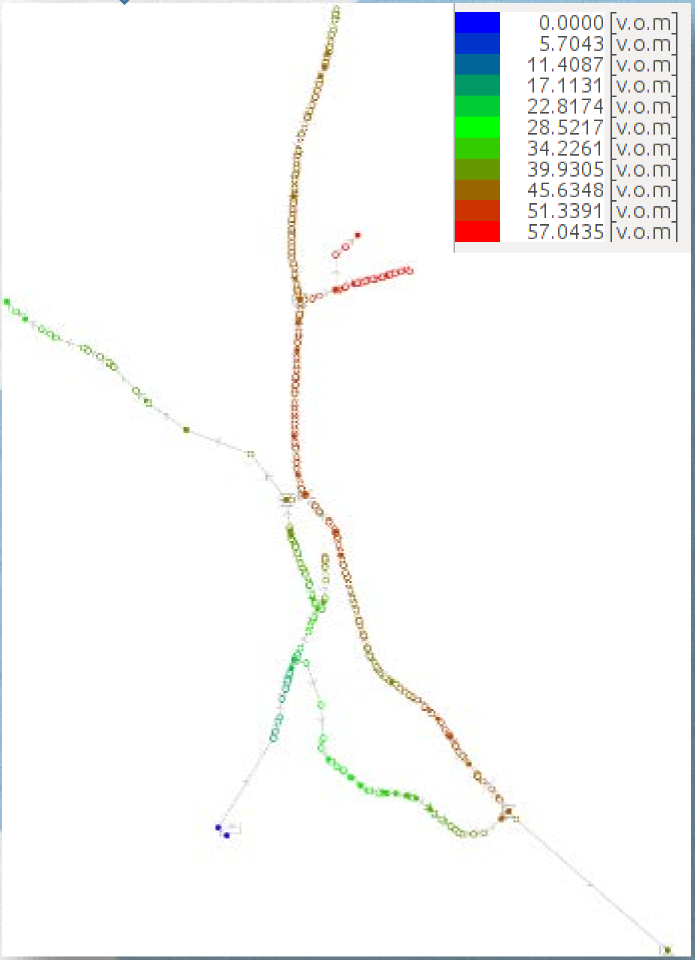


Az egyenletek:

$$\underline{F}(\underline{x}) = \underline{0}$$

Ahol:

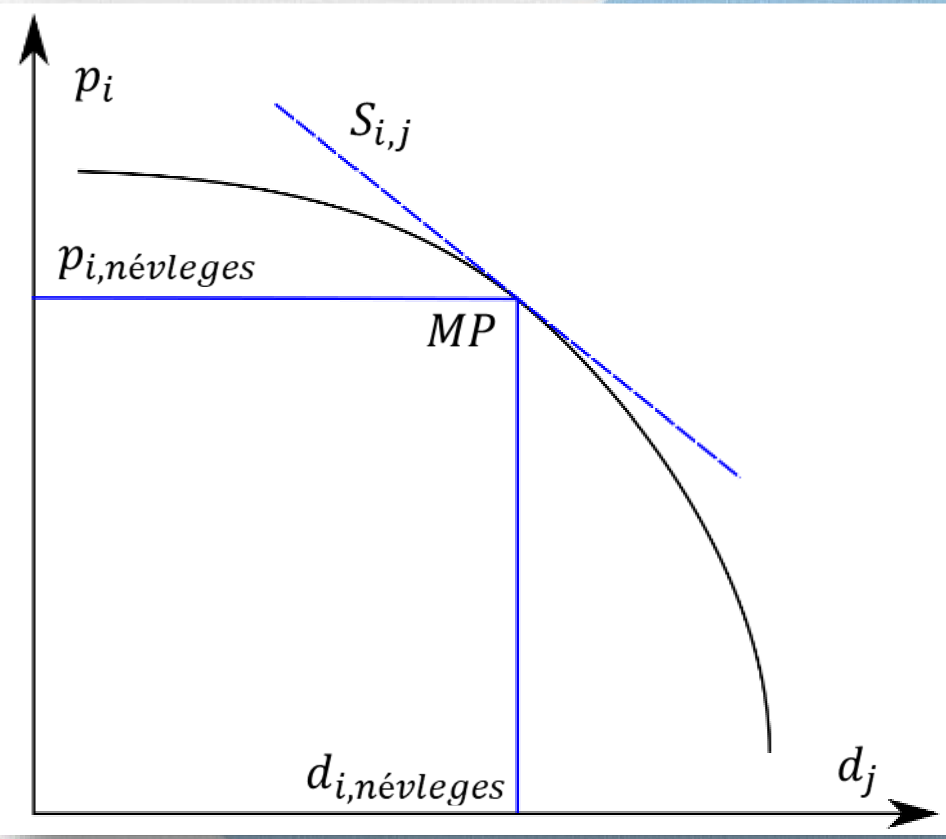
$\underline{x}$- A nyomásokat és térfogatáramokat tartalmazó vektor



A nyomásérzékenység fogalma

Az érzékenységi mátrix

$$S_d^p = \left[\frac{\partial p_i}{\partial d}\right] = \begin{bmatrix} \frac{\partial p_1}{\partial d_1} & \cdots & \frac{\partial p_1}{\partial d_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial p_n}{\partial d_1} & \cdots & \frac{\partial p_i}{\partial d_n} \end{bmatrix}$$



A hidraulikus hálózat leíró egyenletrendszere:

$$\underline{F}\left(\underline{p}(d), d\right) = \underline{0}$$

Ahol:

d - fogyasztási paraméter

$\underline{p}$ - nyomások vektora

A robusztusság fogalma

Lokális érzékenység

$$S^i_{lokális} = \sum_{j=1}^{k} S_{i,j}$$

Csúcsérzékenység

$$S_{csúcs} = \max(S^i_{lokális})$$

Átlagos érzékenység

$$\bar{S} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} S^i_{lokális}$$

Két állapot közötti érzékenységkülönbségre átírva

$$\Delta S_{lokális} = \frac{\left|S^i_{lokális} - S^j_{lokális}\right|}{max(\Delta S_{lokális})} [-]$$

$$\Delta S_{csúcs} = \left(1 - \frac{S^{új}_{csúcs}}{S^{régi}_{csúcs}}\right) \cdot 100[\%]$$

$$\Delta \bar{S} = \left(1 - \frac{\bar{S}^{új}}{\bar{S}^{régi}}\right) \cdot 100[\%]$$

Miért nem működik a direkt optimalizáció?

Célfüggvény

$$f(ID_1, ID_2) = \max(\Delta\bar{S})$$

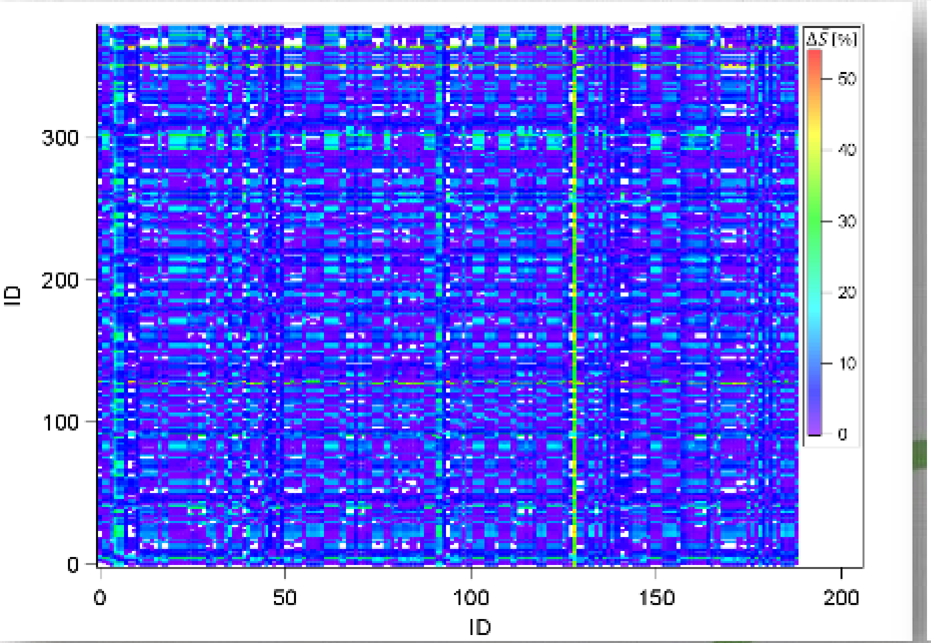
Kísérletek globális kereső algoritmusokkal

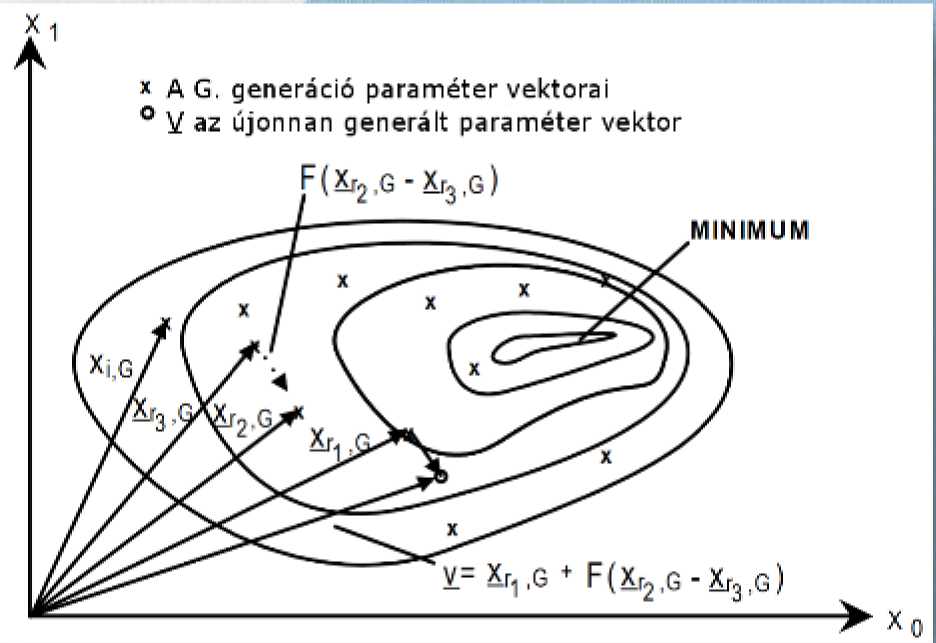
Differenciális evolúció

Genetikus algoritmus

Tapasztalat: A globális keresők rendkívül érzékenyek a célfüggvény rendezettségére

Esetünkben a célfüggvény alakja





Trendek feltérképezése

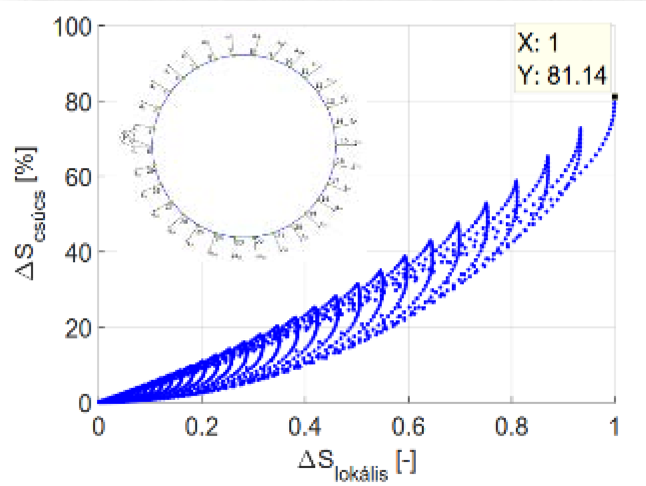
Kiindulási koncepció → Egy szabályos célfüggvény lehetővé tenné a hatékony optimalizációt

↓

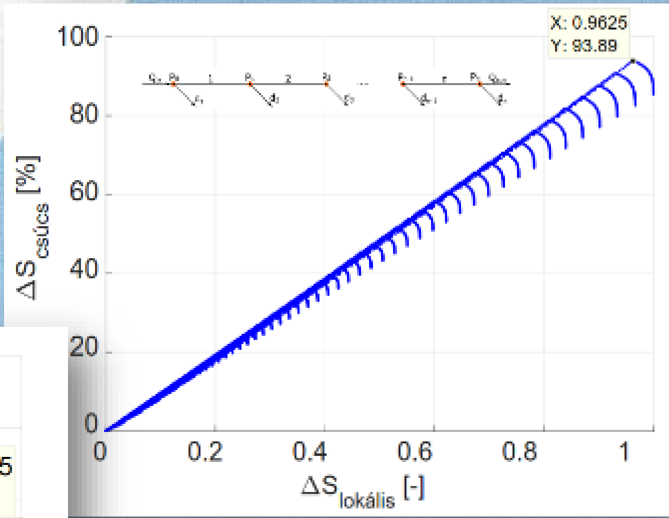
Sejtés: Az elérhető érzékenységcsökkenés kapcsolatban áll az újonnan bekötött csőszakasz kezdő és végcsomópontjának érzékenységével

↓

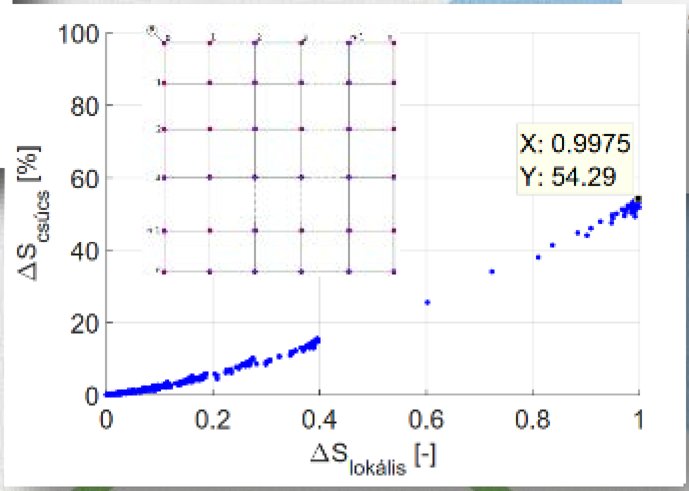
A feltételezés vizsgálata mintahálózatokon (kör, lineáris, rács)



Minden csőszakasz egyforma hosszú, átmérőjű és érdességű, beleértve az újonnan behelyezettet is



Az x tengely kiszámítása „olcsó", az y tengelyt meghatározni viszont „drága"

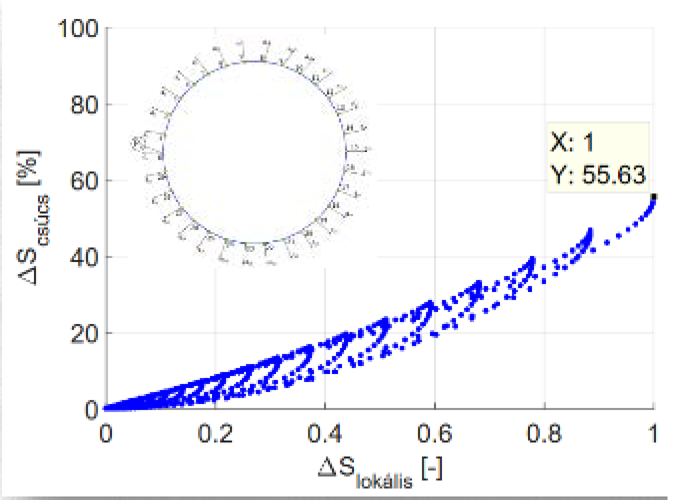


Teljes kiértékelés:
Az összes lehetséges csőkötés által okozott érzékenységcsökkenés kiszámítása

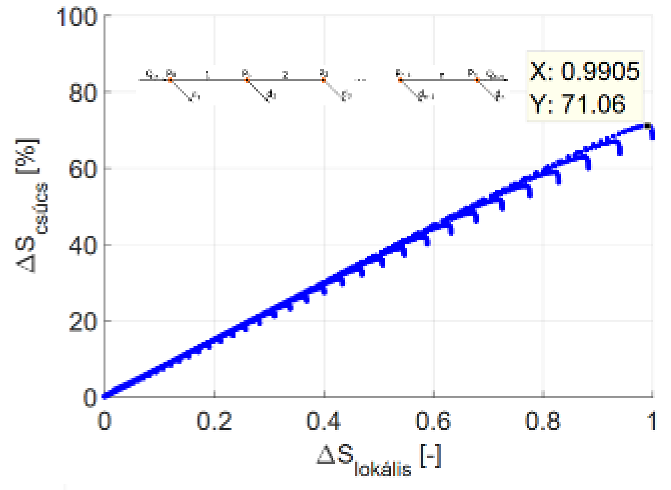
Trendek feltérképezése

Hipotézis: A lehető legnagyobb átlag és csúcsérzékenység csökkenés, a legnagyobb érzékenységkülönbséggel rendelkező csomópontpár összekötése esetén adódik.

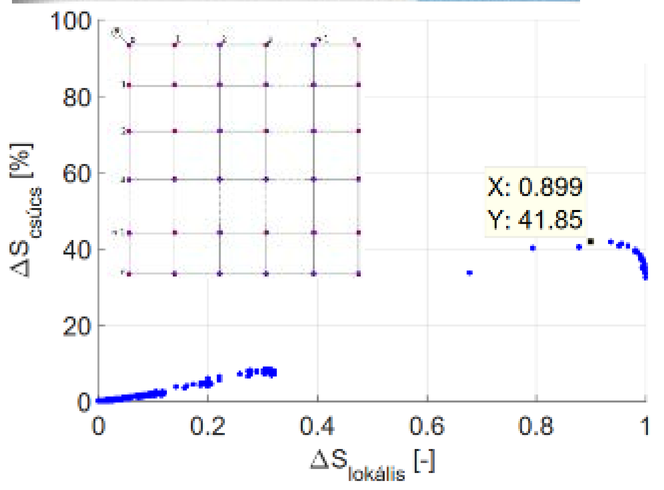
A hipotézis „valósabb” hálózatokon történő ellenőrzése



A csőhossz a csomópontok koordinátái alapján kerül kiszámításra

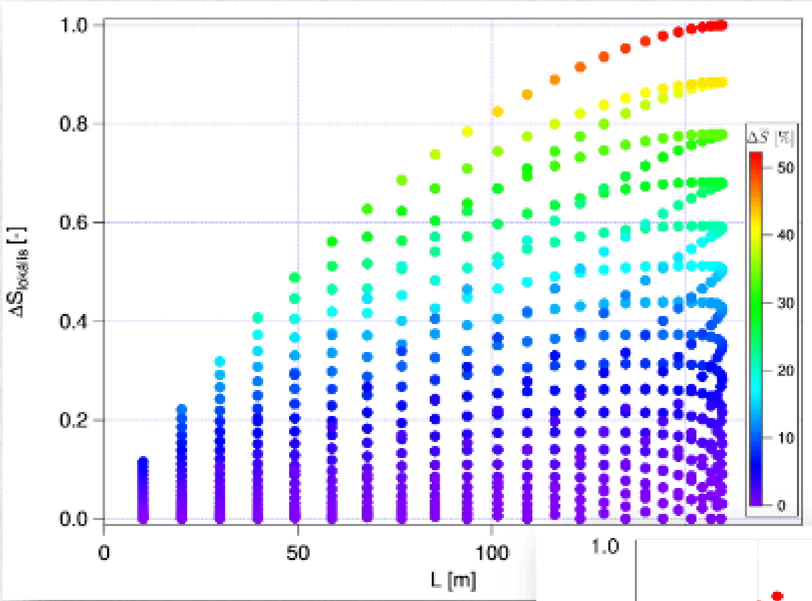


A hipotézis sérül → kiegészítésre szorul, viszont a trend továbbra is megfigyelhető

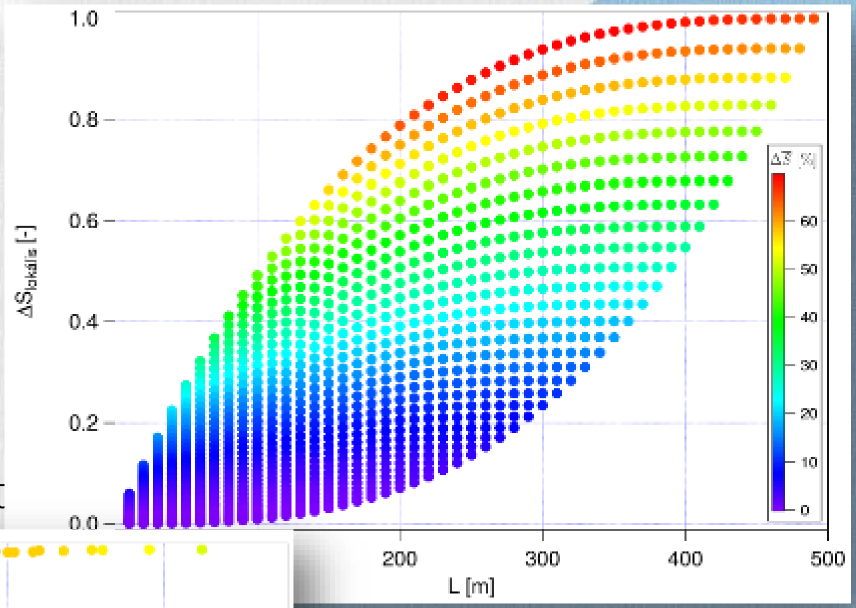


Átkötés hossz korlátozásának hatása

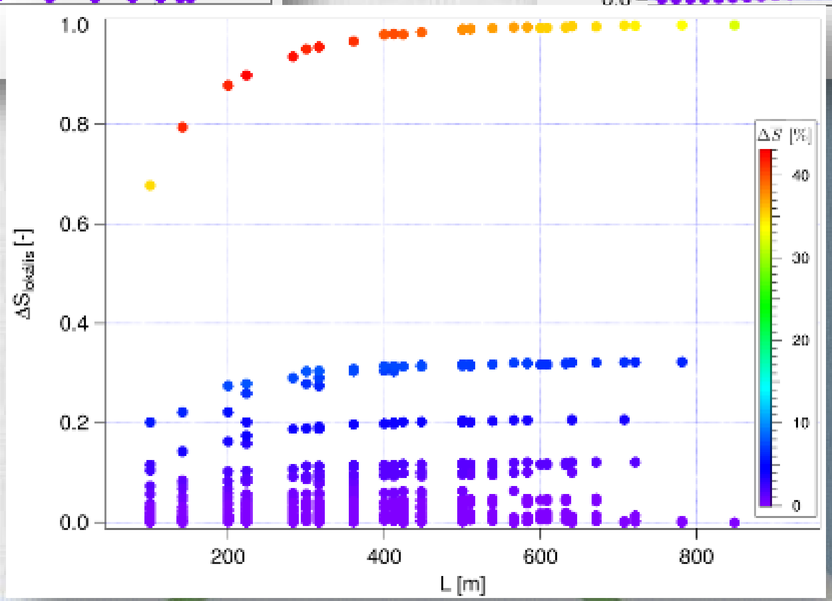
Kör hálózat



Lineáris hálózat



Rács hálózat



A hipotézis felülvizsgálata:
→ Megkötött hossz esetén a hipotézis igaz
→ A túl hosszú csőkötés sem előnyös

Lehetőség egy új módszer megalkotására

Az alkalmazott módszer

Egy kisváros víziközműhálózata

Csomópontok száma: 400 Lakosság: 1000 fő

Egy hálózati érzékenységvizsgálat kiszámítása

↓

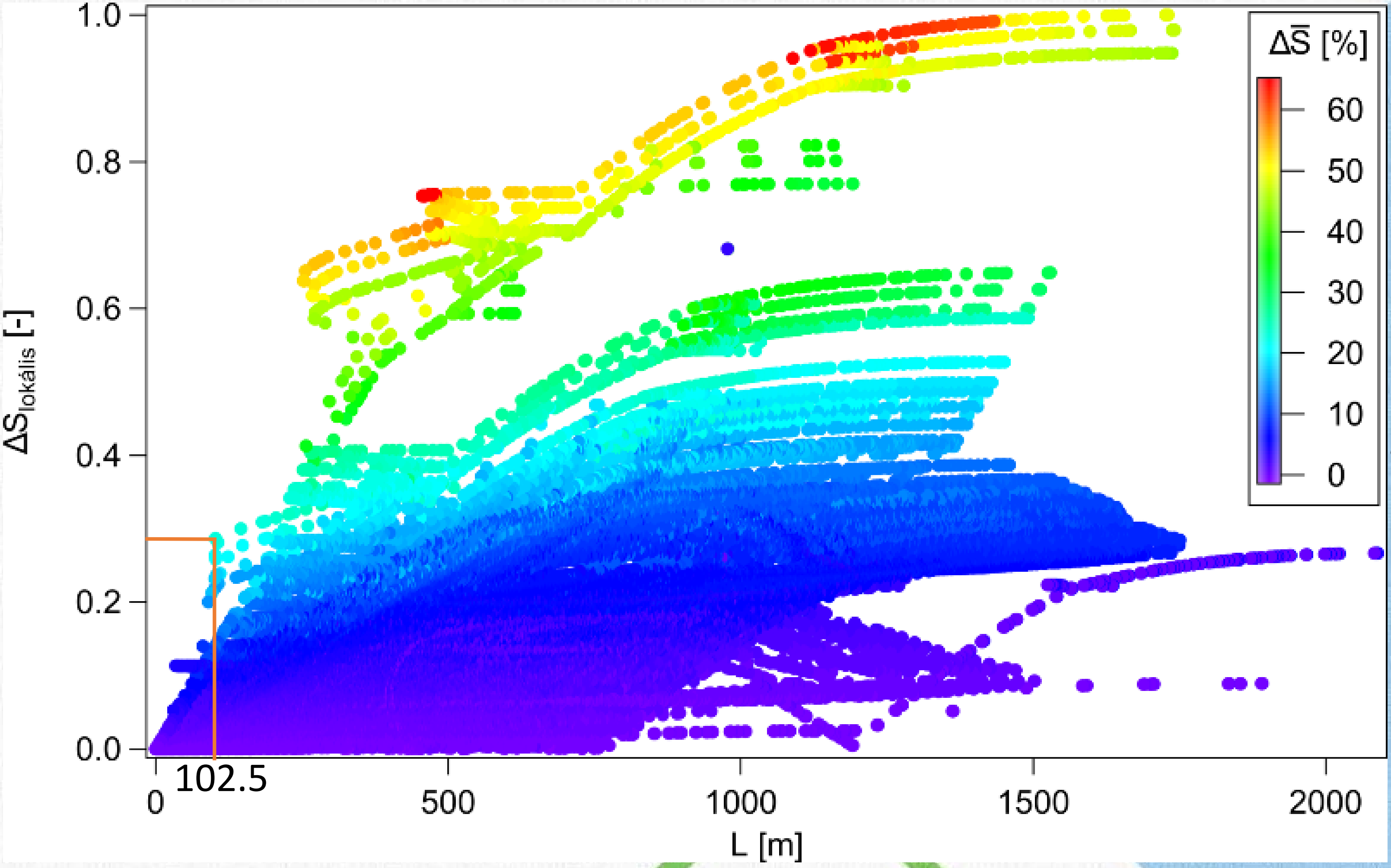
A lehetséges csomópontpárok kiválogatása a megengedett maximális csőhossz alapján (minden olyan csomópontpár elvetésre kerül melyek közé egy új csőszakasza bekötése hosszabb csőszakaszt igényel a megengedettnél)

↓

A legnagyobb érzékenységkülönbségű csomópontpárok kiválasztása, a maximális csőhossz környezetében

Egy kisközség hidraulikus hálózata

A módszer ellenőrzése – teljes kiértékelés



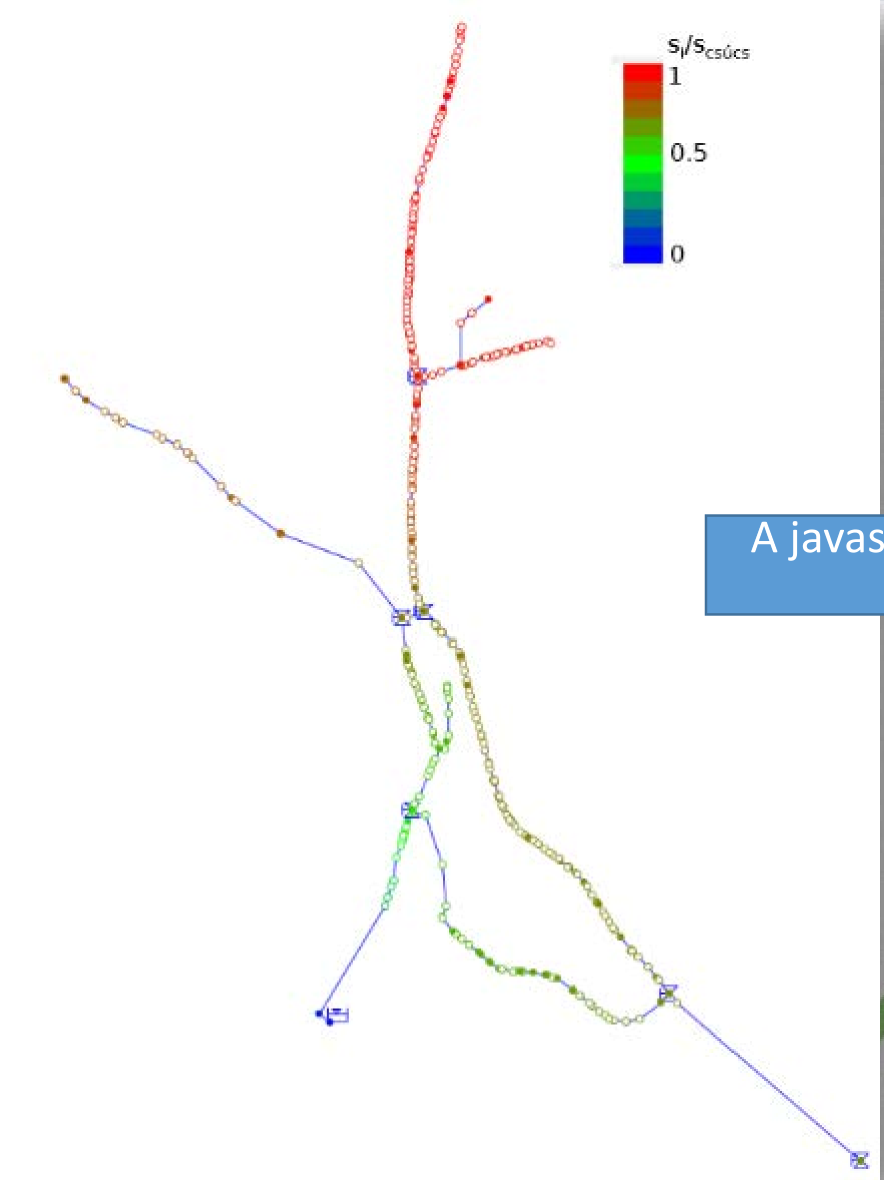
Az algoritmus által talált megoldás:
L = 102,5 m
(max 120 m)

$\Delta\bar{S} = 23\%$

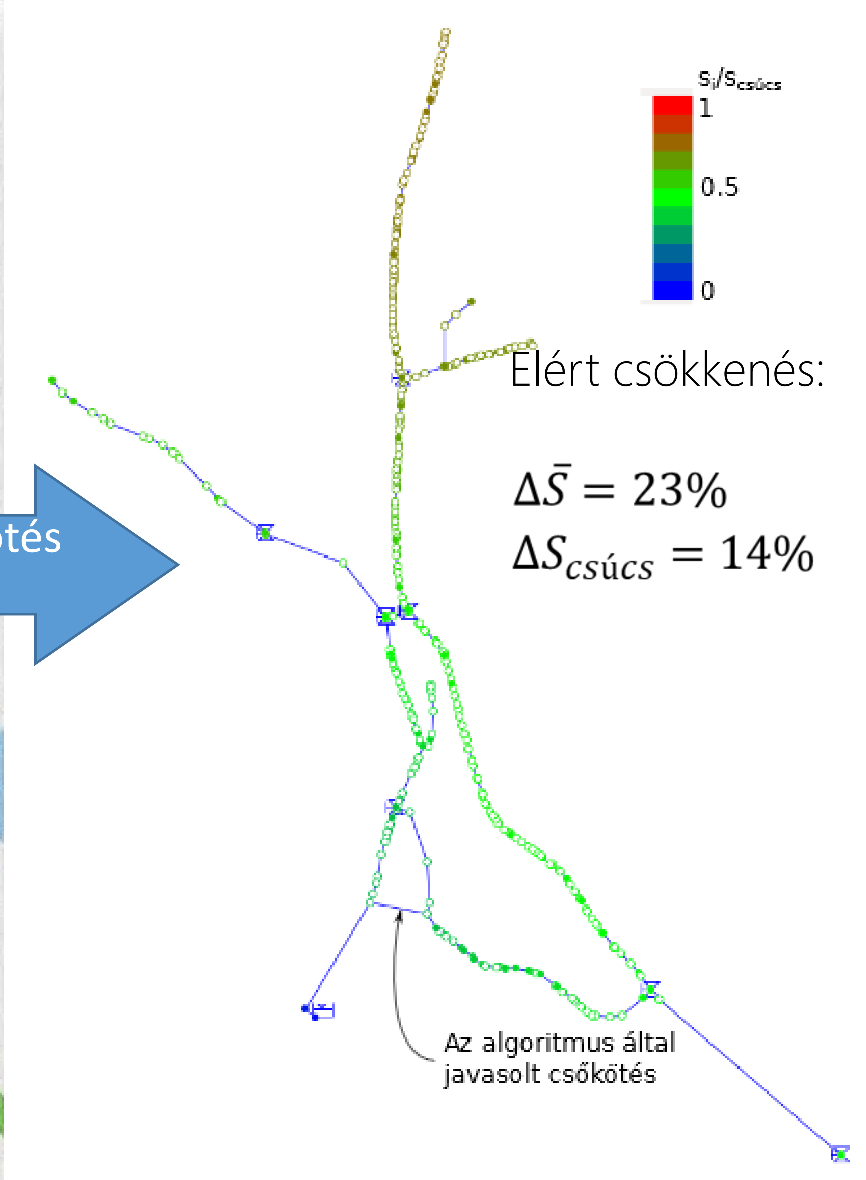
$\Delta S_{csúcs} = 14\%$

$\Delta\bar{S}$ kiszámítása ~72 óra

Egy kisközség hidraulikus hálózata



A javasolt csőkötés után



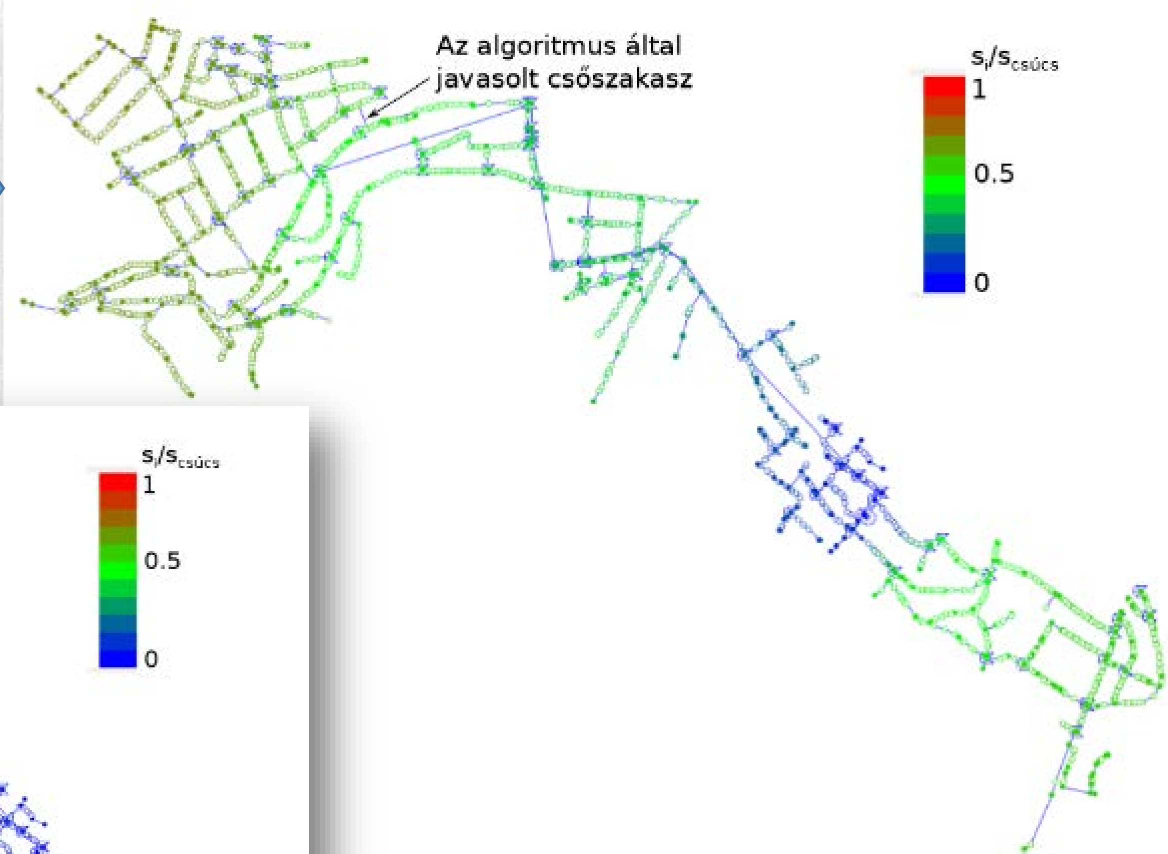
Elért csökkenés:

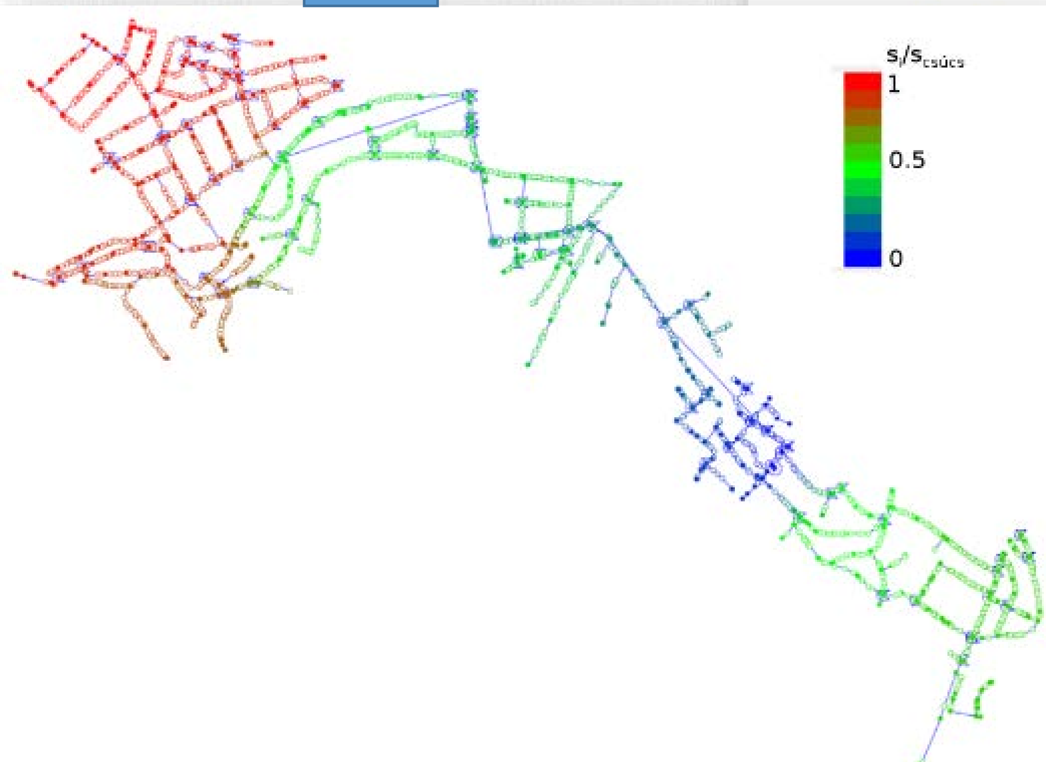
$$\Delta\bar{S} = 23\%$$
$$\Delta S_{csúcs} = 14\%$$

Egy kisváros hidraulikus hálózata

Csomópontok száma: 2700
A lakosság mérete: 3500 fő

A javasolt csőkötés után





Az algoritmus által talált megoldás:

L = 94,5 m (max 120 m)

$\Delta\bar{S} = 25\%$

$\Delta S_{csúcs} = 28\%$

Összefoglalás

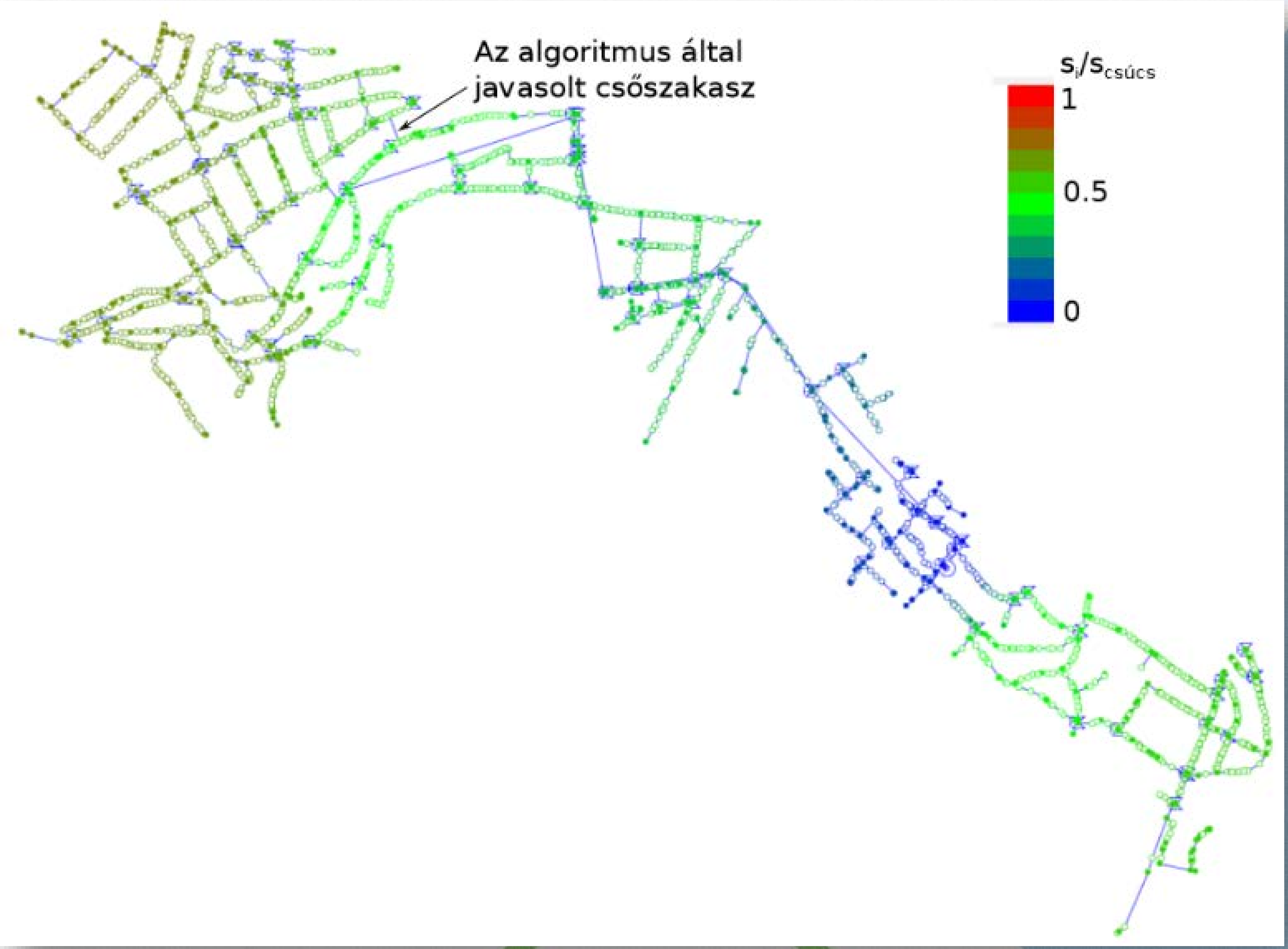
Összefoglalás:

- Trendet fedeztünk fel a csomópontok érzékenységkülönbsége és az elérhető átlagérzékenység csökkenés között
- Új módszert alkottunk, mely a két csomópont egy kiértékelés alapján meghatározható tényezői alapján lehetőséget biztosít azon optimális csőkötés meghatározására, mely adott anyagi ráfordítás (csőhossz korlátozása) mellett a legnagyobb robusztusságnövekedést eredményezi

A módszer további fejlesztési lehetőségei:

- Tanulmány az anyagi ráfordítás és megtérülési idő kapcsolat meghatározására
- Több csőszakasz behelyezése
- Nagyobb hálózatokon való tesztelése
- Szivattyú jelleggörbék figyelembe vétele

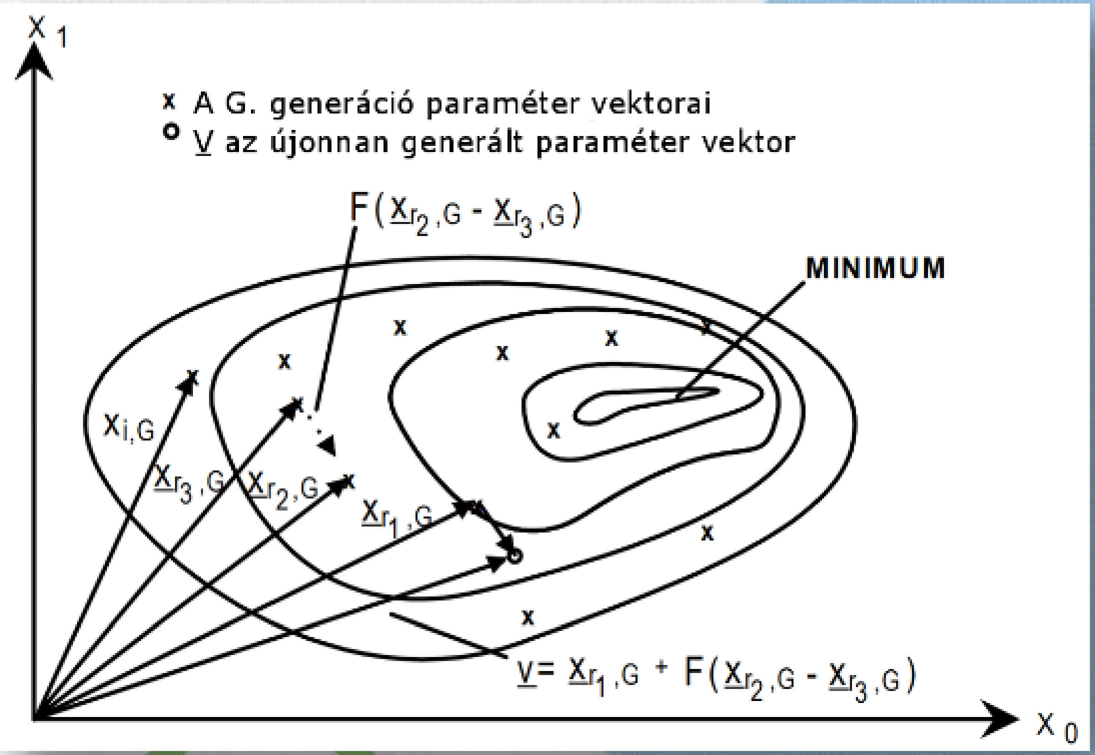
Köszönöm a megtisztelő figyelmet!



A differenciális evolúciós algoritmus

A módszer globális kereső

Az alapmódszer mutánsképzési metódusa



F - Falánksági faktor

A módszer előnyei:
- A minimumhelyek nem jelentek akadályt a módszer számára
- Nem igényli a függvény gradiensének ismeretét

A módszer hátrányai:
- Lassú konvergencia

Folytonos optimumkereső

Az optimumkereső kibővítése

Lényegi változtatás → A mutáns képzés szakaszán

$$V = Elem_1 + \underbrace{F \cdot (Elem_2 - Elem_3)}$$

Alapötlet → F értékének változtatása, hogy a jelölt tag minden esetben egész számokkal feltöltött vektorokat eredményezzen.

Radikális diverzitás vesztés
→ Rossz konvergencia

Részmegoldás:
Sztochasztikus
F paraméter

Javuló, de lassú konvergencia nagyobb keresési tartomány esetén

A futásidő előre haladtával növekvő eséllyel bekövetkező sztochasztikus mutációk
→ Szabályozott genetikus sodródás

$$V = Elem_1 + F \cdot (Elem_2 - Elem_3)$$

F = Random (0,1….0,99)

C = Random (0…1)

Ha C > 0,95 → V vektor egyik elemét bővítjük egy véletlen egész számmal