

38. Ütügyi Napok, IV. Szekció – Pályaszerkezetek

Pályaszerkezet megerősítés méretezések szilárdsági kérdései



Készítette

Dr. PRIMUSZ PÉTER, PhD.

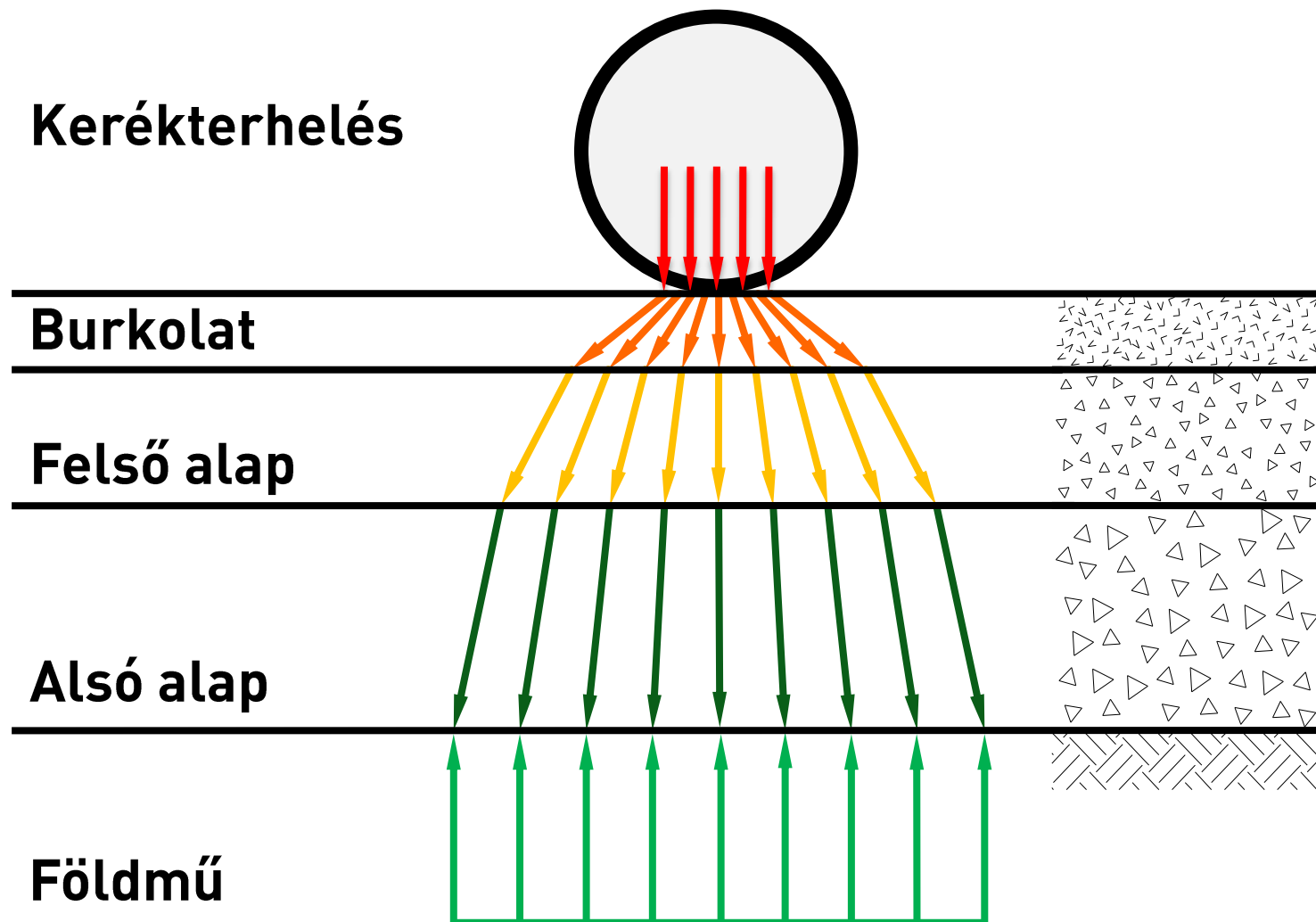
okl. erdőmérnök

Bevezető gondolatok

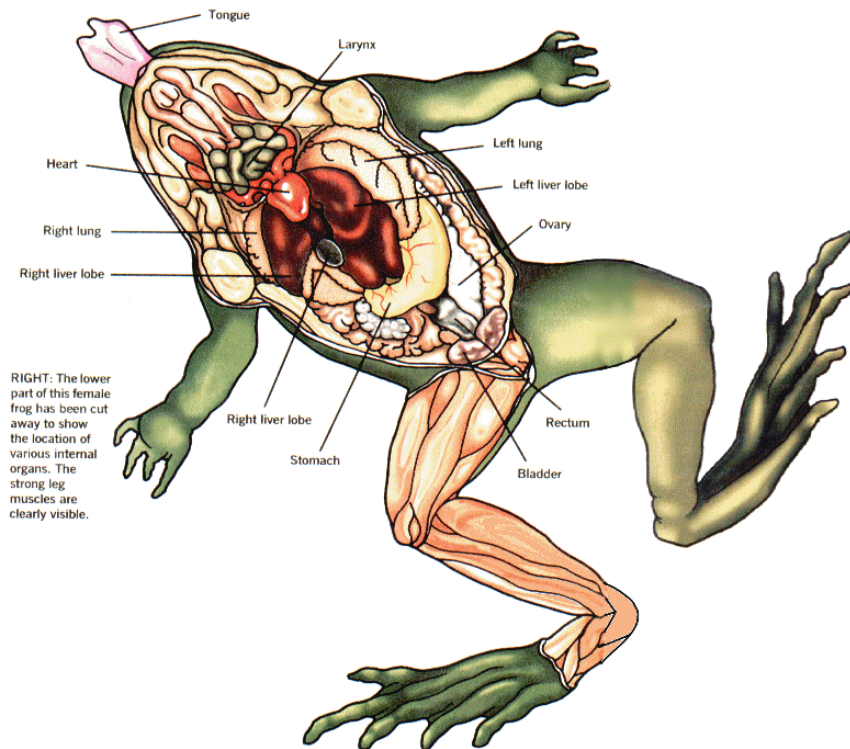


Az utak pályaszerkezetei ugyanúgy teherhordó szerkezetek, mint a hidak, épületek statikailag működő részei.

A kerékterhelés eloszlása



Analitikus méretezési módszerek



ANALÍZIS: elemzés, részekre, elemekre bontás, mint tudományos kutató módszer...

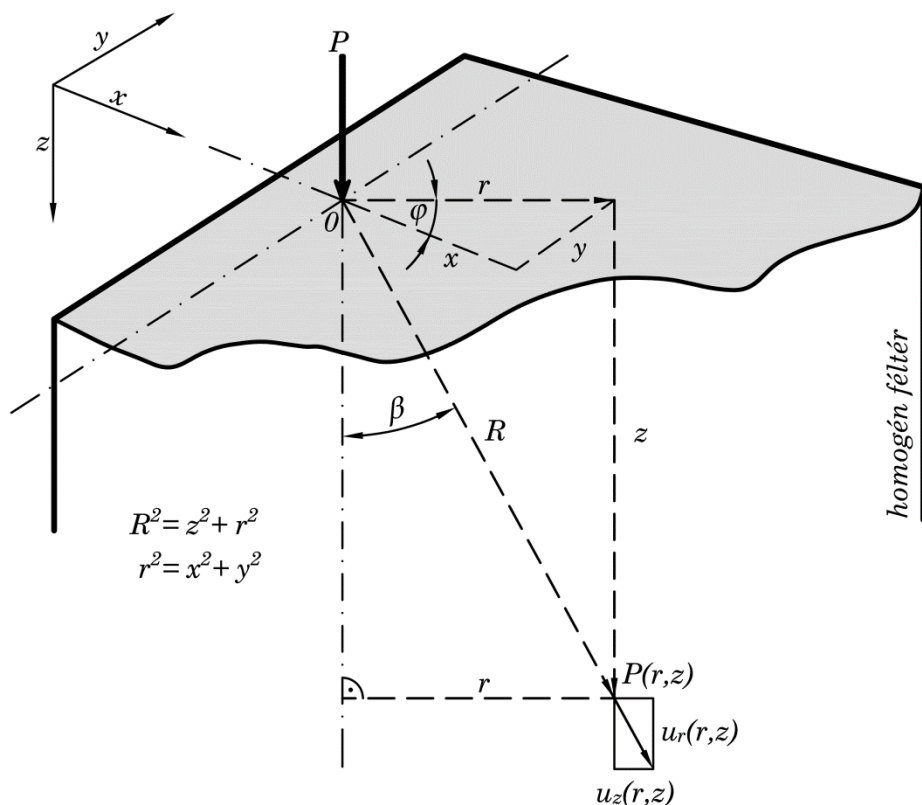
ANALITIKUS: elemző; az analízissel kapcsolatos, az analízist alkalmazó ...

Bakos: Idegen szavak és kifejezések szótára, 1986

Híres mottó:

„Az egész több, mint a részek összege.”

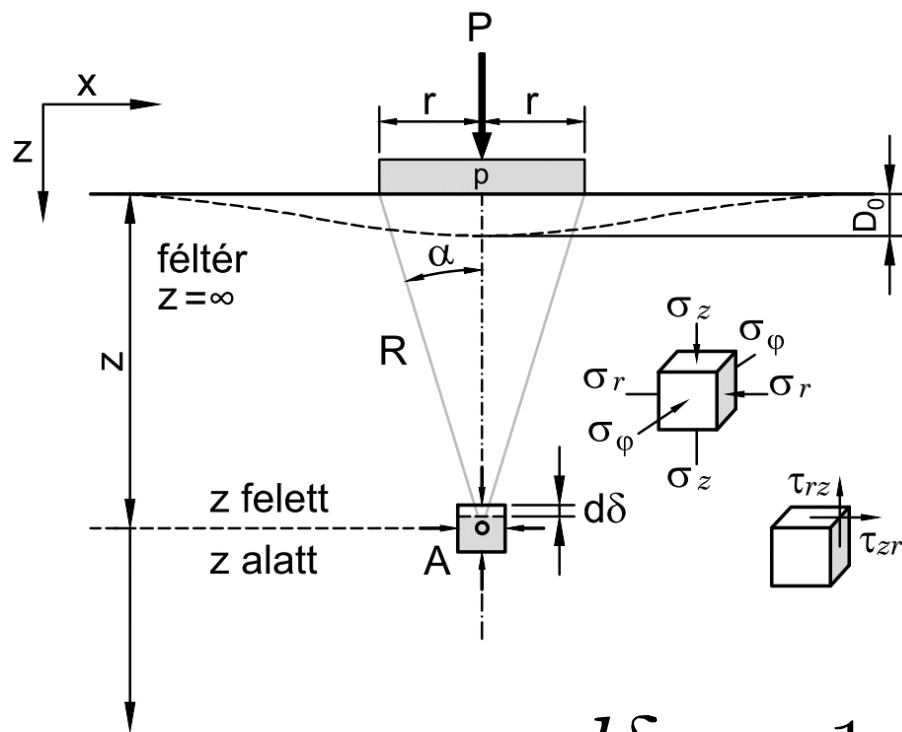
A Boussinesq-féle rugalmas féltérmodell



Az rugalmasságtan egyik nevezetes kontinuum feladata az úgynevezett BOUSSINESQ-féle feladat ami a rugalmas-izotróp feltér felszínének egyetlen pontjában ható P koncentrált erő hatására kialakuló feszültség és alakváltozás viszonyokat írja le.

$$\sigma_z = -\frac{P}{2\pi} \cdot \frac{3z^3}{(r^2 + z^2)^{5/2}}$$

Körlemezzel terhelt rugalmas homogén féltér



A rugalmas féltér E modulusa és μ Poisson-száma segítségével az ábra szerint számítani lehet a z mélységben lévő dz elemi élű kockaelem $d\delta$ összenyomódását a σ_z , σ_r , E és μ adatok alapján. Az elemi kocka összenyomódásának fajlagos értéke:

$$\varepsilon_z = \frac{d\delta}{dz} = \frac{1}{E} (\sigma_z - 2\mu \cdot \sigma_r)$$

Körlemezzel terhelt rugalmas homogén féltér

A tárcsa w lehajlását kapjuk meg, ha most $z = 0$ és $z = \infty$ határok között integráljuk a fenti képletet:

$$w = \frac{1}{E} \int_0^{\infty} (\sigma_z - 2\mu \cdot \sigma_r) dz$$

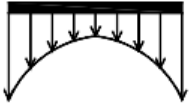
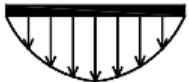
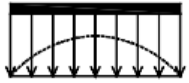
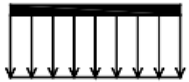
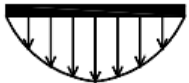
azaz

$$w = 2 (1 - \mu^2) \cdot \frac{pr}{E}$$

Abban az esetben, ha a homogén féltérrel közelítően, mint összenyomhatatlan folyadékot vesszük számításba $\mu \approx 0,5$ -nek vehető. Ebben az esetben a fenti összefüggés a következő alakra egyszerűsödik:

$$w = 1,5 \cdot \frac{pr}{E}$$

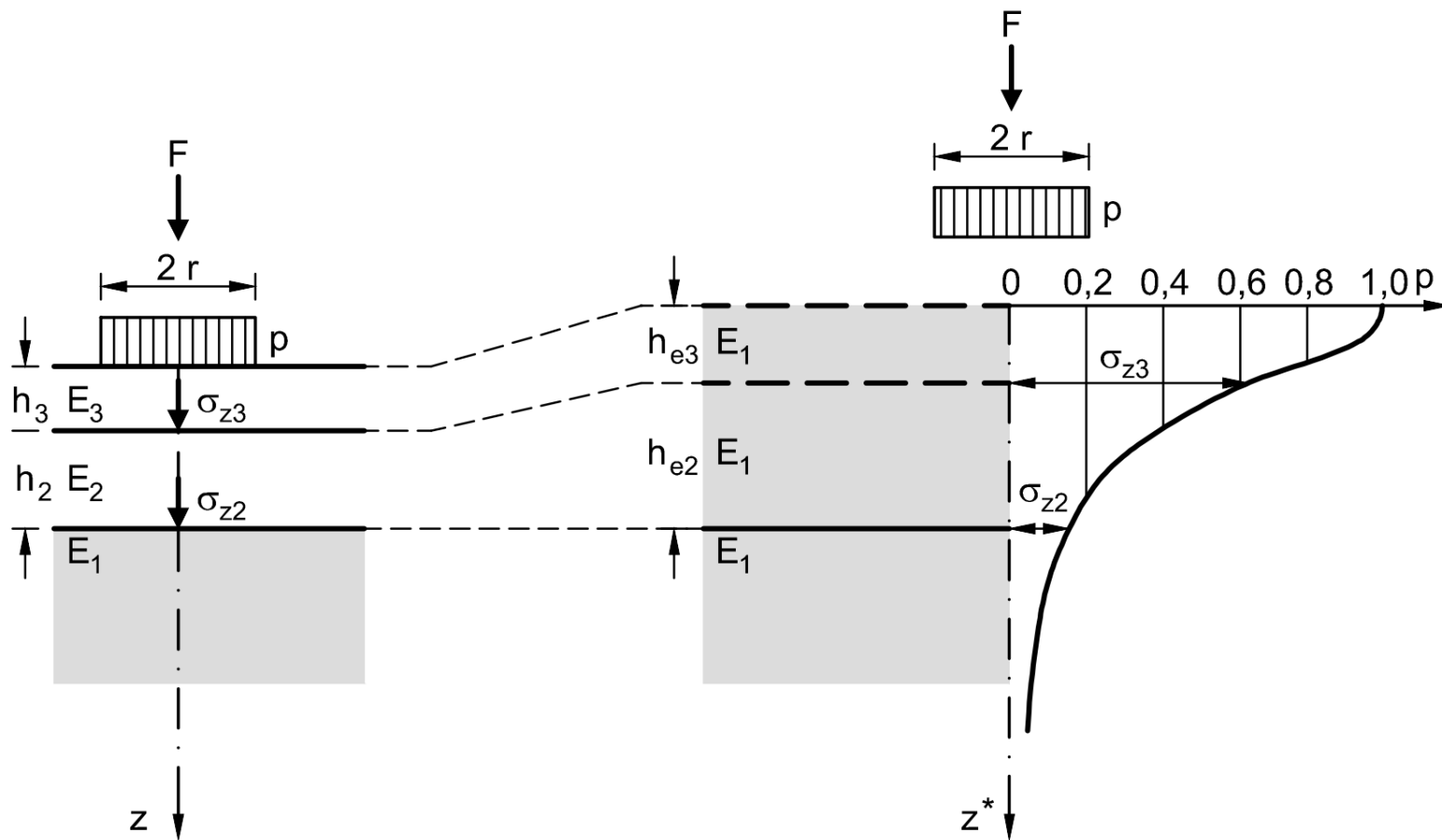
Körlemezzel terhelt rugalmas homogén féltér

Tárcsa típusa	Talajtípus	Feszültségeloszlás		Tárcsaszorzó (c)
merev	agyag (rugalmas)	inverz parabola		$\pi/2$
merev	kohézió nélküli szemcsés talajok	parabola		8/3
merev	átmeneti talajok	inverz parabola – egyenletes		$\pi/2$ -től 2-ig
hajlékony	agyag (rugalmas)	egyenletes		2
hajlékony	kohézió nélküli szemcsés talajok	parabola		8/3

Tárcsaszorzó javasolt értékei rugalmassági modulus számításához.

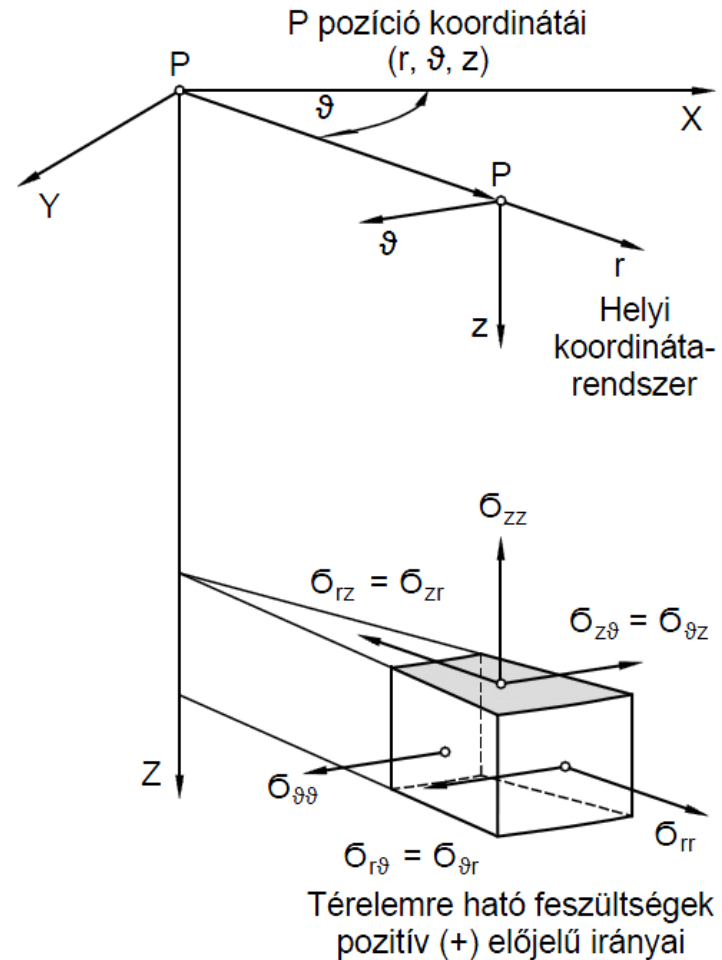
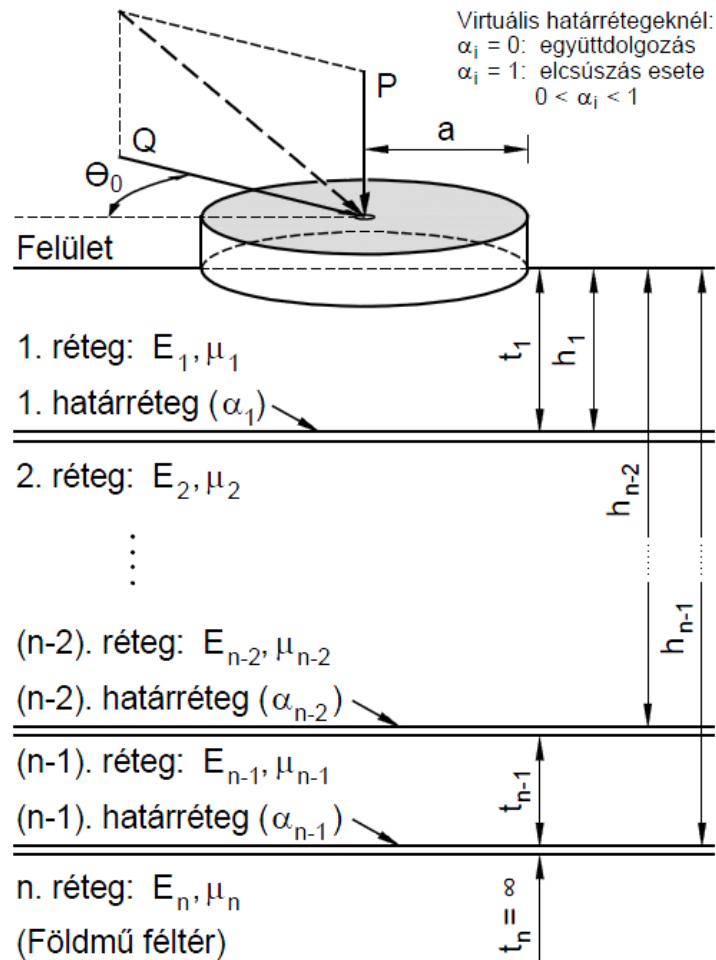
$$w = c (1 - \mu^2) \cdot \frac{pr}{E}$$

Odemark közelítő számítása helyettesítő rétegvastagságokkal

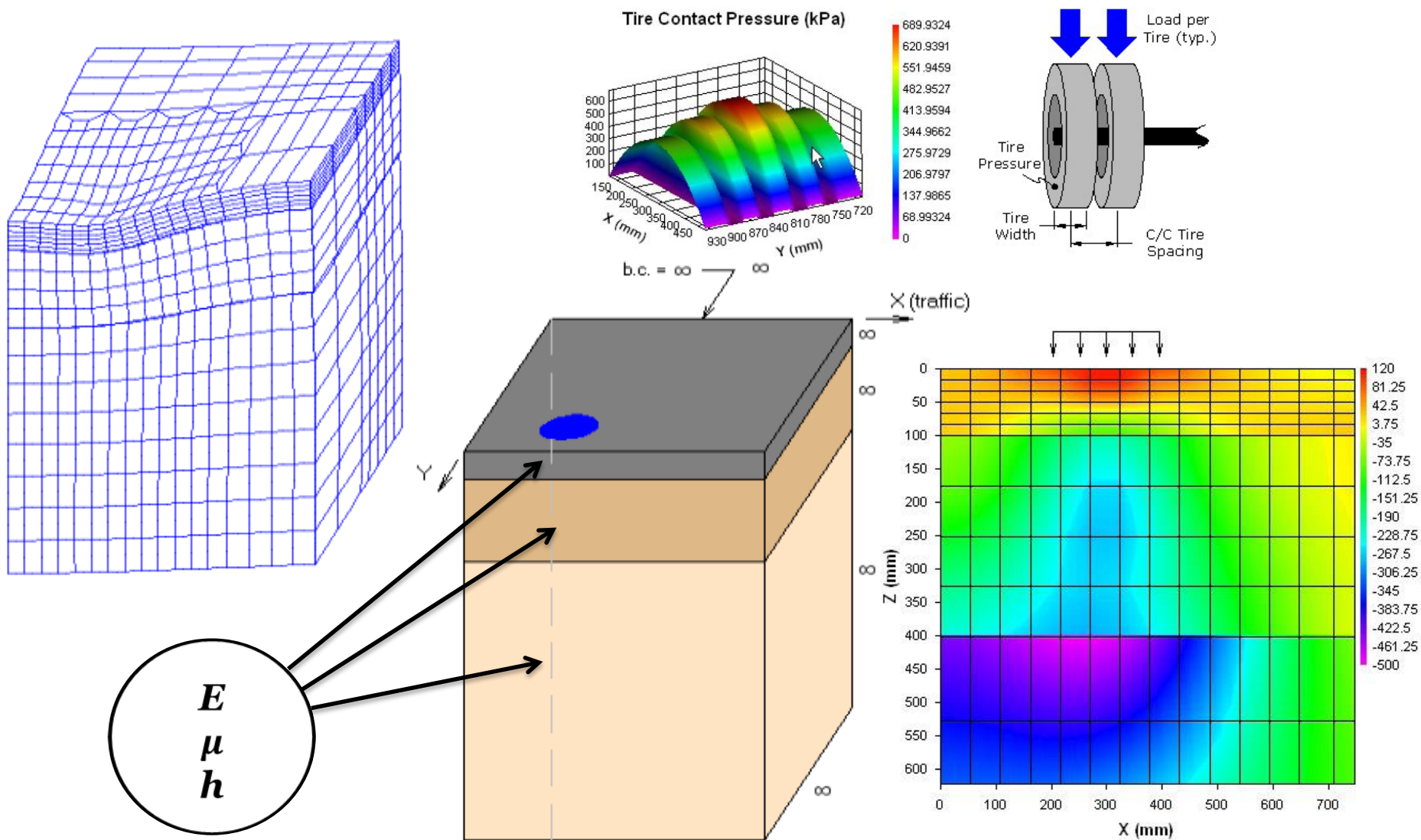


ahol: h_e az „ekvivalens” (egyenértékű) vastagságként ismert. (Ezt a módszert az „egyenértékű vastagság módszereként - angol rövidítéssel: MET”- is ismerik.)

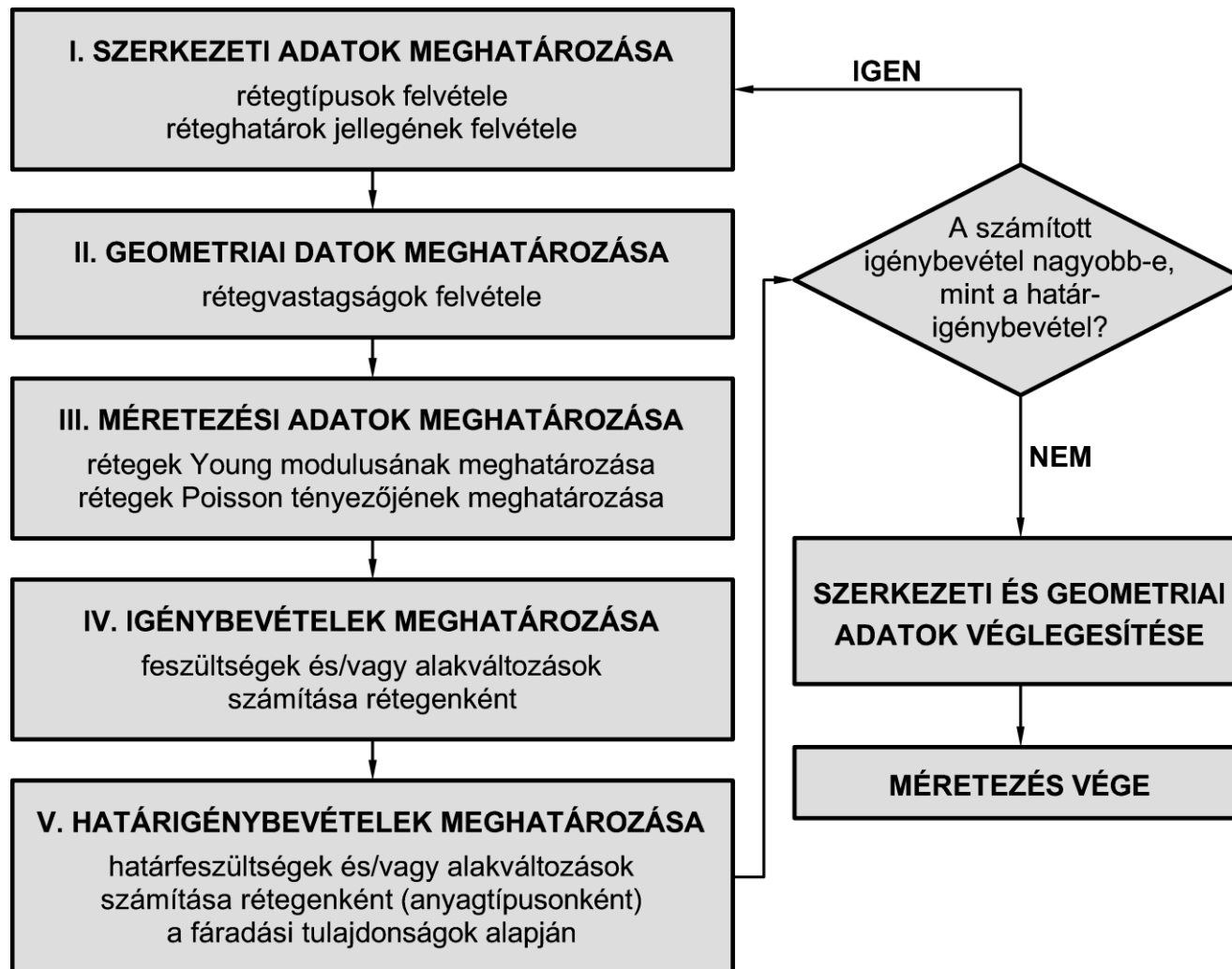
Bitumen Stress Analysis in Roads (BISAR)



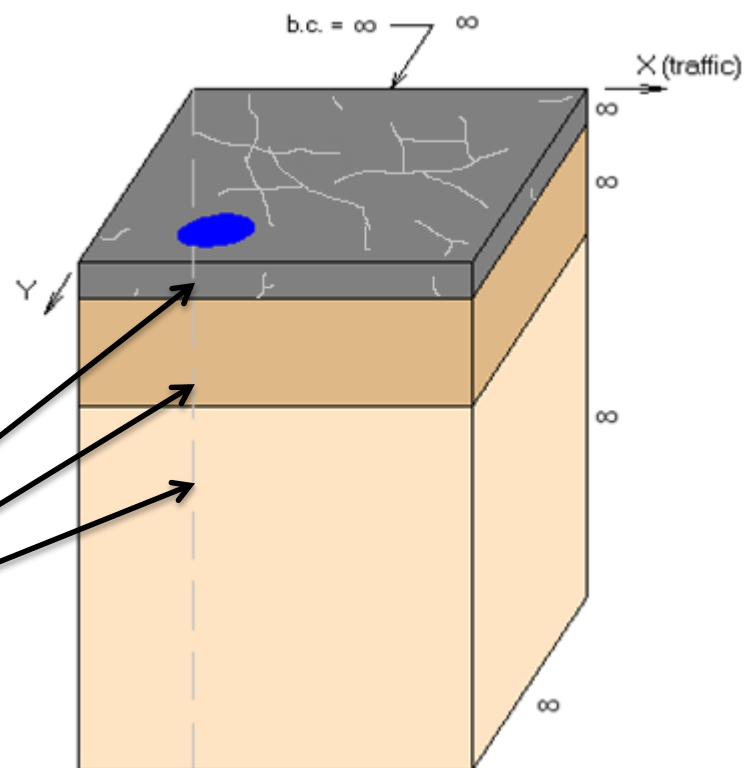
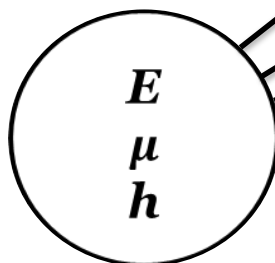
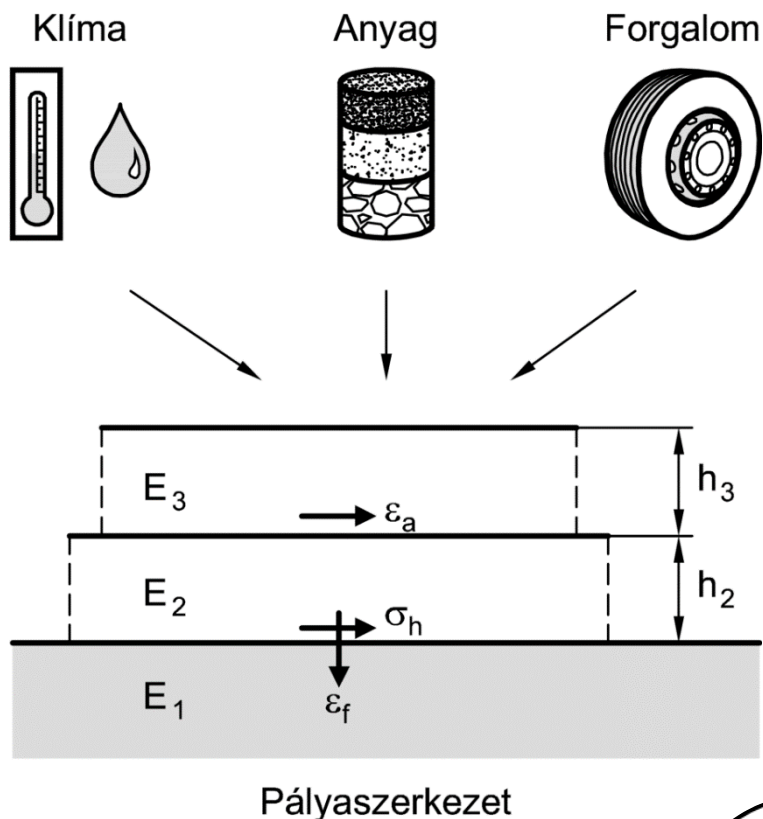
EverStressFE1.0 Software for 3D Finite-Element



Mechanikai alapú tervezés folyamatábrája



Hogyan paraméterezzük fel a pályaszerkezet modelleket?



Hogyan paraméterezzük fel a pályaszerkezet modelleket?



1. Modulus meghatározás (E):

magminta vétel, laboratóriumi vizsgálat. A számított modulus *technikai modulus*, mivel az eredmény függ a labortechnikától.

2. Vastagság meghatározás (h):

magminta vétel, teljes burkolatfeltárás, georadar.

3. Poisson-szám (μ):

értéke 0,2 és 0,5 között változik. Meghatározása laboratóriumi vizsgálattal lehetséges.

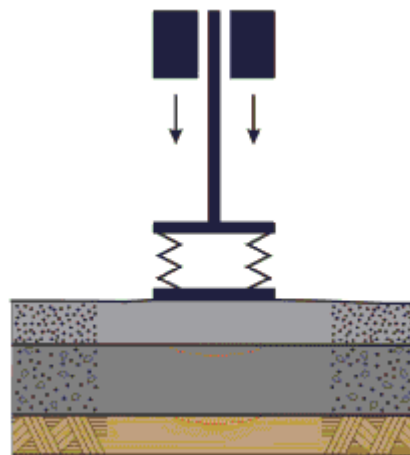
Híres mottó:

„Az egész több, mint a részek összege.”

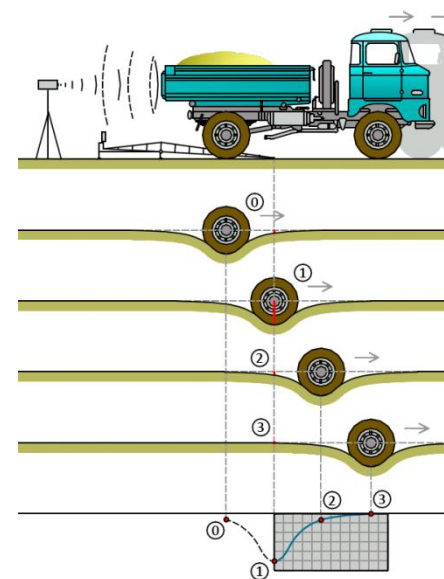
Teherbírásmérés (Objektív állapotadatok)



**Benkelman-tartó
(BB)**



**Falling Weight
Deflectometer
(FWD)**



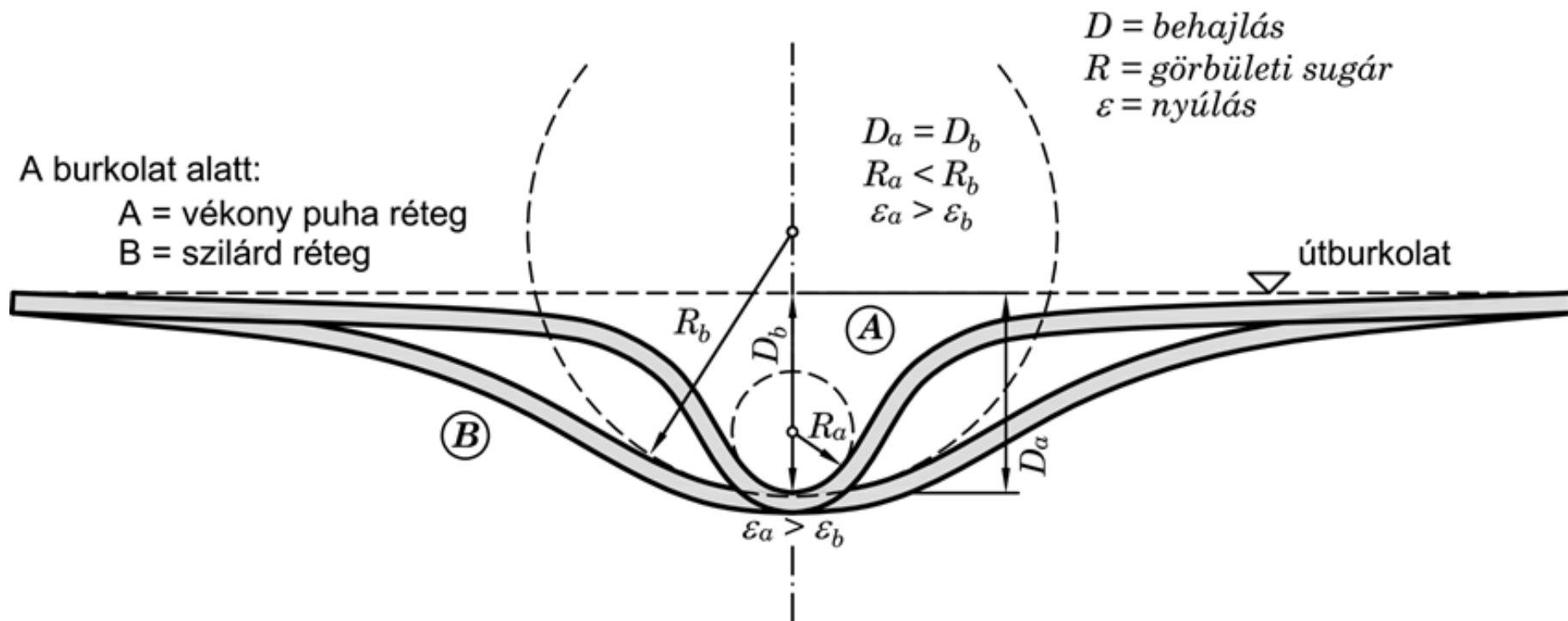
**Advanced Benkelman
Beam Apparatus
(ABBA)**

Benkelman-tartó (kézi behajlásmérés)



A méréskor a terhelt tehergépkocsi ikerabroncsai közé a maximális behajlás helyén egy a burkolatra támaszkodó vízszintes tengely körül forgó kar kerül elhelyezésre és a burkolat elmozdulását a kar másik végén mért elmozdulásból lehetséges meghatározni. A mérés alatt a terhelő tehergépkocsi álló helyzetben van, így a terhelés statikus jellegű.

A behajlás és a görbületi sugár kapcsolata



„A burkolat rongálódás szempontjából a húzófeszültség a veszélyesebb, amely maximuma ott lép fel, ahol az alakváltozási görbe görbületi sugara a legkisebb. A kialakult új szemlélet szerint a teherbíró-képesség vizsgálatok alatt a burkolatnak a kerékterhelés hatására fellépő minimális görbületi sugarát kell meghatározni.”

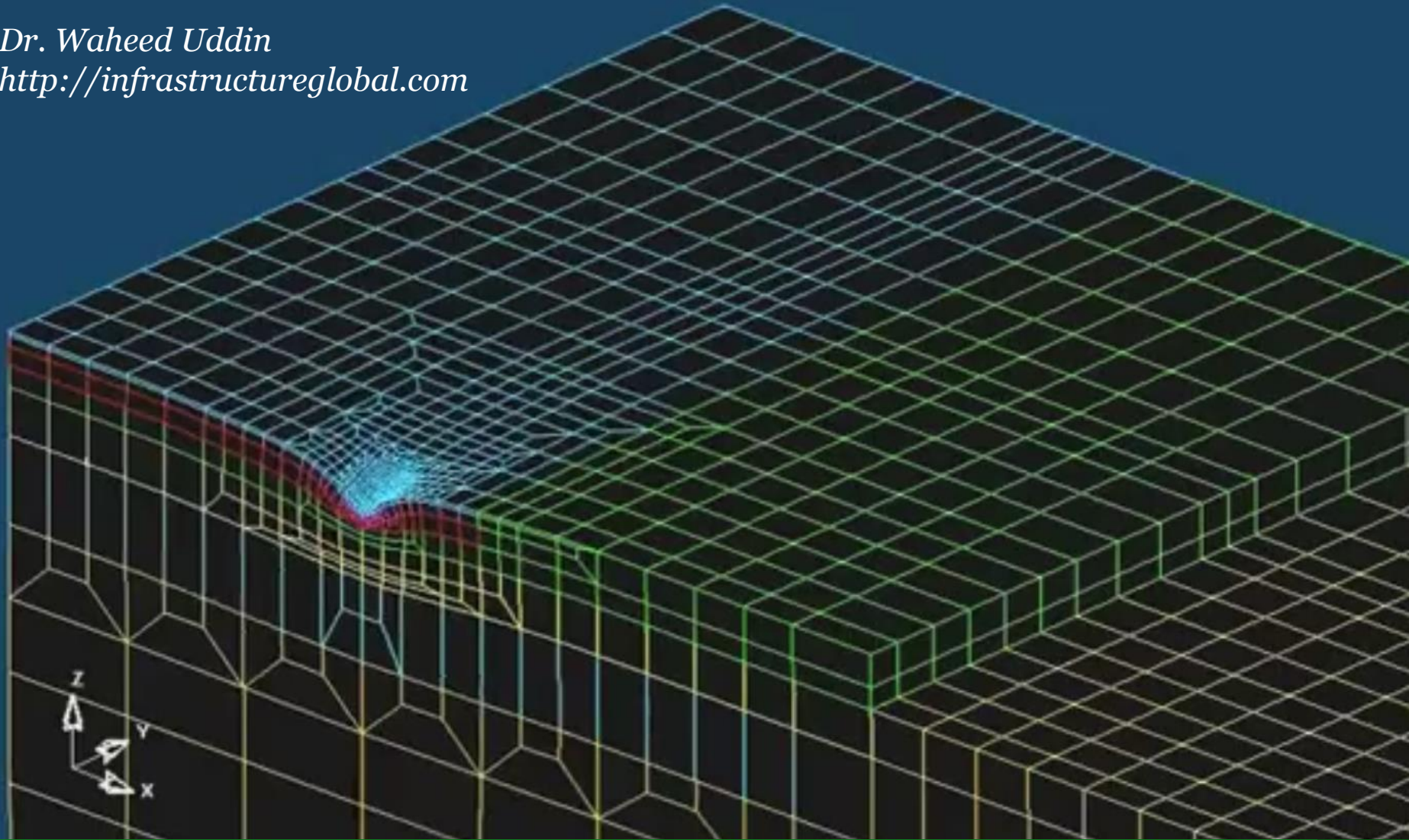
Impulzusalapú behajlásmérés - FWD



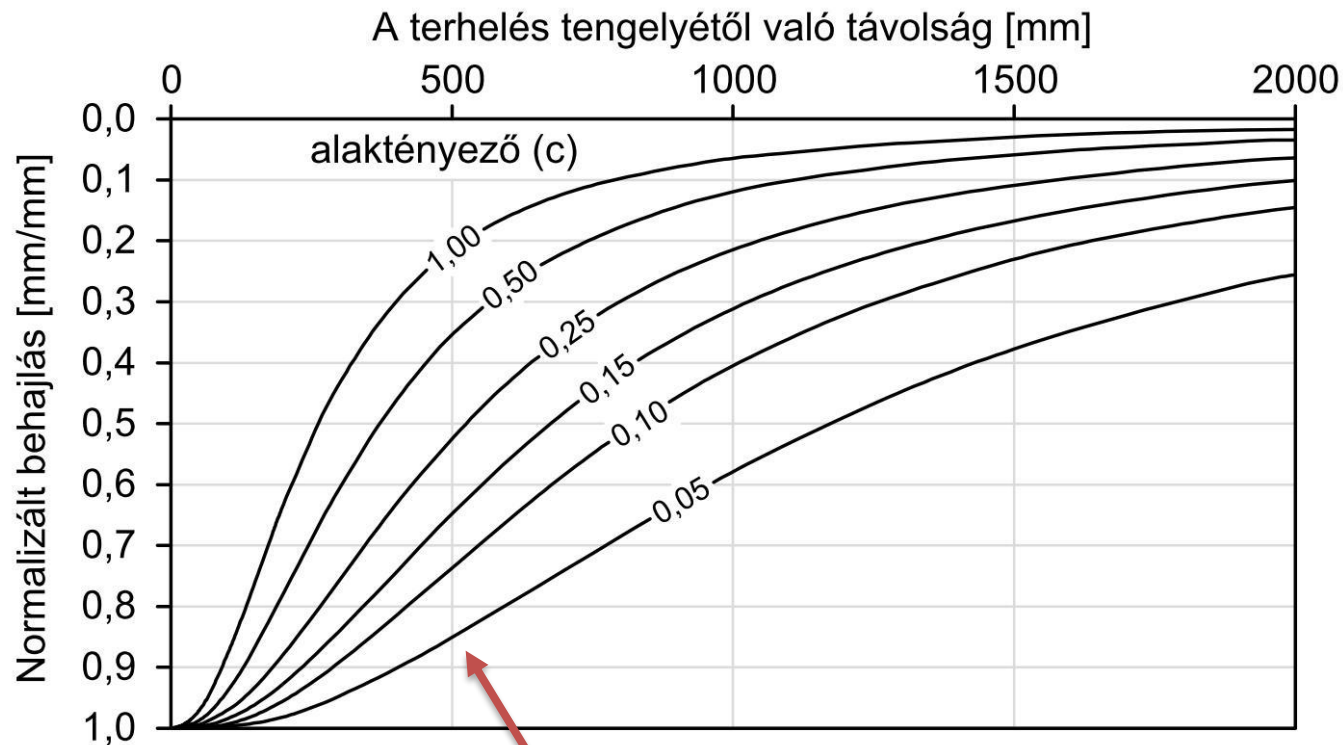
Az FWD mérés FEM modellje

Dr. Waheed Uddin

<http://infrastructureglobal.com>

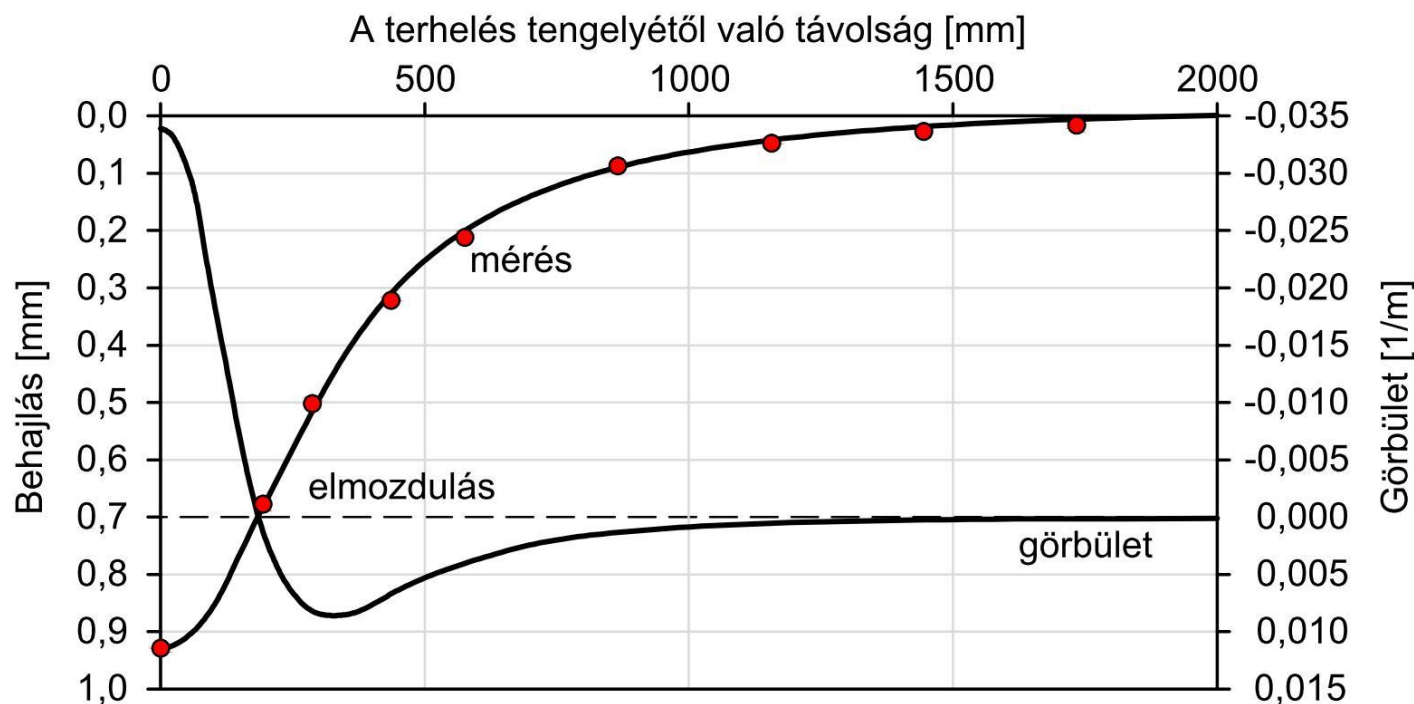


A deformációs vonal leírása és értékelése



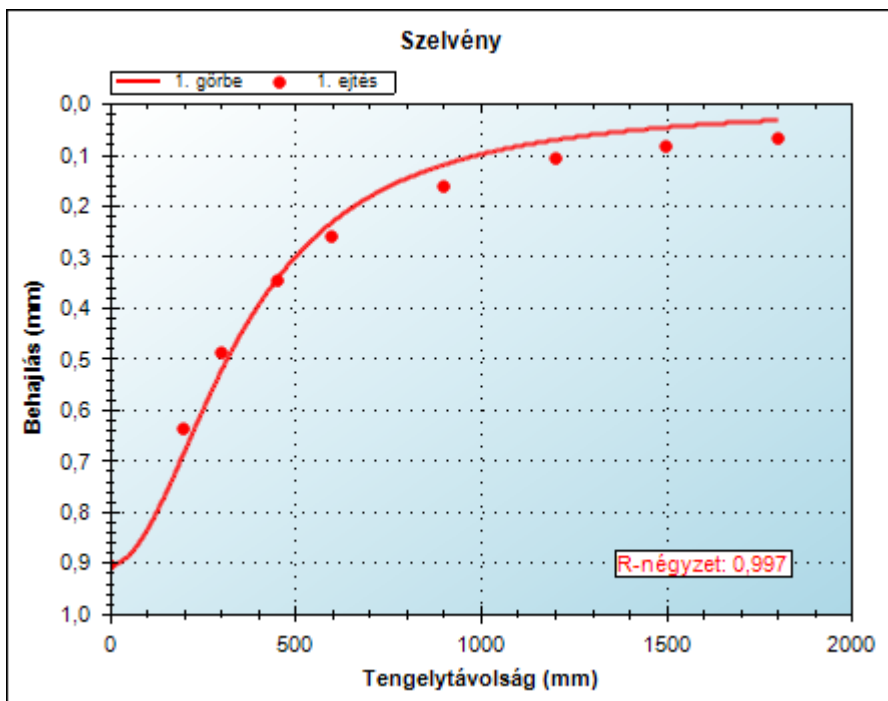
$$D(x) = \frac{D_0 + 4r^2}{c \cdot x^2 + 4r^2}$$

A deformációs vonal leírása és értékelése



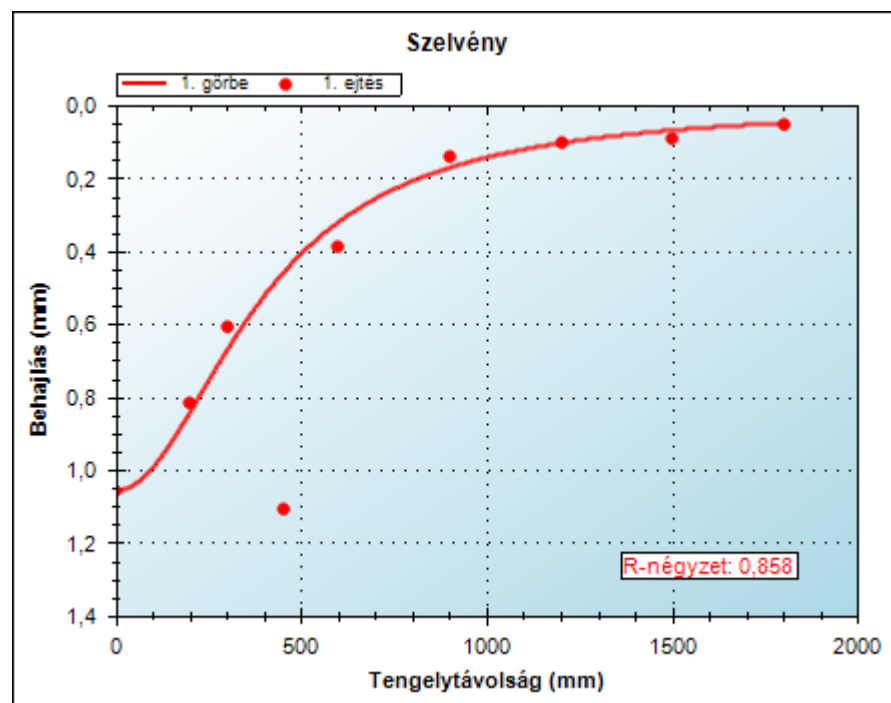
$$\kappa(x) = 8 \frac{D_0 r^2 c (3cx^2 - 4r^2)}{(cx^2 + 4r^2)^3}$$

A deformációs vonal leírása és értékelése



Illeszkedési hiba

Mérési hiba



A deformációs vonal leírása és értékelése

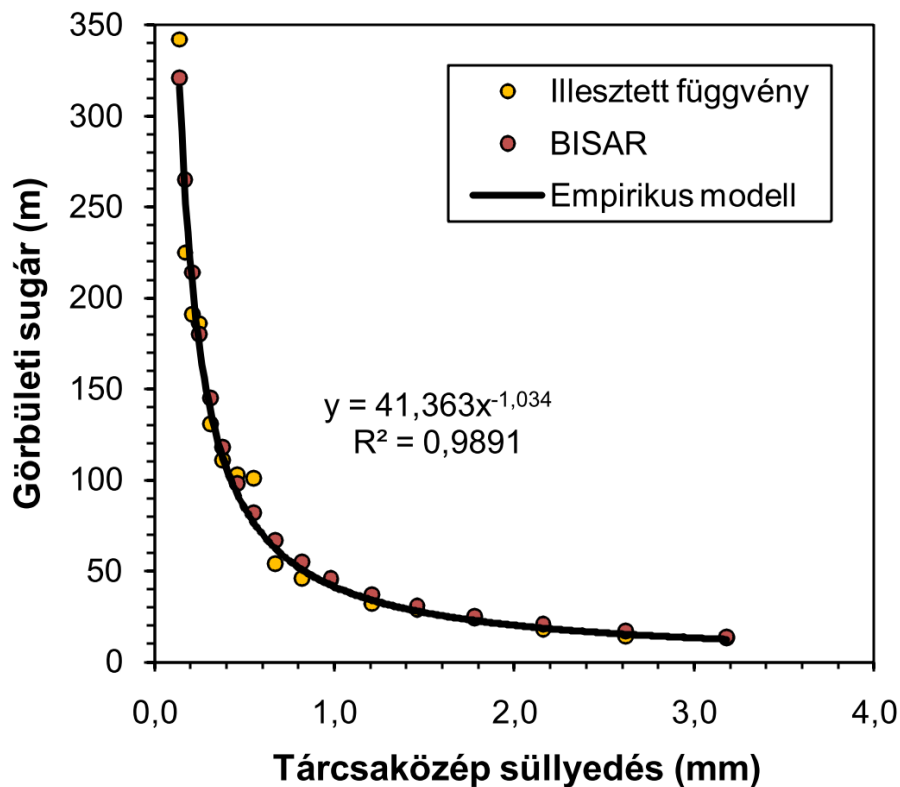
A terhelés tengelyében kialakuló görbületi sugár nagyságát a következő képen kapjuk meg:

$$R_0 = \frac{2r^2}{cD_0}$$

A deformációs vonalra illesztett függvényből levezetett görbületi sugár és a burkolatvastagság ismeretében a kötött rétegek alján jelentkező megnyúlásokat jól lehet becsülni az alábbi képlettel:

$$\varepsilon = \frac{h}{2R_0} = cD_0 \frac{h}{4r^2}$$

BISAR kalkuláció – Egyrétegű rendszer



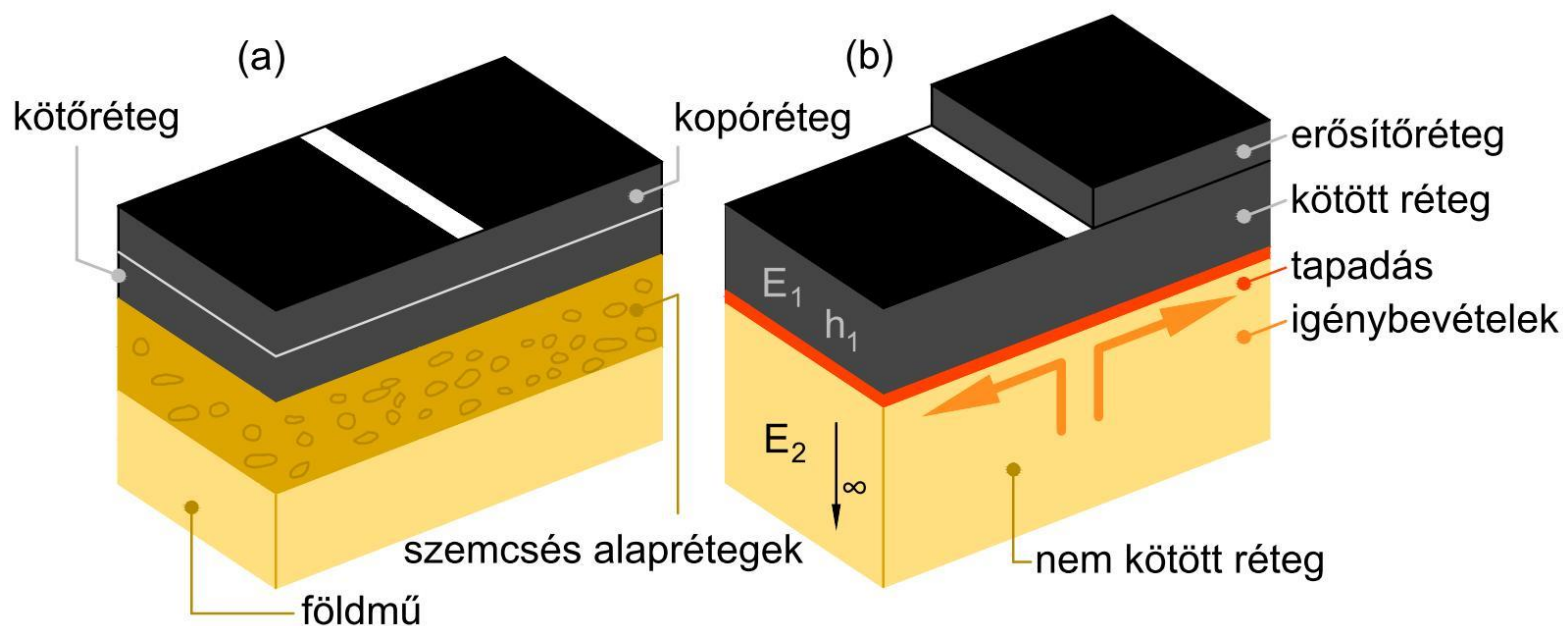
A BISAR programmal számított 15 db egyrétegű rendszer lehajlási vonalára illesztettük a függvényt és meghatároztuk a **c** alaktényező értékét, ami:

$$c = 0,95-1,15 \text{ között volt.}$$

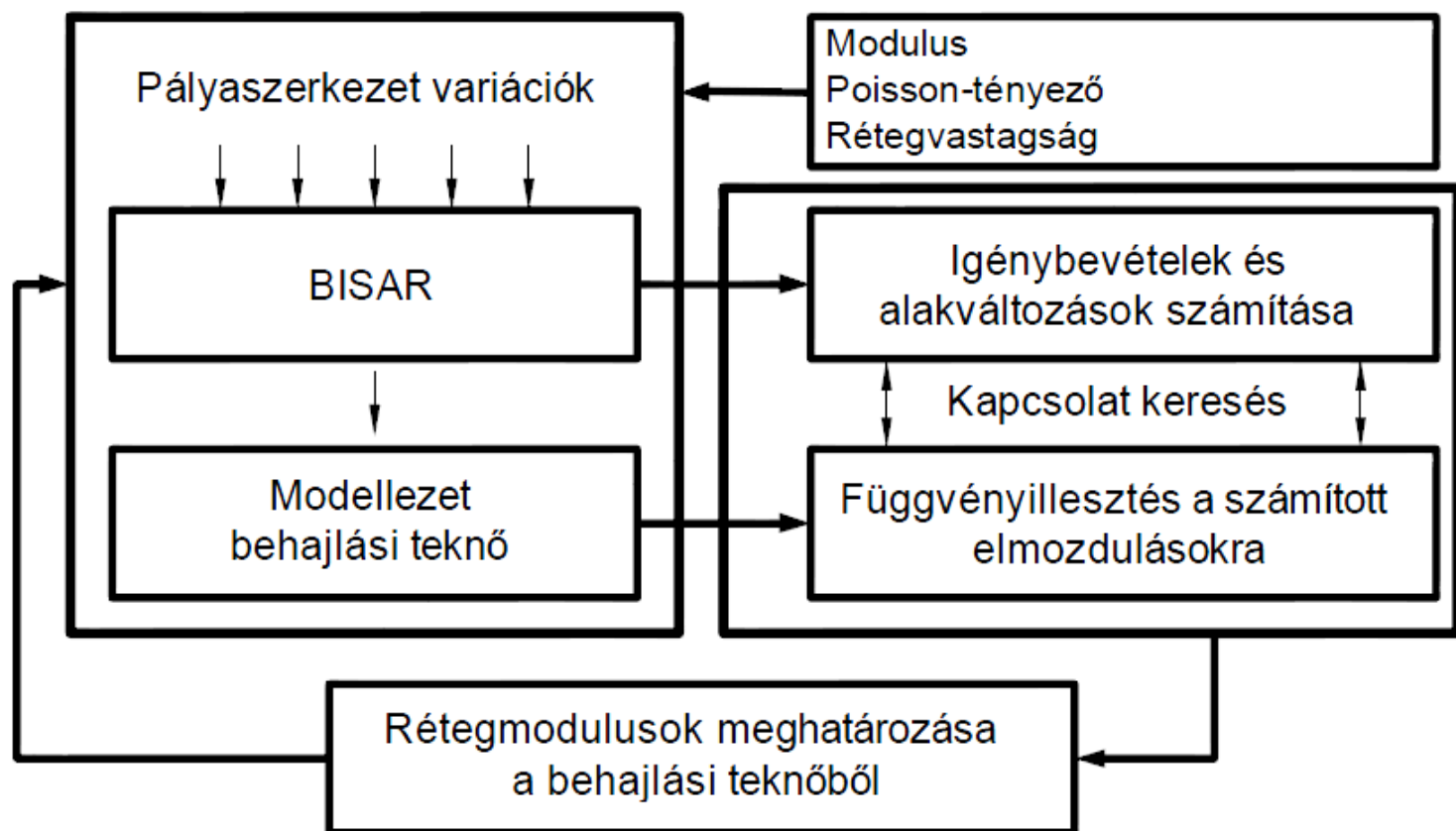
A féltér modulus változtatása még önmagában nem elegendő, hogy egy meglévő valóságos szerkezetet tudjuk modellezni!

$$R_0 = \frac{2r^2}{cD_0}$$

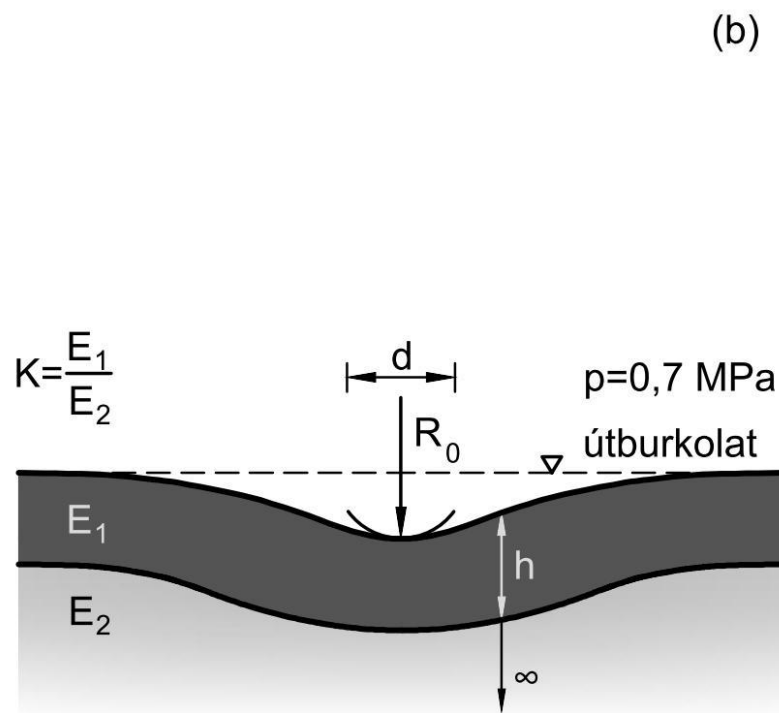
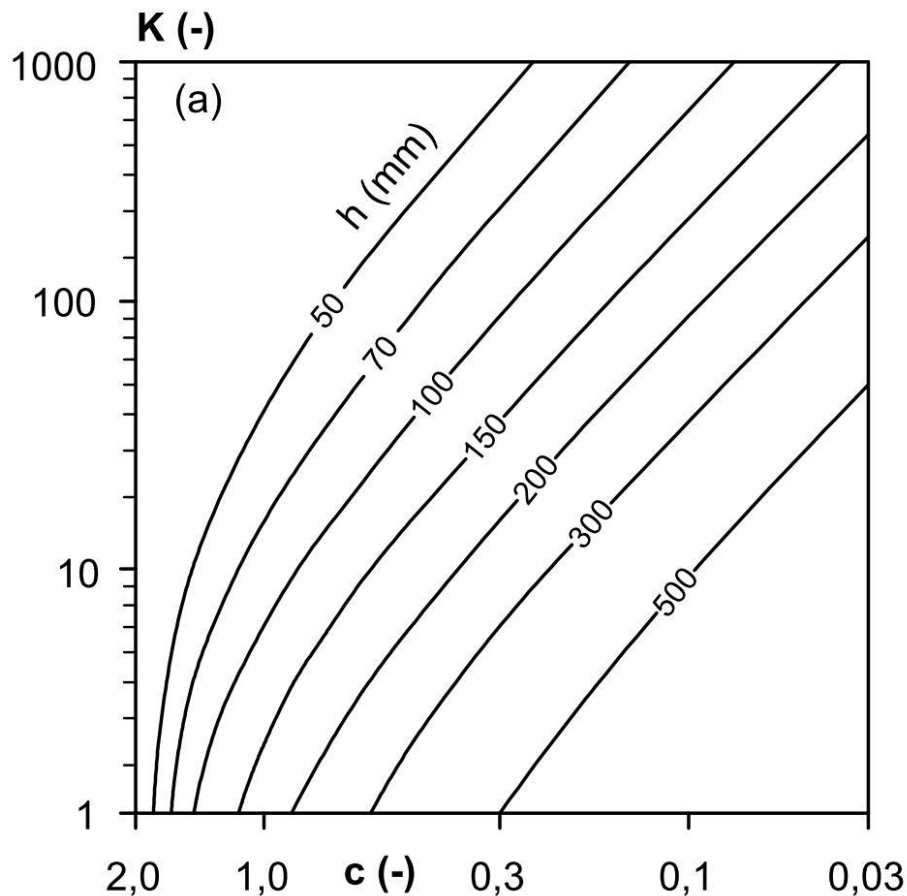
BISAR kalkuláció – Kétrétegű rendszer



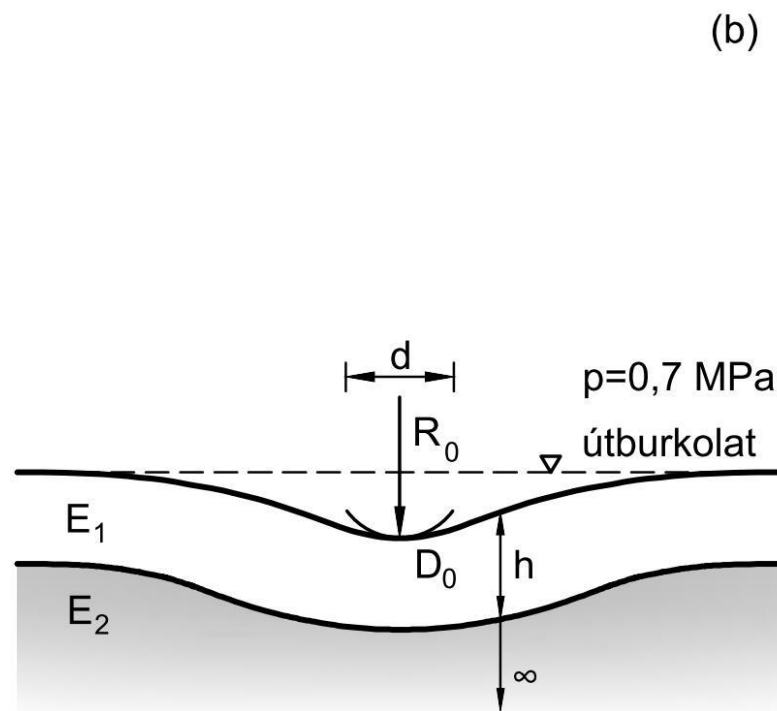
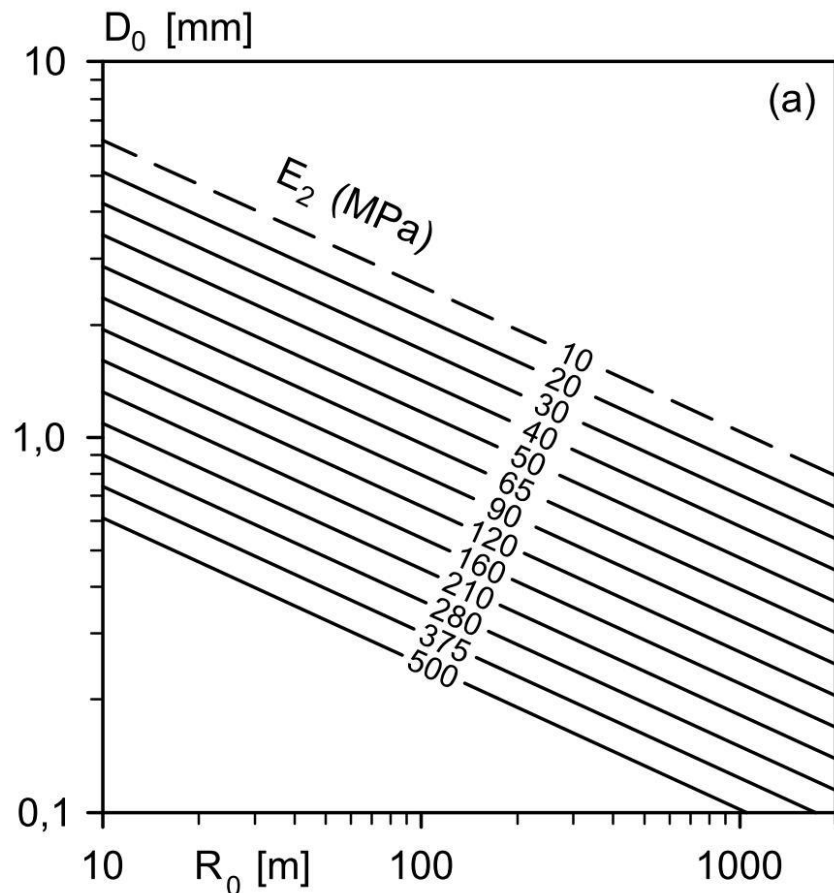
BISAR kalkuláció – Kétrétegű rendszer



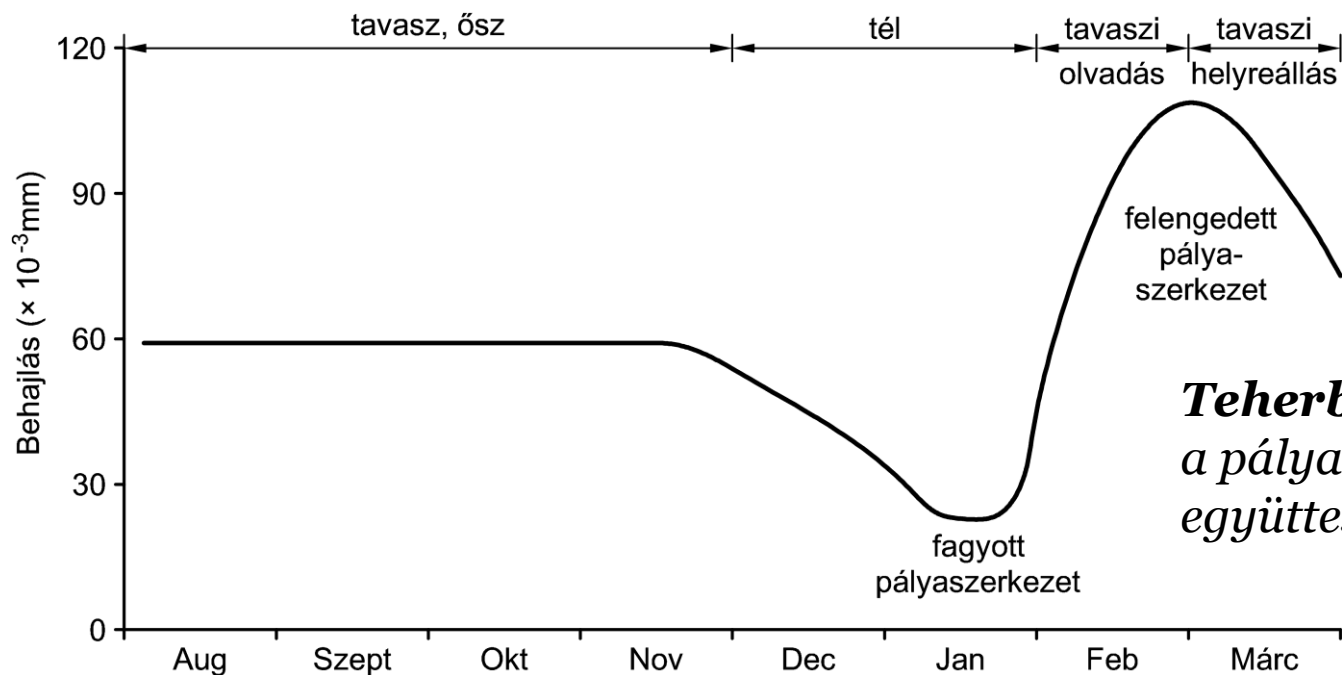
BISAR kalkuláció – K paraméter



BISAR kalkuláció – E_2 paraméter



Évszaki szorzó meghatározása?

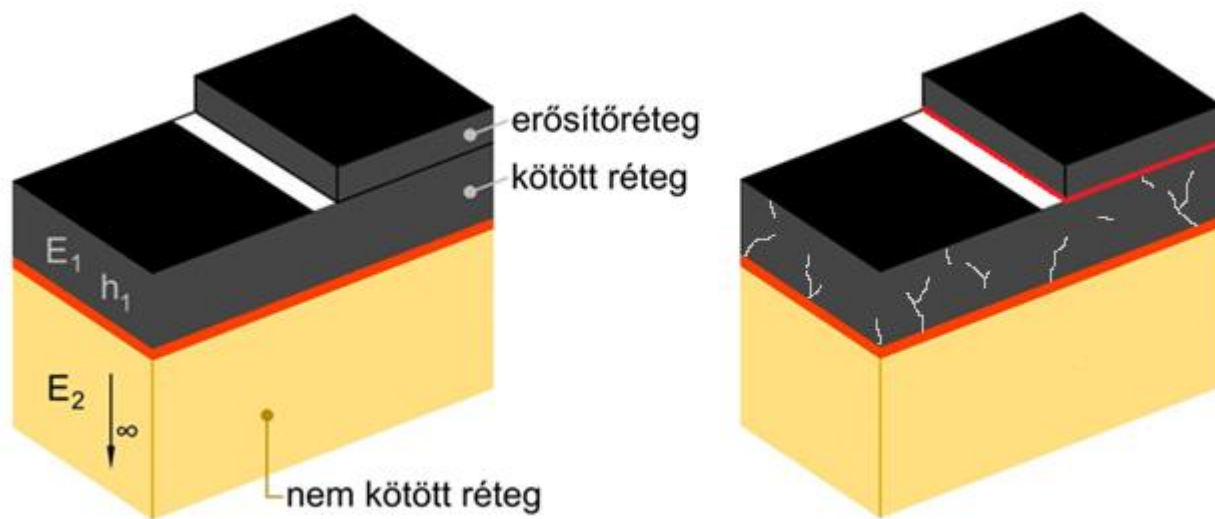


Teherbírás:
a pályaszerkezet és a földmű
együttes vizsgálata.

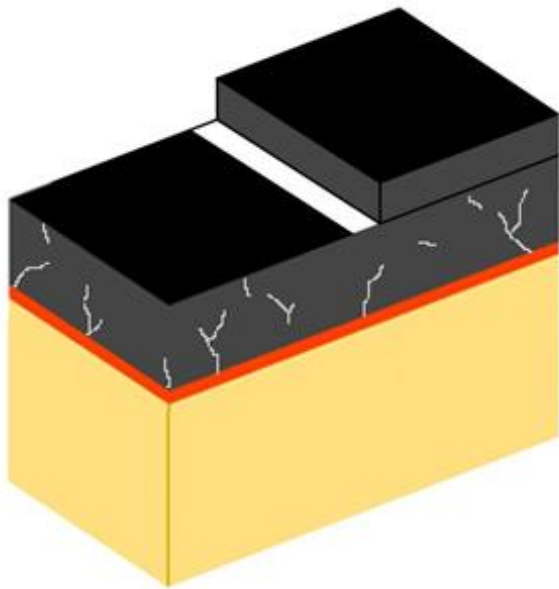
Talajcsoport	A behajlásmérés hónapja				
	április	május	június/július	augusztus/szeptember	október/november
I-II.	1,0	1,0	1,0		
III.			1,1		1,2
IV-V.		1,1	1,3 (1,4)	1,5 (1,6)	1,5 (1,6)
VI-IX.	1,1	1,0	1,1 (1,2)	1,2 (1,4)	1,3 (1,5)

BISAR kalkuláció – Erősítőréteg számítás

Jelenleg a hazai gyakorlatban a kritikus megnyúlást az erősítőréteg alján közvetlenül határozzák meg. Ennek egyik magyarázata, hogy a régi aszfaltréteg idővel átreped, és így nem lehet hosszabb távon a teherviselő képességével számolni.



BISAR kalkuláció – Erősítőréteg számítás



Az erősítőréteg tervezéséhez elegendő ismerni a régi útpályaszerkezet - szabványos terhelés alatt mért - görbületi sugarát, így elvileg csak a deformációs vonal ismerete alapján is elvégezhető a számítás.

$$\varepsilon_b = 122463 \cdot R_0^{-0,522} \cdot \Delta h^{-0,533} \cdot E_{aszfalt}^{-0,1888}$$

Összefoglalás

1. A meglévő útpályaszerkezetek nem minden esetben modellezhetőek homogén féltérrel.
2. A lehajlási vonal és a kötött réteg vastagságának ismeretében további iterációs eljárás (backcalculation) nélkül meghatározható a vizsgált pályaszerkezet rétegeinek modulusa.
3. A megfelelően felparaméterezett kétrétegű pályaszerkezet-modell lehet az alapja az erősítőréteg tervezésének.
4. A görbületi sugár ismeretében számítható a kötött réteg aljának megnyúlása, a megnyúlás ismeretében pedig a jelenlegi pályaszerkezet hátralévő élettartama.
5. Az erősítőréteg megépítése után a meglévő aszfaltréteg alján keletkező megnyúlások becsülhetőek, ha ismert az erősítés előtti pályaszerkezet görbületi sugara.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!



**Geomatikai, Erdőfeltárási és
Vízgazdálkodási Intézet**



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Út és Vasútépítési Tanszék**



NymE-ERFARET Nonprofit Kft.



H-TPA Innovációs és Minőségvizsgáló Kft.