

A papír esési sebességét a papír súlya és a közegellenállás – a papír körül kialakuló légáramlás – határozza meg. Három kérdést érdemes megvizsgálni:

1. Hogyan függ az esési sebesség a téglalap területétől?
2. Befolyásolja-e a sebességet a téglalap oldalainak aránya?
3. Hogyan függ a sebesség a papírvastagságtól?

A kérdések megválaszolásához különböző vastagságú, területű és alakú téglalapok vizsgálata szükséges. *Weber Tamás* (Kazincbarcika, Ságvári E. Gimn., IV. o. t.) pl. 0,1 mm, 0,3 mm és 0,9 mm vastag papírlapokat használt. A téglalapok oldalhosszai centiméterben kettő hatványai voltak. Így ugyanazon mérési adatok megfelelő csoportosításával lehetőség volt arra, hogy hasonló téglalapokon tanulmányozza az esési sebességnek a területtől való függését, illetve azonos területű téglalapokon az oldalak arányától való függést. A papírlapokat 4 m magasról ejtette le úgy, hogy elengedéskor síkjuk vízszintes volt. A leesés idejét stopperórával mérte. Minden lapon három mérést végzett, majd a kapott esési idők átlagát vette. A mérési eredmények hibáját a legnagyobb és legkisebb esési idők különbsége alapján becsülte.

*Schmidt László* (Budapest, I. István Gimn., III. o. t.) nem a talajra érés pillanatában, hanem a talaj felett 30 cm-re állította le a stoppert. A talaj közelsége ugyanis lényegesen befolyásolja a papír körül kialakuló légáramlást, lecsökkenti az esés sebességét. Megállapította azt is, hogy az esés ideje nem függ lényegesen az indítás helyzetétől.

A papírlap az elengedés után gyorsul, majd beáll a súlyerő és a közegellenállási erő egyensúlya és a lap közelítőleg egyenletes sebességgel esik. Különböző magasságokhoz tartozó esési idők összehasonlításával ugyan leválasztható a gyorsuló szakasz, azonban kvalitatív következtetéseket közvetlenül az esési idő vagy a  $v = h/t$  összefüggésből számított átlagsebesség alapján is levonhatunk. (*Emri Miklós*, Kazincbarcika, Ságvári E. Gimn., IV. o. t.)

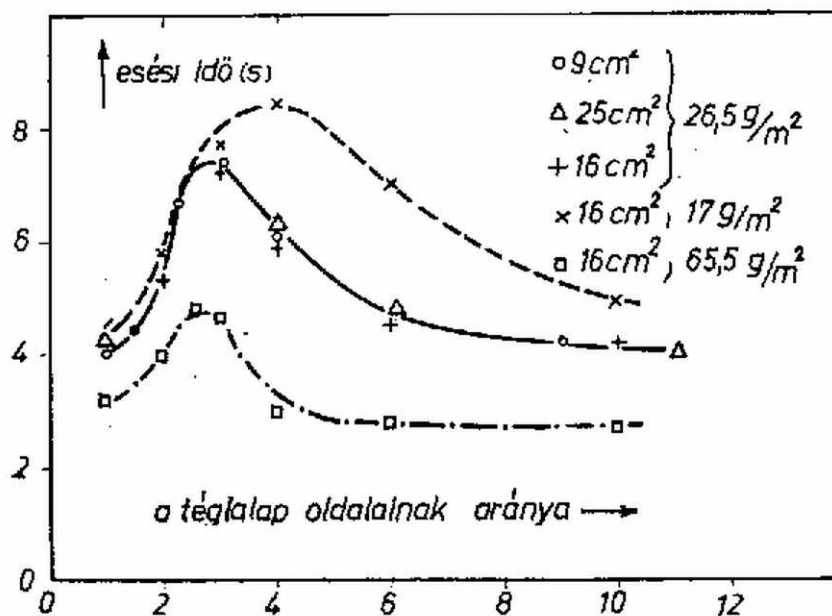
A különböző papírlapok esése során három különböző jellegű mozgás jön létre (*Kucsera Gábor*, Pécs, 39-es Dandár úti Ált. Isk., 8. o. t.):

a) A papírlap jobbra–balra libegve esik, esetleg időnként átfordul. Ez a mozgás a négyzethez közeli téglalapokra jellemző.

b) A kissé hosszúknak téglalapok hosszabbik tengelye közelítőleg vízszintes, ekörül egyenletesen forogva esnek. Az esés sebessége ilyenkor kisebb.

c) A hosszúknak téglalapok tengelye függőleges irányba fordul, a téglalap keskeny szalagként csavarvonal – szerű pályán esik. Az esés sebessége megnő, a mérési adatok erősen szórnak attól függően, hogy a függőleges helyzetbe fordulás mikor következik be.

A mozgást erősen befolyásolja a papír „merevsége”, ami a papír vastagságával, méretével és alakjával egyaránt változik.



Az ábrán a *Kucsera Gábor* által mért esési időket ábrázoltuk a téglalap oldalainak aránya függvényében. Az ejtési magasság 224 cm volt. Az eredmények alapján a következőket mondhatjuk.

1. A téglalap területe nem változtatja meg lényegesen az esési idejét. (Több tanuló ezt nagyobb mérettartományban is igazolta.)

2. Az esés ideje lényegesen függ a téglalap alakjától. A leglassabban az 1 : 3, 1 : 4 oldalarány körüli téglalapok esnek, ebben a tartományban a b) típusú mozgás a jellemző.

3. A felületegységenként nagyobb súlyú téglalapok gyorsabban esnek. A közegellenállási erő  $v^2$ -es sebességfüggése miatt azonos típusú mozgás esetén a felületegységenkénti súly négyzetgyökével arányos esési sebesség lenne várható.

A gyorsuló szakasz figyelmen kívül hagyása és a papír merevségének változása ennek ellenőrzését nem tette lehetővé.  
A papír vastagsága a merevség változása miatt lényegesen befolyásolta az ábrán látható maximum helyét.