

## Mérnöki Optimalás Példatár

A példa megnevezése:	Autó tetőboksznak optimalása több célfüggvény alkalmazásával
A példa száma:	OPT-BME-3
A példa szintje:	alap
A feladat rövid leírása:	A mérnöki optimalás tananyag 1. fejezetéhez kapcsolódó illusztratív feladat, amely egy konkrét példán keresztül segít megérteni, hogy mit értünk több célfüggvényes optimalási feladaton és mi a jelentése a Pareto optimalás során bemutatott Parteto frontnak. A feladat a Sigma technology cég IOSO szoftverének egyik bemutató példája, amelynek angol nyelvű változata letölthető az IOSO honlapjáról.

### 1. A feladat megfogalmazása:

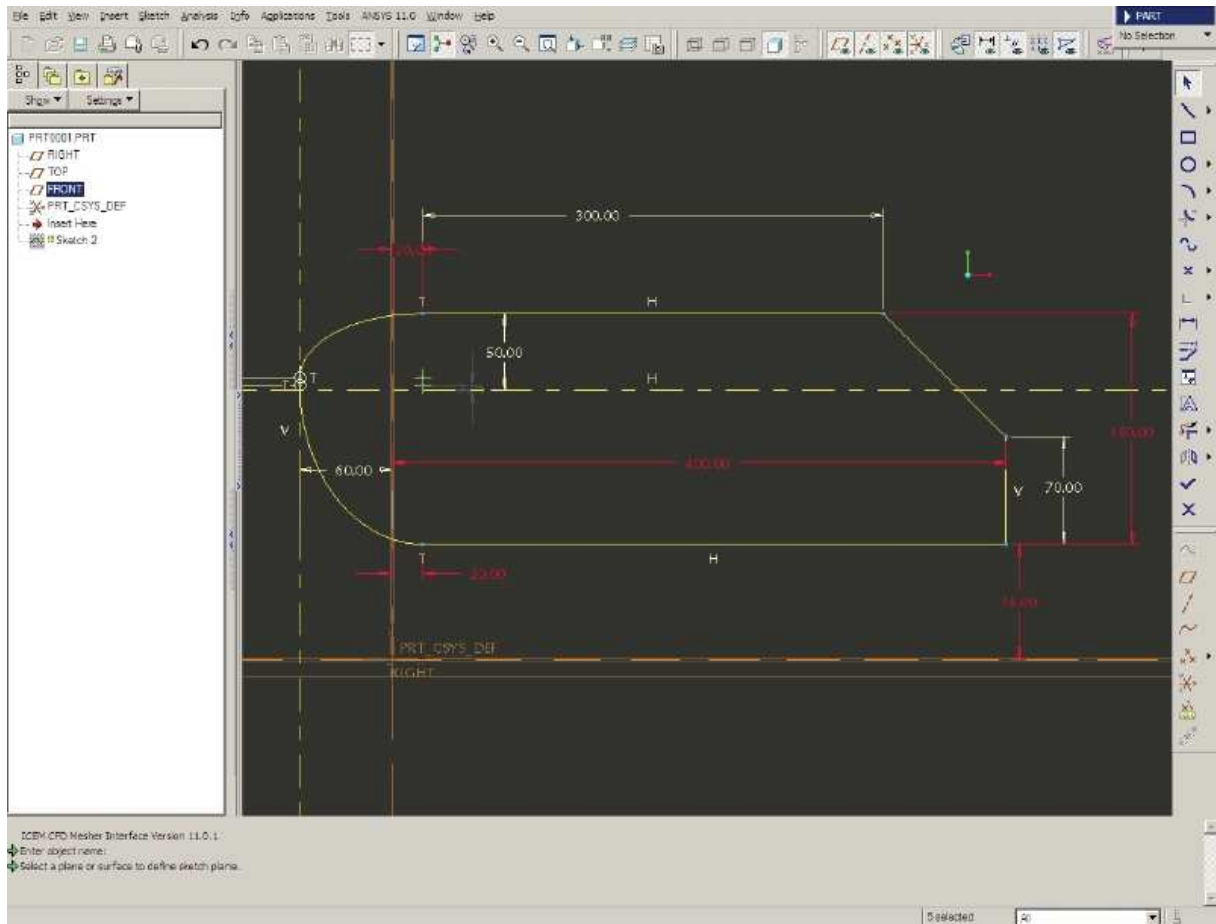
Tegyük fel, hogy cégünk a gépkocsi tetőbokszt piacára fejleszt egy új terméket és ennek optimalása a feladatunk. A vezetőség két cél együttes figyelembevételével kívánja a fejlesztést megoldani: egyrészt a tetőbokszt térfogata ( $S$ ) legyen minél nagyobb (tárolási funkció), másrészt a gépkocsira felszerelt állapotban a haladás során a légellenállás ( $F_x$ ) legyen minimális (alacsony fogyasztásnövekedés miatt).

### 2. A megoldás lépései:

#### 1. lépés: tervezési változók és tervezési paraméterek meghatározása

A jelen példában elegendő a tetőbokszt keresztmetszetének vizsgálata, amelyet a változtathatóság biztosítására parametrikus CAD rendszerben modelleztünk (Pro/Engineer), a beméretezett keresztmetszetet az ábra mutatja.

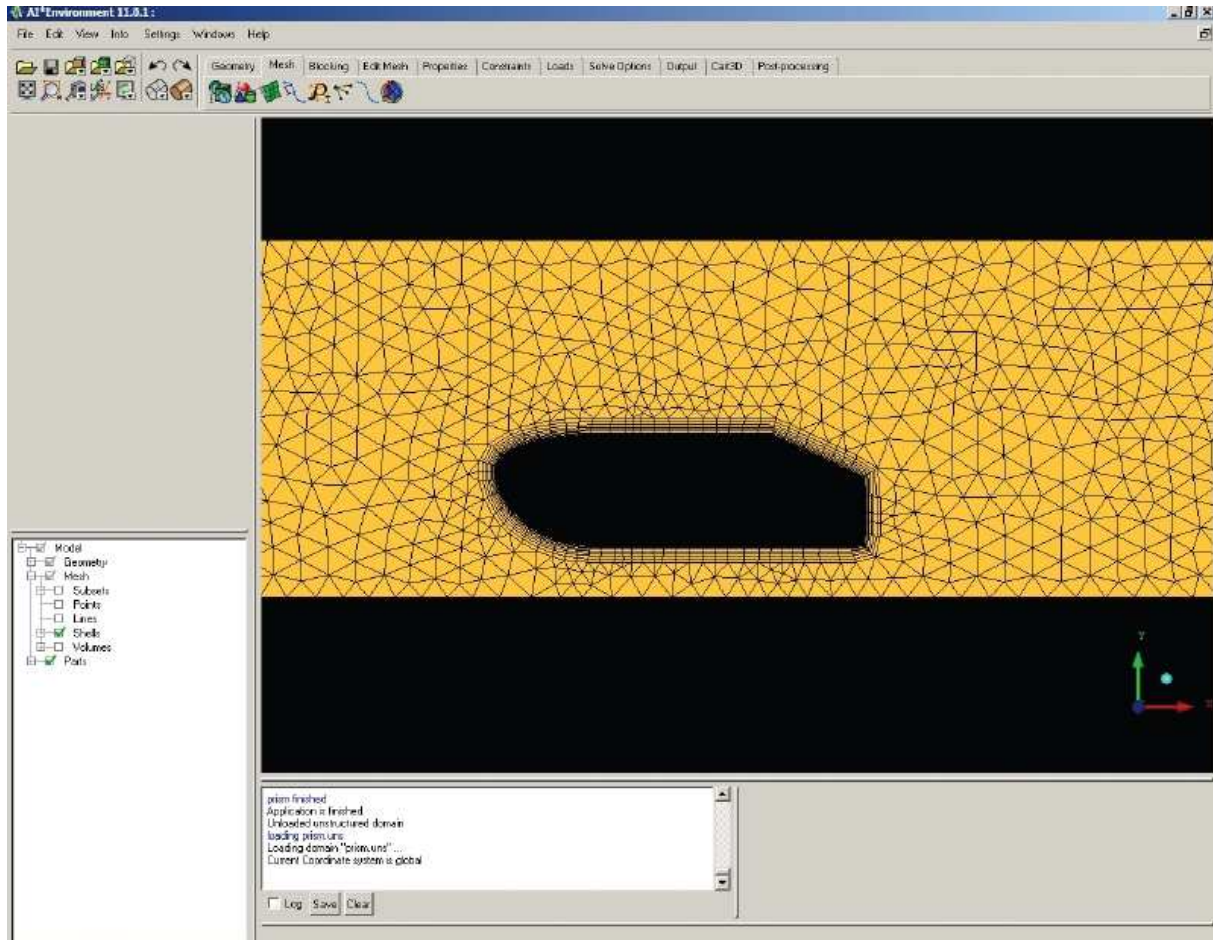
A geometria módosításához 4 tervezési változót választottunk, amelyek a parametrikus geometria világos színnel jelzett méretei. A piros színnel jelzett méretek és a szerkezet többi adata tervezési paraméter.



Az optimalási feltételeket nem kell figyelembe venni, így egyből rátérhetünk a célfüggvények meghatározására.

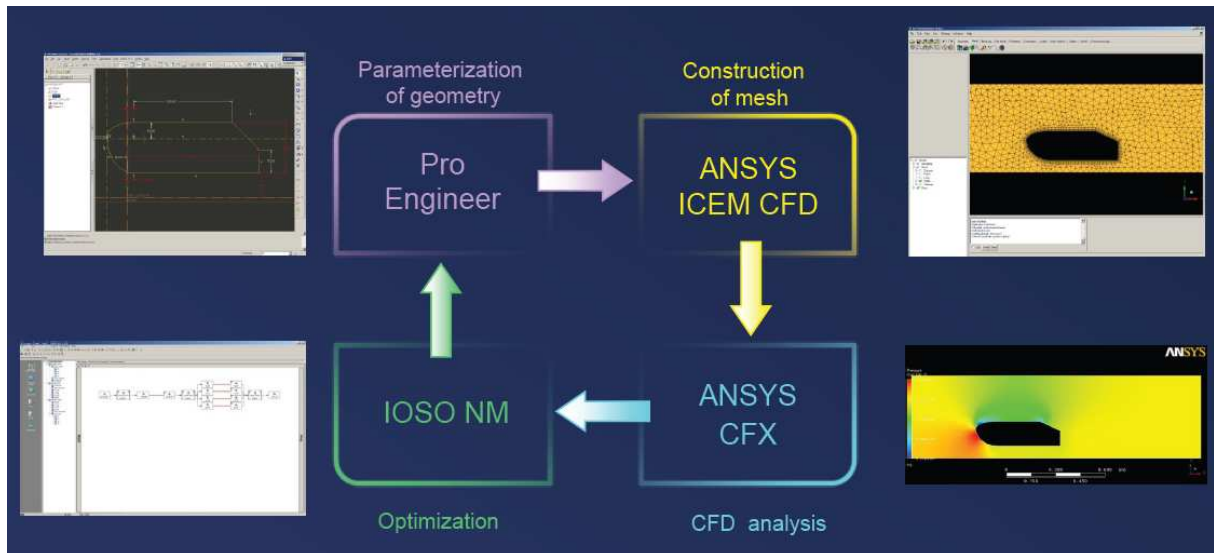
## 2. lépés: Célfüggvények meghatározása

A két célfüggvény közül az egyiket, a térfogatot a CAD rendszerből le lehet kérni az adott tervezési változó értékek esetére. A másik célfüggvény (a légellenállás) számításához azonban numerikus szimuláció szükséges, jelen esetben áramlástan (CFD – Computational Fluid Dynamics) szimulációt kell alkalmazni, amelyet az ANSYS szoftver CFD modulja segítségével hajtunk végre. Az automatikusan generált hálót is az ANSYS megfelelő moduljával készítjük el, úgy, hogy a tetőboks felületéhez közeledve kisebb elemeket alkalmazunk. A háló elkészítésekor nem a tetőboksot, hanem az áramló közeg részét kell vizsgálni, a számítás eredmény pedig egy sebesség és egy nyomáseloszlás a vizsgált pontokban. A nyomáseloszlást körbeintegrálva a tetőboks felülete mentén megkapható a boksra ható erő, amelynek a haladási irányba eső komponense szolgáltatja a másik célfüggvény értéket.



### 3. lépés: Az optimalási ciklus felépítése

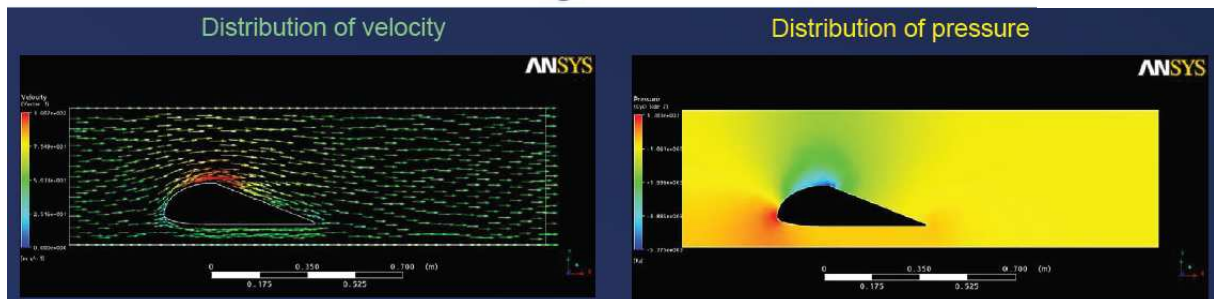
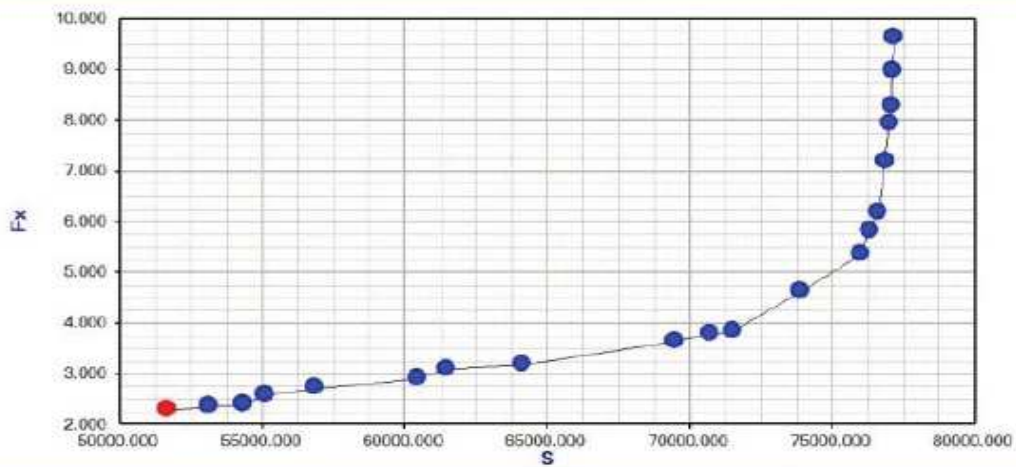
Az optimalási ciklus felépítéséhez a fent említett szoftvereken kívül a Sigma technology cég IOSO szoftverét alkalmazzuk, amely képes arra, hogy a tervezési változók adott értékei alapján utasítsa a geometriai modellezőt új geometria megalkotására, valamint kiolvassa az aktuális térfogat célfüggvény értéket a CAD rendszerből. Az új geometriára az ANSYS megfelelő moduljainak hívásával új háló kerül és az IOSO elindítja a CFD szimulációt is, amelynek eredményei alapján kiértékeli a másik célfüggvényt. Ezeket a lépéseket minden egyes tervezési pont vizsgálatakor el kell végezni. A bemutatott optimalási ciklust és az alkalmazott szoftvereket szemlélteti az alábbi ábra:



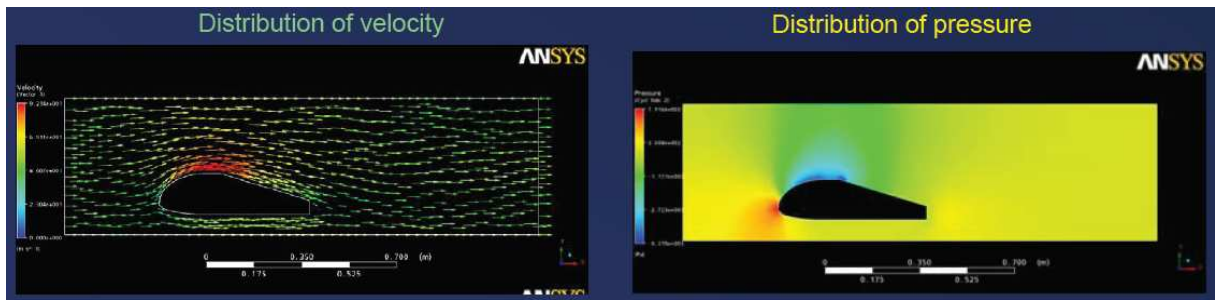
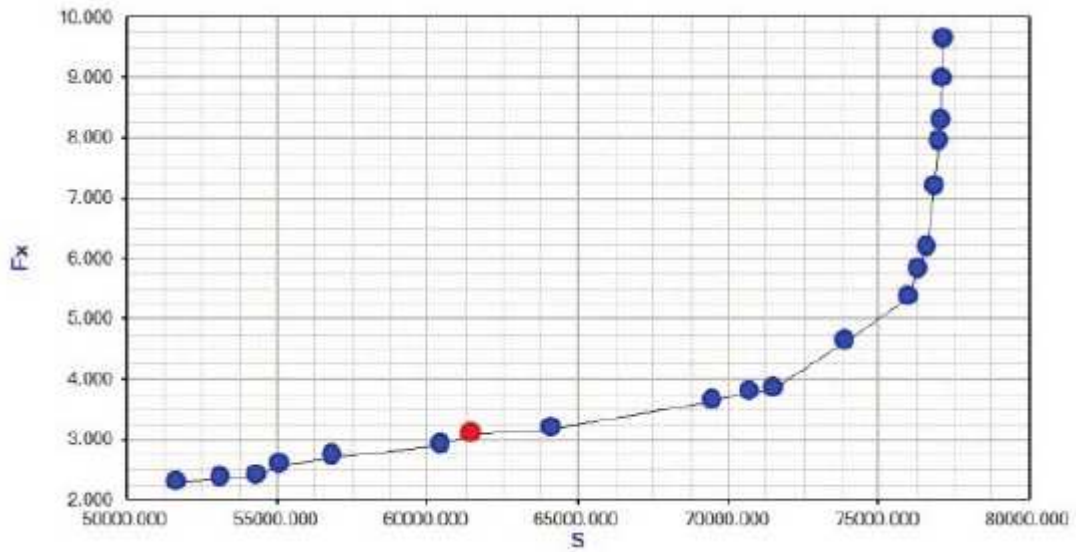
4. lépés: az optimalás eredményei

A következőkben néhány ábrán a számítás eredményeit mutatjuk be, amely tartalmazza az adott Pareto ponthoz tartozó geometriát, nyomás, sebességi profilképet, valamint a két célfüggvény által meghatározott térben kapott Pareto frontot.

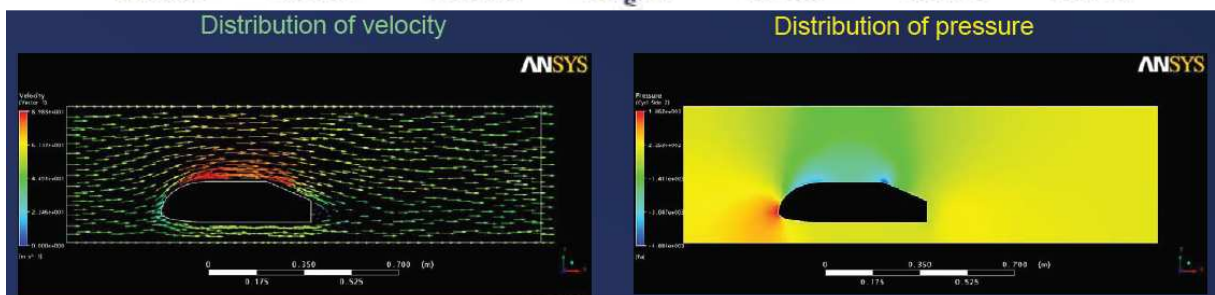
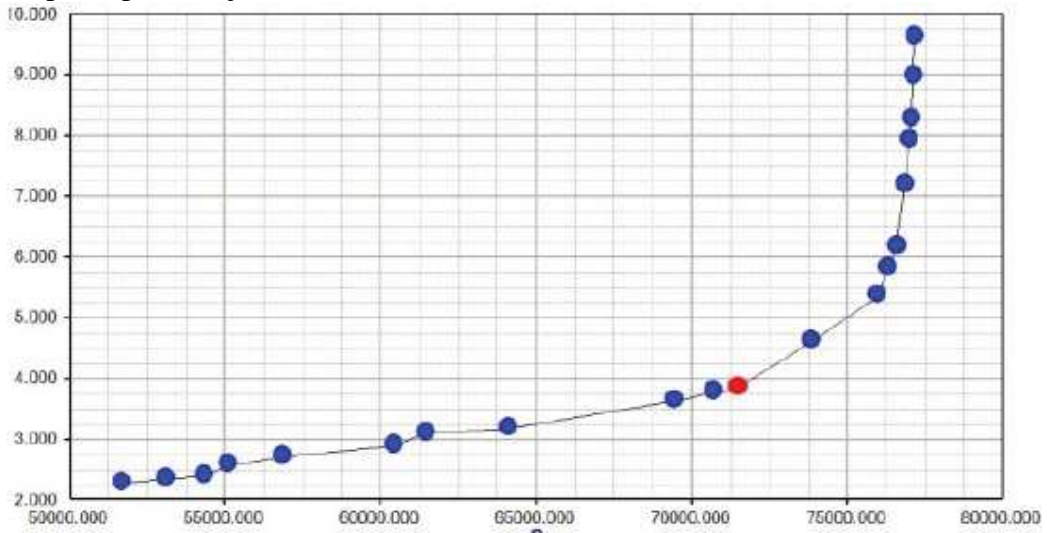
1. Pareto pont (pirossal jelölve az ábrán):  $F_x=2,28$ ;  $S= 51650$



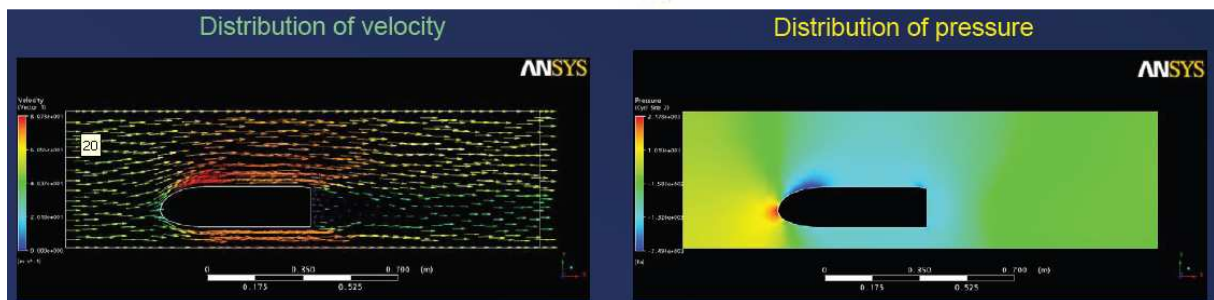
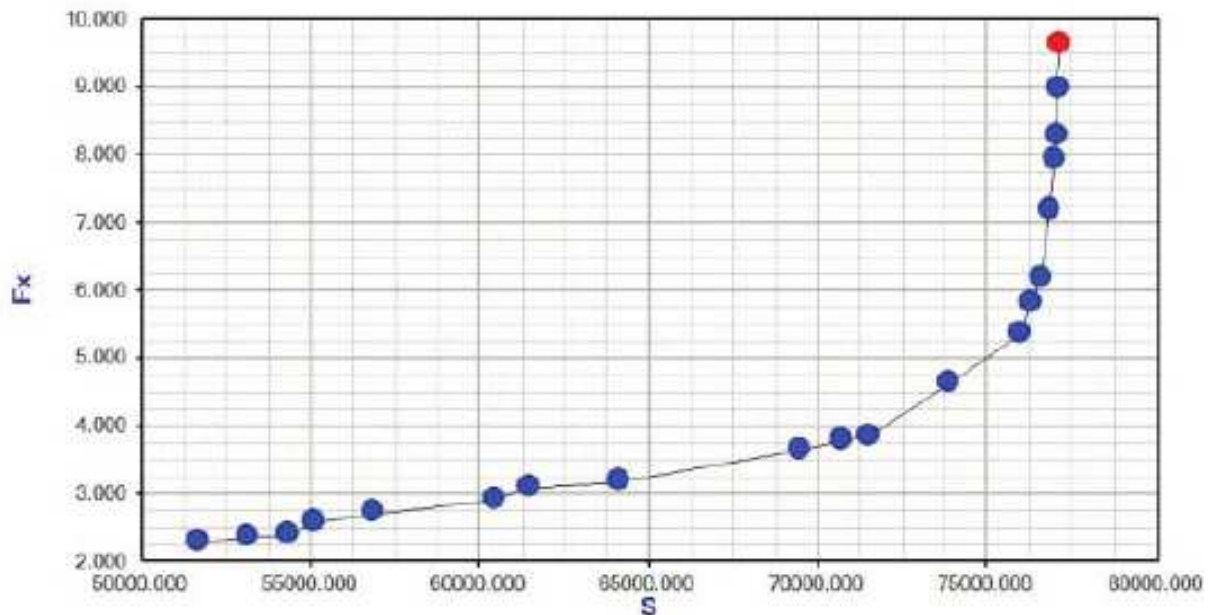
7. Pareto pont (pirossal jelölve az ábrán):  $F_x=3,1$ ;  $S= 61432$



11. Pareto pont (pirossal jelölve az ábrán):  $F_x=3,85$ ;  $S= 71470$



20. Pareto pont (pirossal jelölve az ábrán):  $F_x=9,63$ ;  $S= 77135$



5. lépés: az optimalás eredményeinek értelmezése, következtetések

Az optimalási számítás eredményeként 20 Pareto pontot talált az optimaló, ami megfelelő pontossággal meghatározza a Pareto felületet.

A kapott Pareto felület értelmezése egybevág a mérnöki szemlélettel: Amennyiben fő célunk a légellenállás csökkentése, akkor nagyon kicsi térfogatú tetőbokszt tudunk csak csinálni, nagy térfogat pedig jelentős légellenállást eredményez. Hasznos megállapítás azonban, hogy ezeknél a tervezési változóknál a Pareto felület meredeksége nagy a görbe jobb oldali részén, így ott kis térfogat-növekedésnek is nagy légellenállás növekedés lesz az ára.

Fontos megállapítani azt is, hogy amíg a korábbi feladatokban az optimalás eredménye egy konkrét konstrukciót eredményezett, addig az itt eredményül kapott Pareto front végtelen sok megoldást tartalmaz. Felmerül tehát a kérdés, hogy milyen tetőbokszt is kell cégünknek gyártani? Erre nem lehet egyértelműen válaszolni, ilyen esetekben a végleges döntéshez további szempontokat kell figyelembe venni. Ilyen gazdasági szempont lehet, hogy a kis vagy a nagyobb térfogatú boksztok fognak jobban, vagy hol érhető el nagyobb profit. Amennyiben erre a kérdésre válasz születik, akkor viszont egyértelmű optimális konstrukció javasolható.