

Az új aszfaltervezés megértéséhez fontos
kísérleti eredmények fizikai jelentése

Gajári György

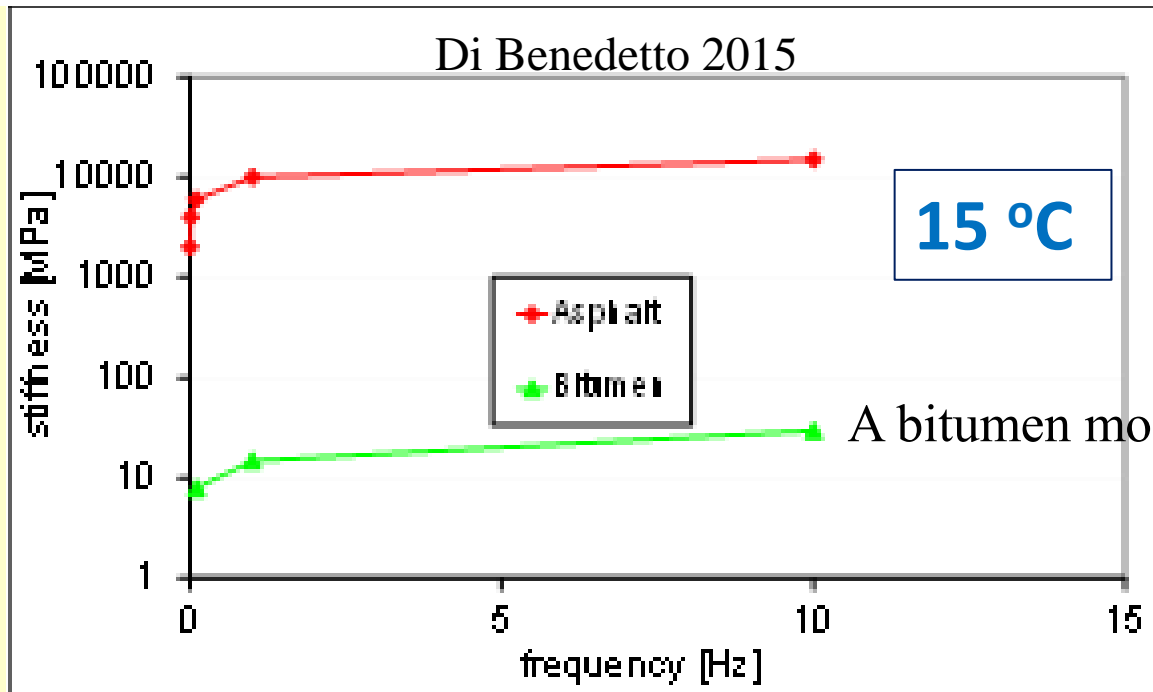
Tartalom

- 1. A NIEMUNIS modell kísérleti igazolásának jelentősége: a konzisztens fizikai alapok**
- 2. Az igazolt modellből következő 3 db tervezési alapelv**
- 3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése**
 - 3.1 A TERZAGHI féle hatékony feszültségek befolyása a merevségre**
 - 3.2 A nagy beépítési tömörség befolyása a viszkoplasztikus deformációkra**
 - 3.3 Lágy, normál bitumen alkalmazásának befolyása a fáradásra és hidegviselkedésre**
- 4. A tervezési alapok összehasonlítása**

1. A NIEMUNIS modell kísérleti igazolásának jelentősége: konzisztens fizikai alapok

Az aszfalt egy kompozit építőanyag

A kompozit tulajdonságai különböznek a komponensekétől

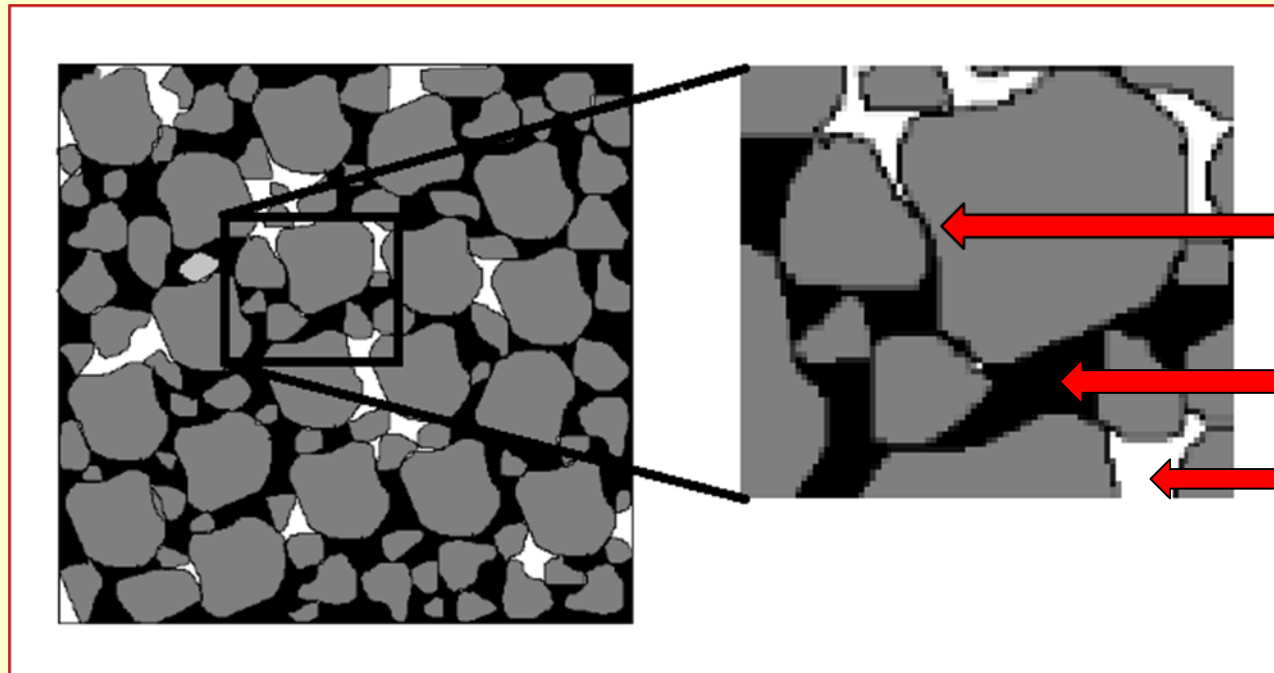


A bitumen modulusa elhanyagolható

A bitumen és a kőváz merevsége nagyságrendekkel kisebb az aszfalténál, ezért fontos a kompozit anyag modellezése és megértése

1. A NIEMUNIS modell kísérleti igazolásának jelentősége: konzisztens fizikai alapok

A mechanikai modell kiválasztása

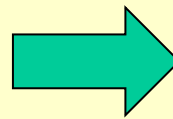


Viszkoplasztikus szemcsekontaktus

Kötőanyaggal telített hézag

Szabad hézag

Viszkoplasztikus szemcsekontaktusokkal rendelkező kőváz

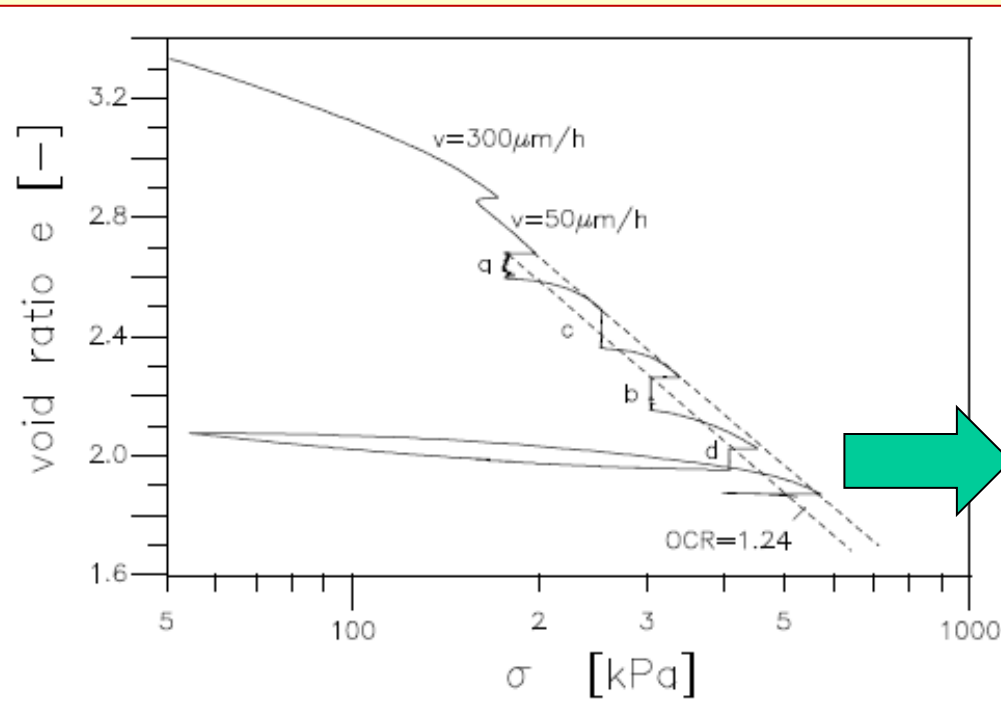


A NIEMUNIS féle viszkohipoplasztikus modell

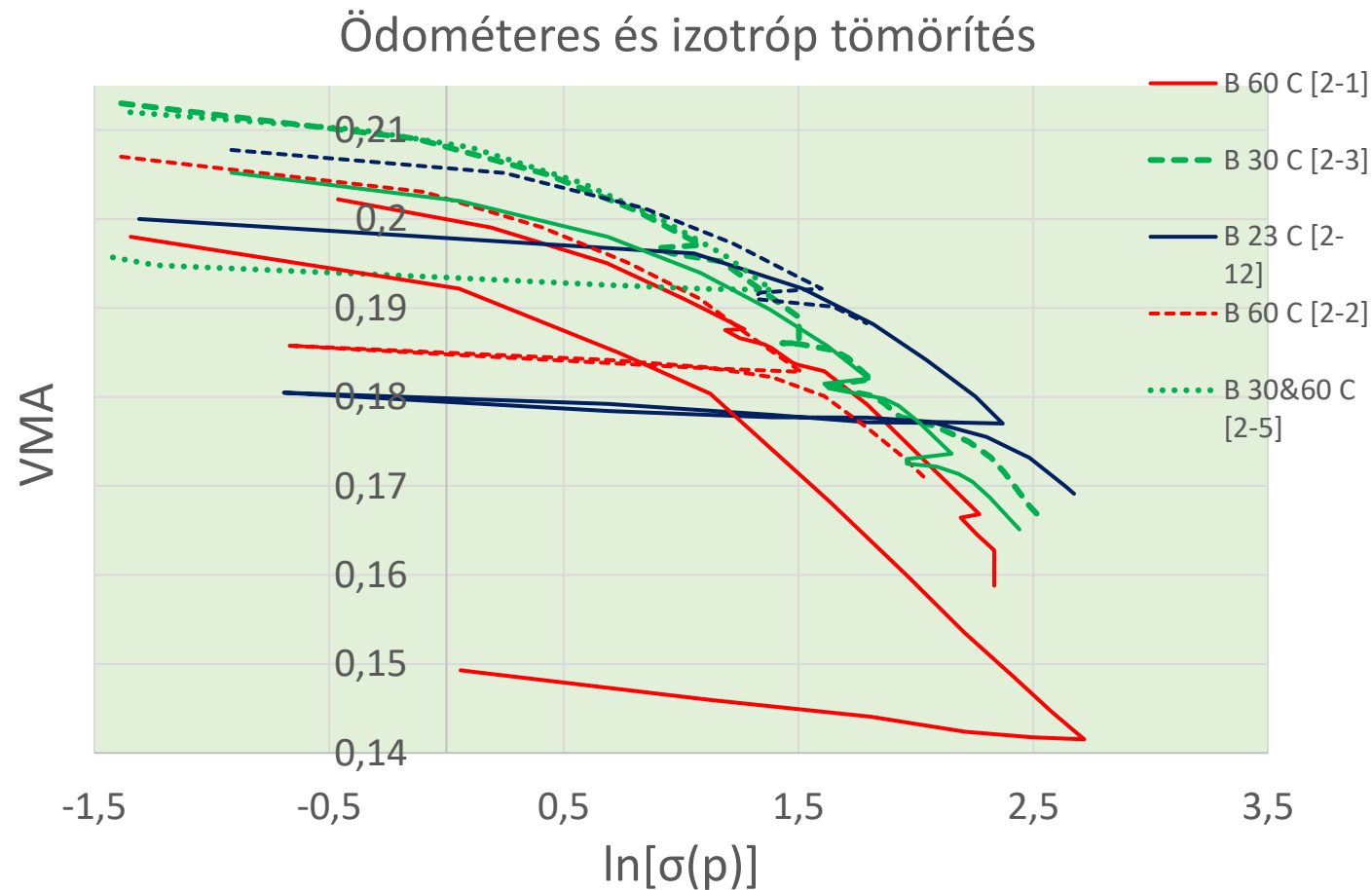
1. A NIEMUNIS modell kísérleti igazolásának jelentősége: konzisztens fizikai alapok

Sikeres kísérleti igazolás aszfaltra: AC 11 (B 50/70)

A Freibergi Műegyetem triaxiális berendezése (2019-2021)



NIEMUNIS, KRIEG (1995)
szerves iszap ödométeres tömörítése



1. A NIEMUNIS modell kísérleti igazolásának jelentősége: konzisztens fizikai alapok

A logikai felépítés

1. A kiindulási alap: a meglévő, igazolt NIEMUNIS modell
2. A modell igazolása aszfaltra
3. Az új aszfaltervezés az igazolt modell alapján

2. A NIEMUNIS modellből következő 3 db tervezési alapelv

1

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}^{vis})$$

A modulus arányos a hatékony nyomással, a bitumenben keletkező pórusnyomás megakadályozása az optimális bitumentartalommal

2

$$\dot{\varepsilon}^{vis} = \dot{\gamma} \left(\frac{\sigma}{\sigma_e} \right)^{1/I_v}$$

A viszkoplasztikus deformációk csökkentése az ekvivalens konszolidációs nyomás, vagyis a tömörség növelésével, a rugalmas tartományban maradással

3

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}^{vis})$$

A nagy modulusú aszfaltokban kialakuló húzófeszültségek csökkentése lágy bitumenek alkalmazásával, kedvező hidegviselkedés és fáradás elérése

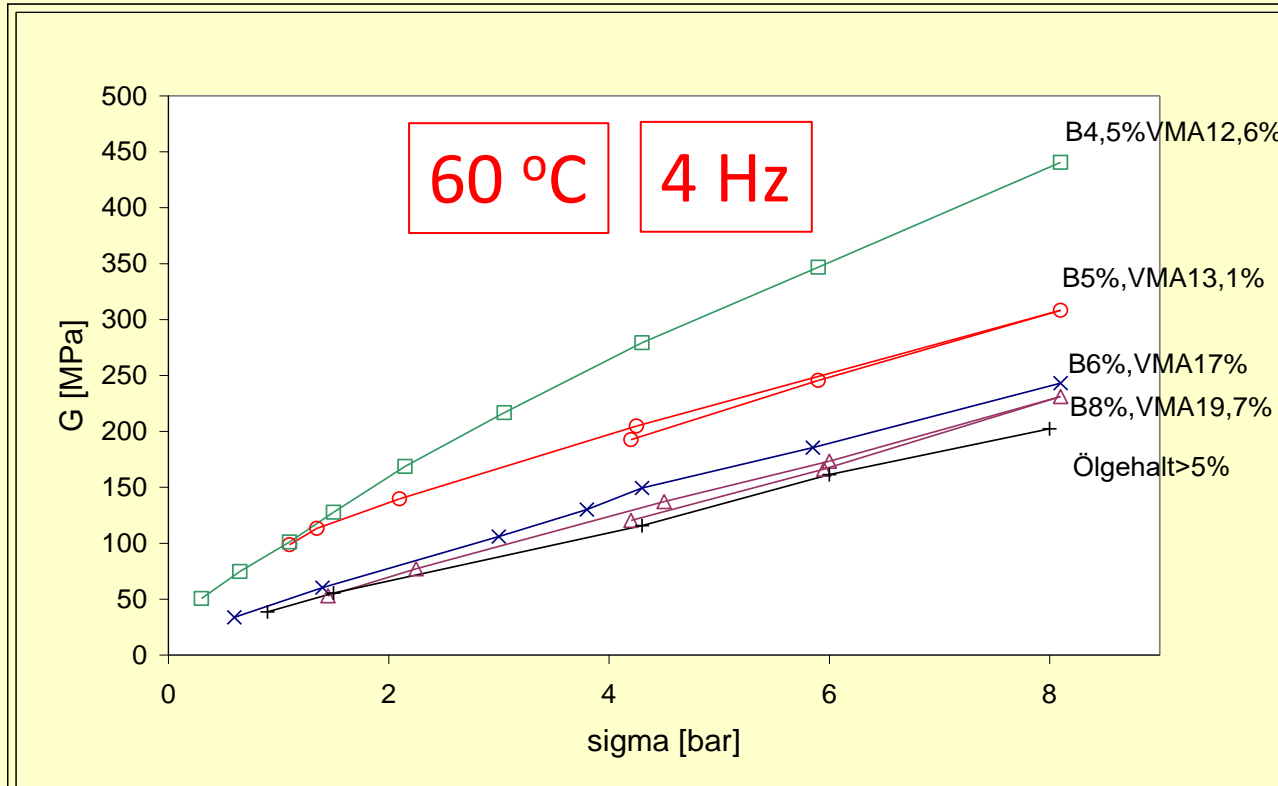
3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

1

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

A modulus arányos a hatékony nyomással, a bitumenben keletkező pórusnyomás megakadályozása az optimális bitumentartalommal

A modulus barotróp, azaz nyomásfüggő



Ha nincs nyomás, akkor a modulus a zérushoz közelít !!!

3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

1

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

A modulus arányos a hatékony nyomással, a bitumenben keletkező pórusnyomás megakadályozása az optimális bitumentartalommal

A szemcsehalmaz modulusa HERTZ (1881) szerint nyomásfüggő

$$E_s = const. E^* \left(\frac{p}{E^*} \right)^{1/3}$$

$$E^* = E^*(E, \nu)$$

ahol: E, ν a gömb anyagának rugalmas állandói és p a nyomás

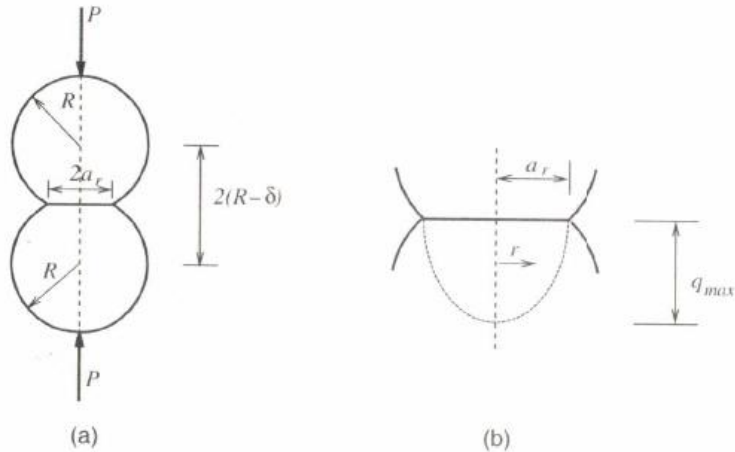
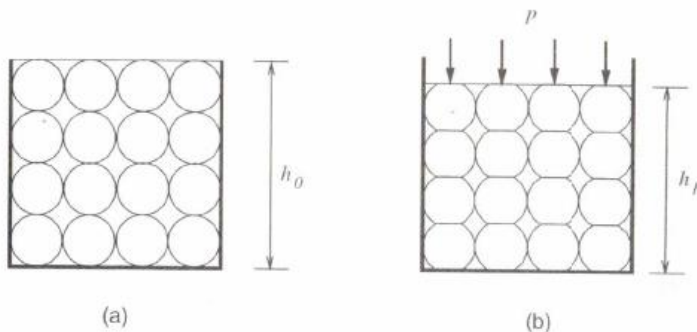


Bild 2.5: Stauchung zweier Kugeln (a) und Verteilung des Kontaktdrucks (b) nach HERTZ.



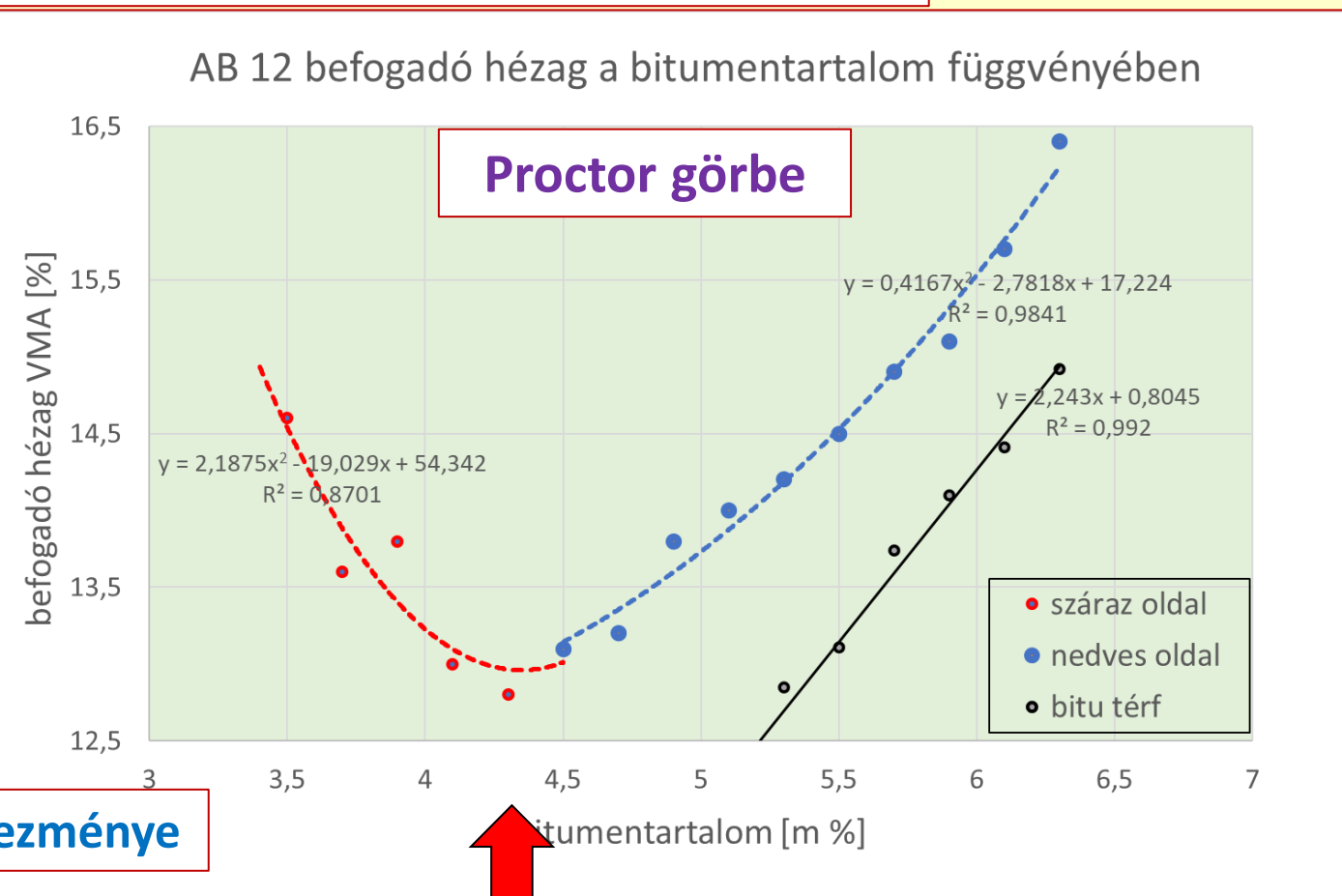
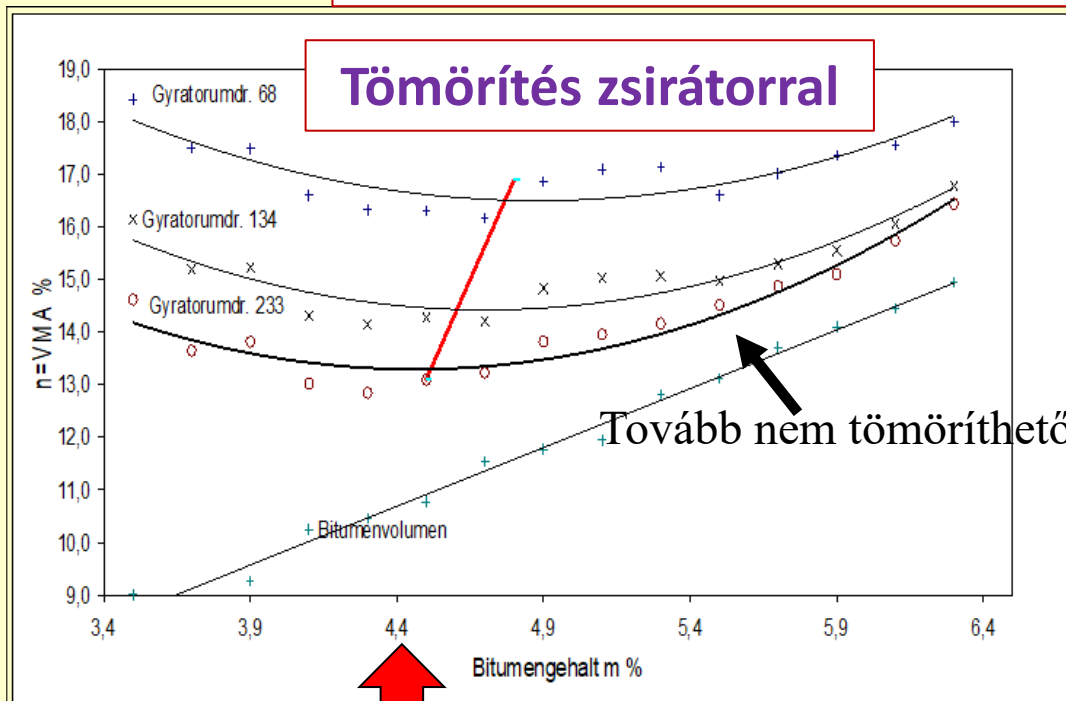
3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

1

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

A modulus arányos a hatékony nyomással, a bitumenben keletkező pórusnyomás megakadályozása az optimális bitumentartalommal

Az „optimális bitumentartalom” kísérleti meghatározása zsirátorral



A kőváz és a bitumen kölcsönhatásának következménye

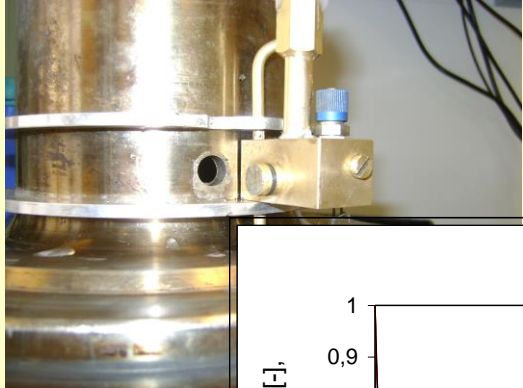
3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

1

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

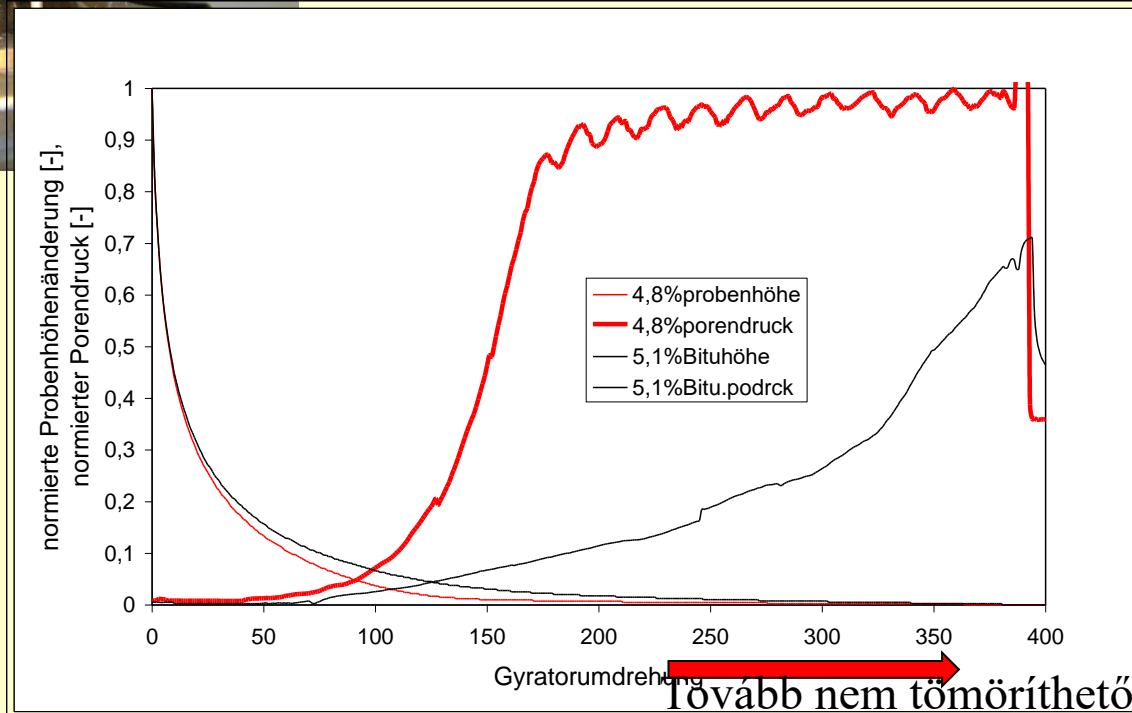
A modulus arányos a hatékony nyomással, a bitumenben keletkező pórusnyomás megakadályozása az optimális bitumentartalommal

Pórusnyomás mérés a zsirátor kehelyben

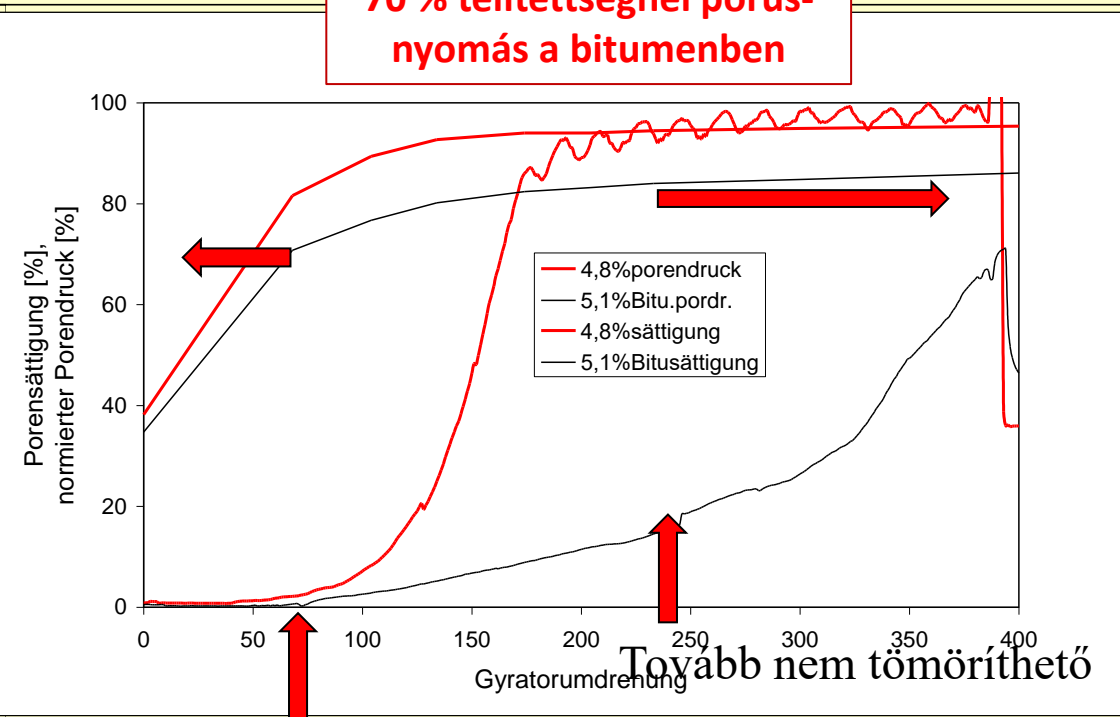


A „nedves” oldalon pórusnyomás van

70 % telítettségél pórusnyomás a bitumenben



Tovább nem tömöríthető



Kezdődő pórusnyomás

Tovább nem tömöríthető

3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

1

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}^{vis})$$

A modulus arányos a hatékony nyomással, a bitumenben keletkező pórusnyomás megakadályozása az optimális bitumentartalommal

A TERZAGHI féle összefüggés

A kőváz és a bitumen kölcsönhatásának következménye

$$\sigma' = \sigma - u$$

σ' : hatékony feszültség a kővázban

u : pórusnyomás a folyadékban

σ : teljes feszültség

} „parciális” feszültségek

Az anyagmodellek csak a hatékony feszültségekre érvényesek

3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

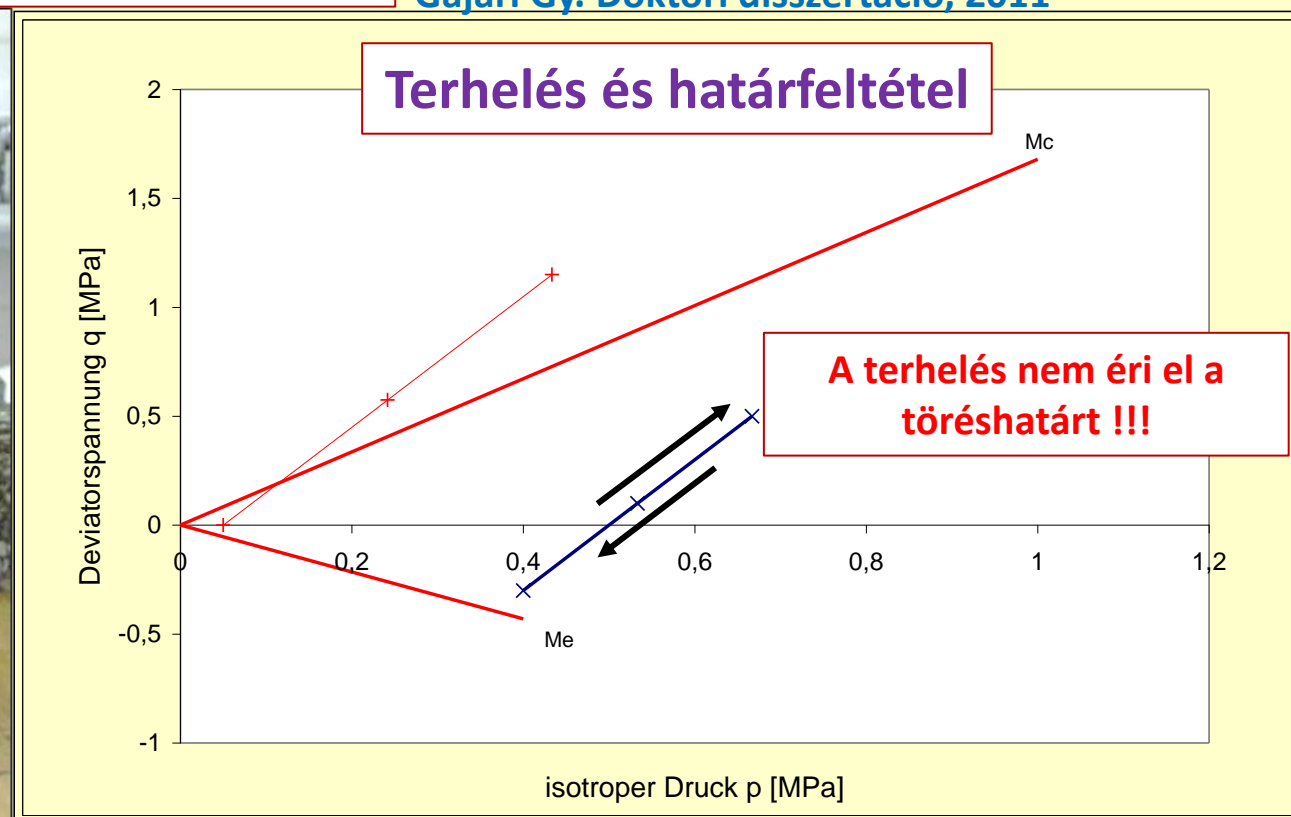
1

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

A modulus arányos a hatékony nyomással, a bitumenben keletkező pórusnyomás megakadályozása az optimális bitumentartalommal

Ciklikus terhelés triaxiális cellában

TU Dresden, Útépítési tansz. triaxiális berendezése
Gajári Gy. Doktori disszertáció, 2011



Optimális bitumentartalom felett, **ciklikus triaxiális tömörítésnél** csökken a hatékony feszültség és a merevség (**EU szabvány**)

3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

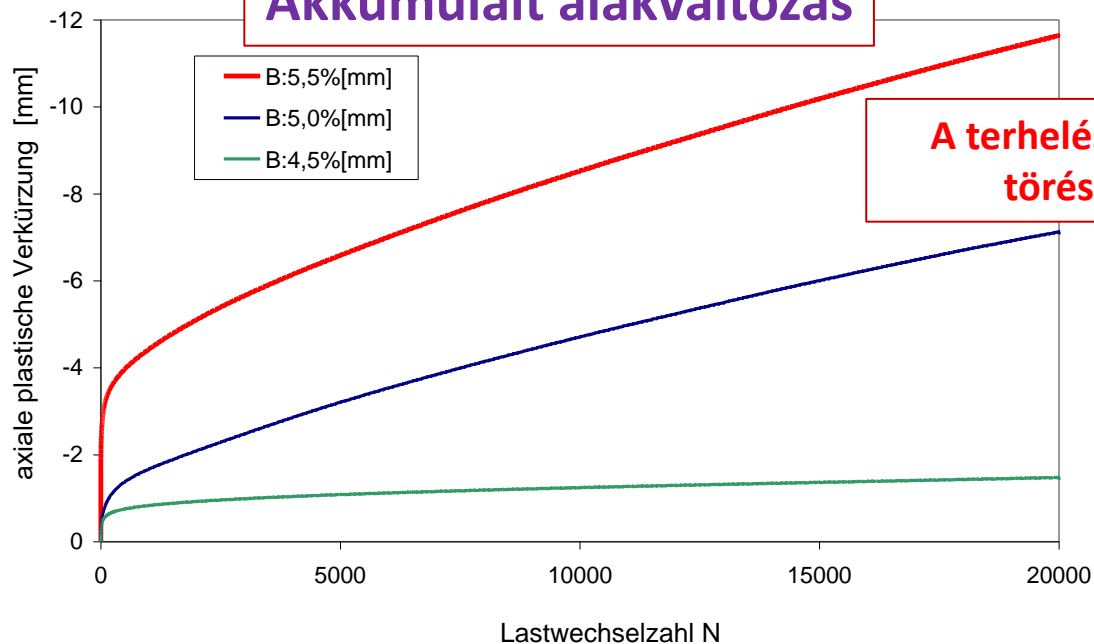
1

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}^{vis})$$

A modulus arányos a hatékony nyomással, a bitumenben keletkező pórusnyomás megakadályozása az optimális bitumentartalommal

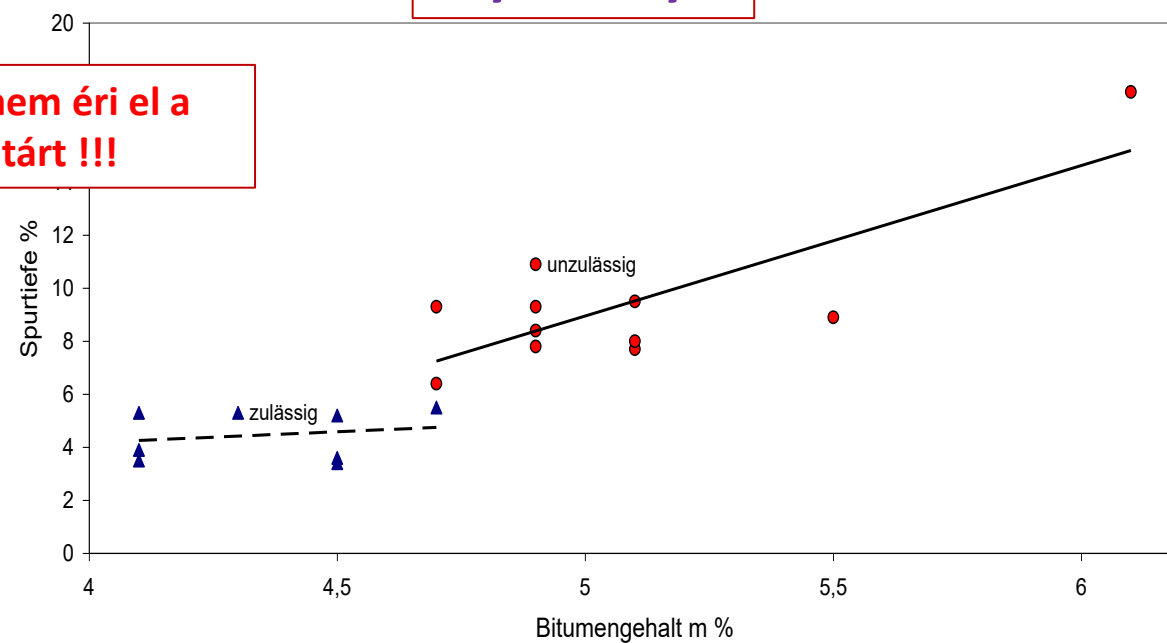
A ciklikus mobilitás (CASAGRANDE) triaxiális cellában

Akkumulált alakváltozás



A terhelés nem éri el a töréshatárt !!!

Nyomvályú



A ciklikus mobilitás korrelál a nyomvályú kialakulásával

3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

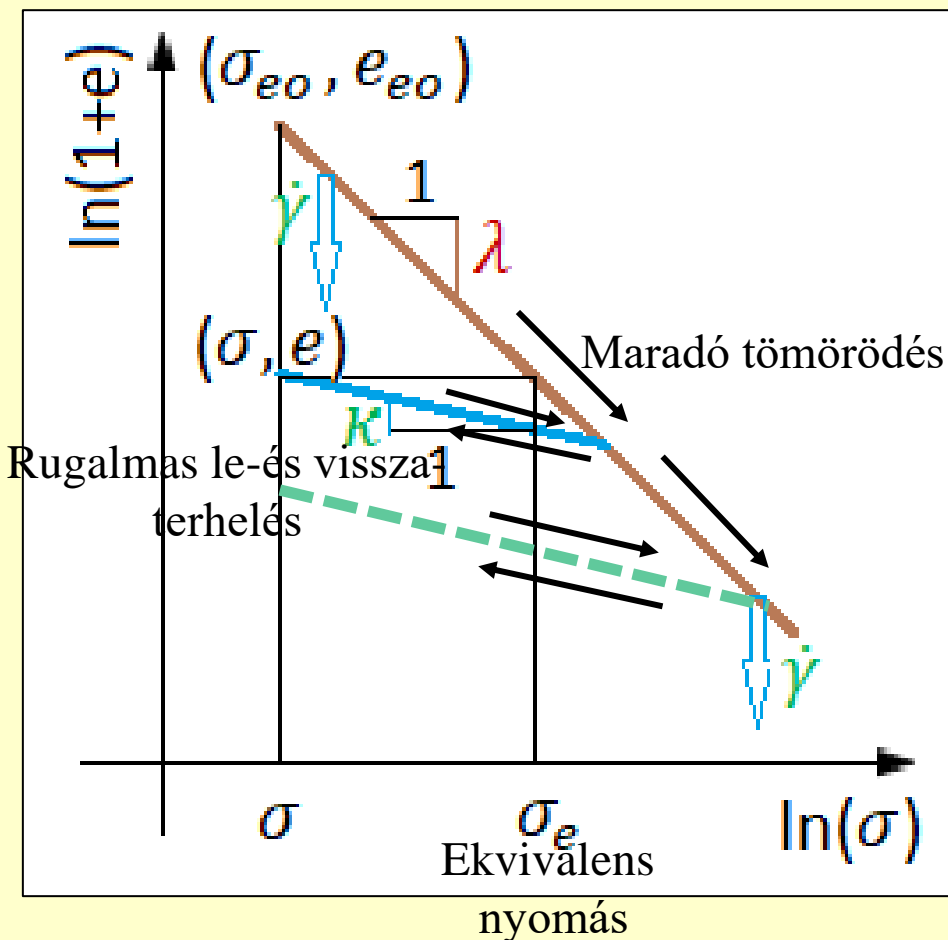
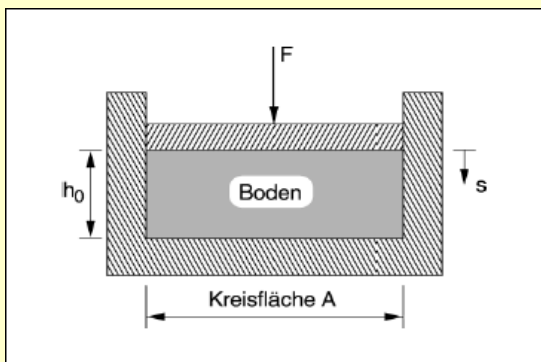
2

$$\dot{\varepsilon}^{vis} = \dot{\gamma} \left(\frac{\sigma}{\sigma_e} \right)^{1/I_v}$$

A viszkoplasztikus deformációk csökkentése az ekvivalens konszolidációs nyomás, vagyis a tömörség növelésével

Az ekvivalens nyomás és a tömörség kapcsolata

Ödométeres tömörítés



A maradó tömörséggel nő a „rugalmas” tartomány !!!

$$\sigma < \sigma_e$$

$$\sigma_e \equiv \sigma_e(e)$$

e: hézagtényező

$$e = VMA / (1 - VMA)$$

3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

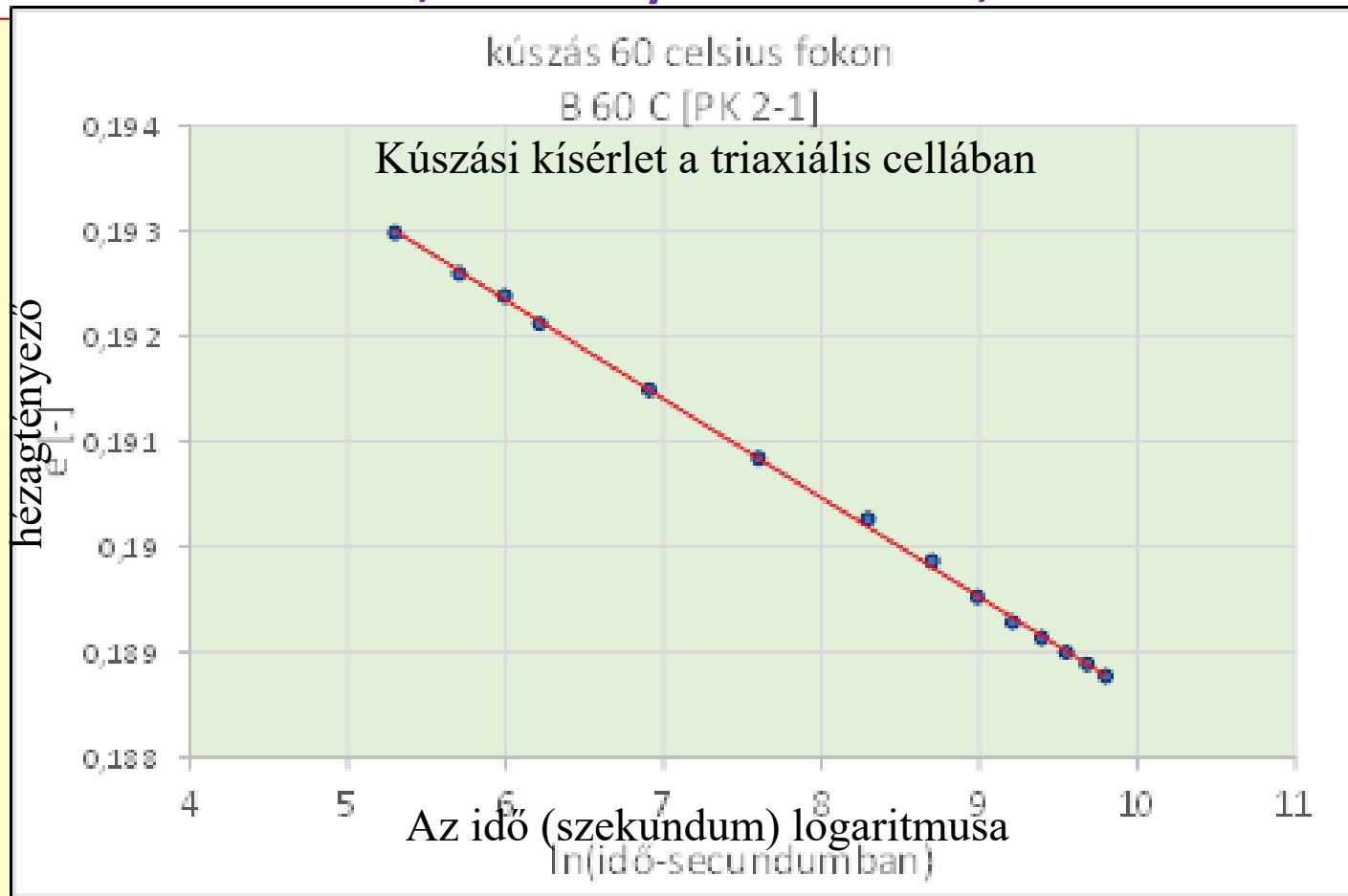
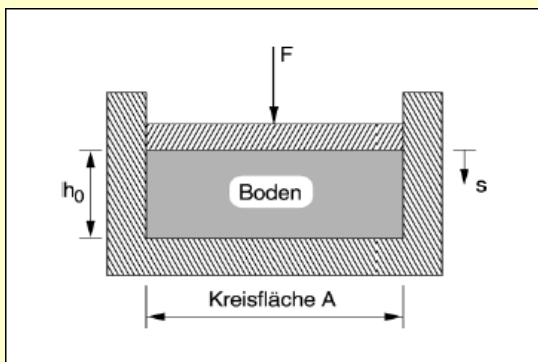
2

$$\dot{\epsilon}^{vis} = \dot{\gamma} \left(\frac{\sigma}{\sigma_e} \right)^{1/I_v}$$

A viszkoplasztikus deformációk csökkentése az ekvivalens konszolidációs nyomás, vagyis a tömörség növelésével

A kúzás sebessége csökken az idővel, mert a nyomás állandó, az ekvivalens nyomás pedig nő

Ödométeres tömörítés

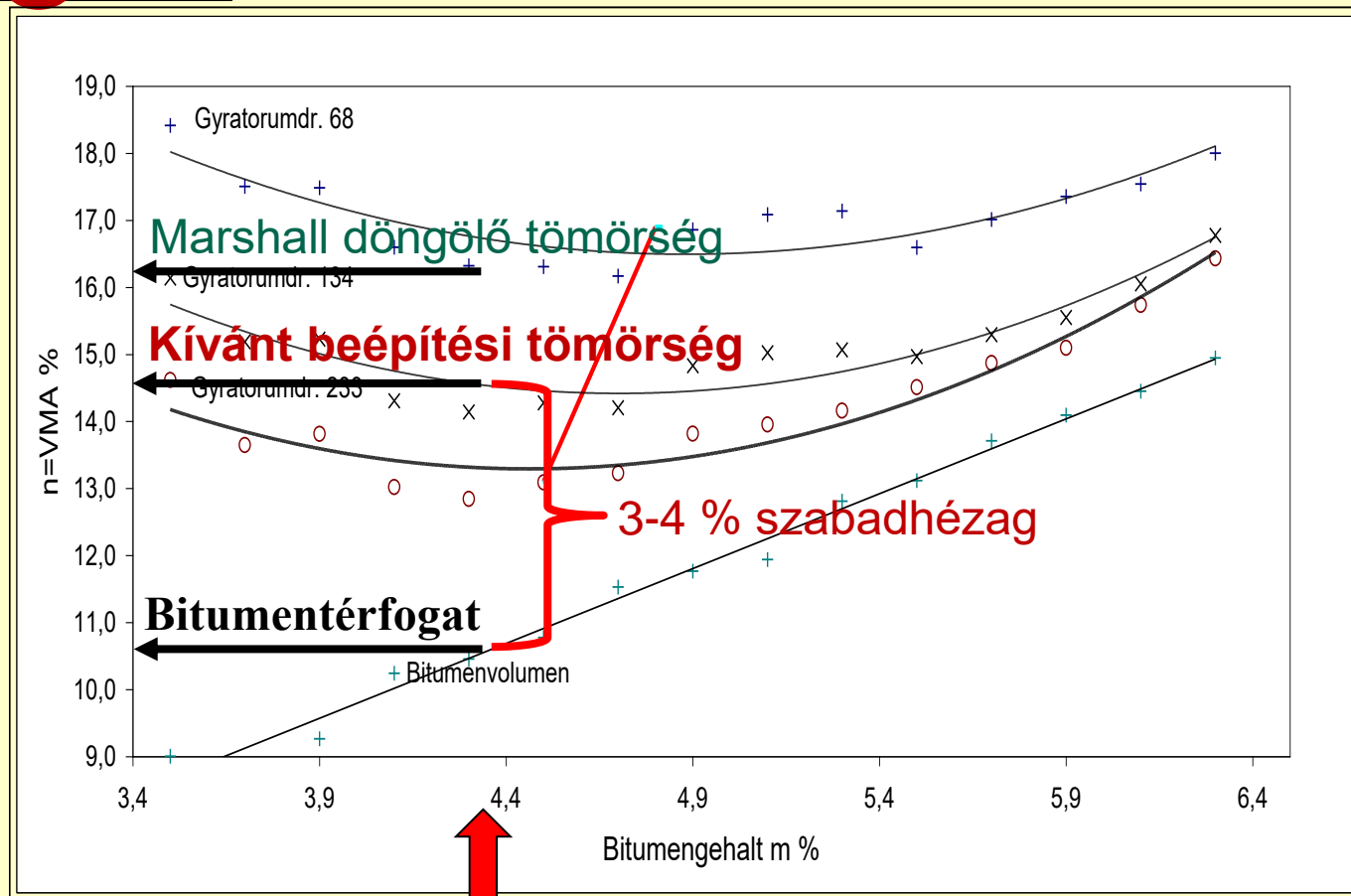


3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

2

$$\dot{\epsilon}^{vis} = \dot{\gamma} \left(\frac{\sigma}{\sigma_e} \right)^{1/I_v}$$

A viszkoplasztikus deformációk csökkentése az ekvivalens konszolidációs nyomás, vagyis a tömörség növelésével



**optimális
bitumentartalom**

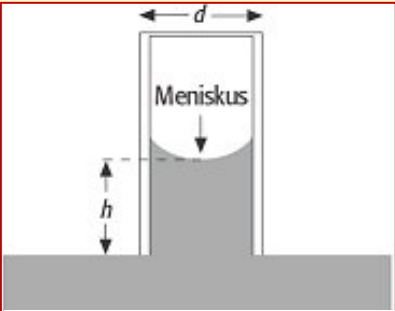
3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

3

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

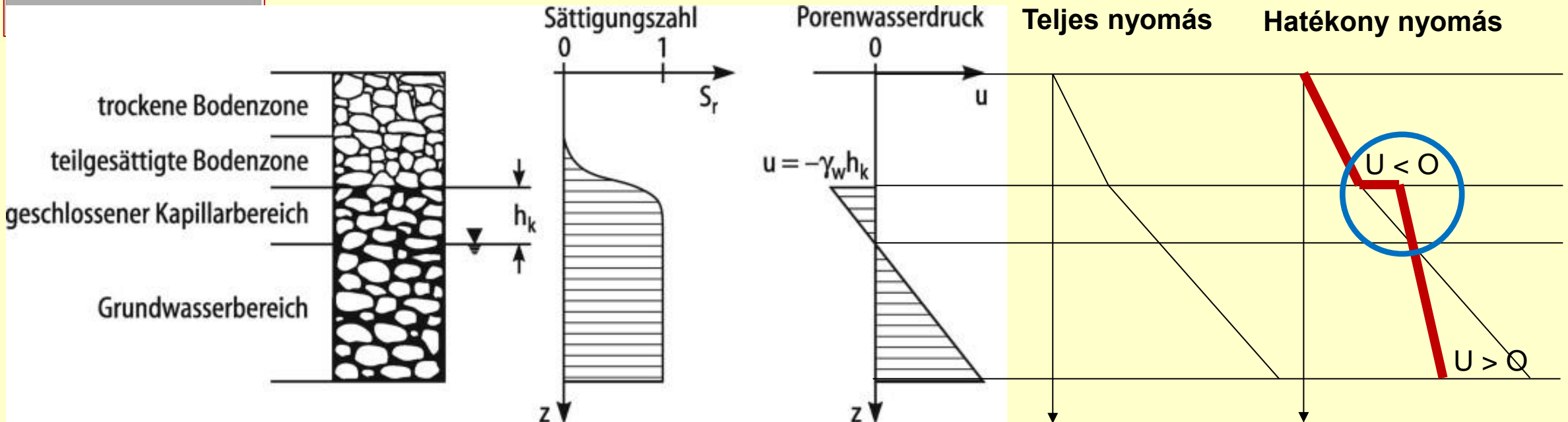
A nagy modulusú aszfaltokban kialakuló húzófeszültségek csökkentése lágy bitumenek alkalmazásával, kedvezőbb hidegviselkedés és fáradás elérése

A folyadékban uralkodó húzás és a hatékony feszültségekre való hatásának **analógiája a talajmechanikában: kapilláris feszültségek – nem relaxálódnak**



$$u < 0$$

$$\sigma' = \sigma - u$$



3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

3

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

A nagy modulusú aszfaltokban kialakuló húzófeszültségek csökkentése lágy bitumenek alkalmazásával, kedvezőbb hidegviselkedés és fáradás elérése

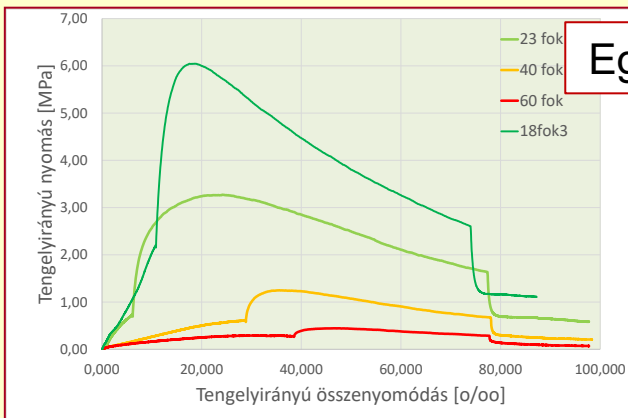
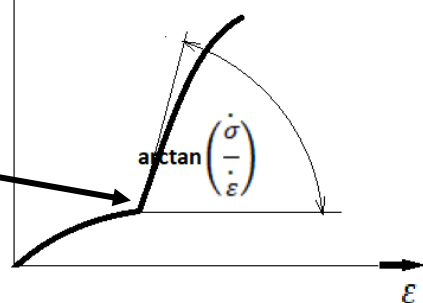
$$u < 0$$

Külső terhelés hiányában a merevség a bitumen lehűlés okozta zsugorodása következtében a kövázban fellépő sajátfeszültség következménye

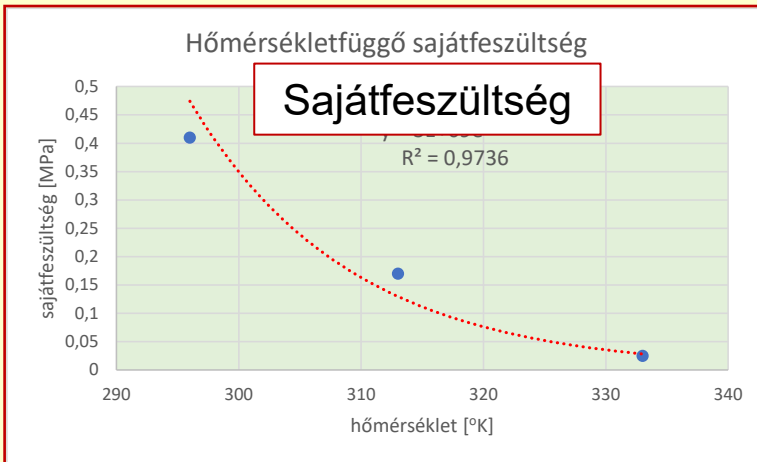
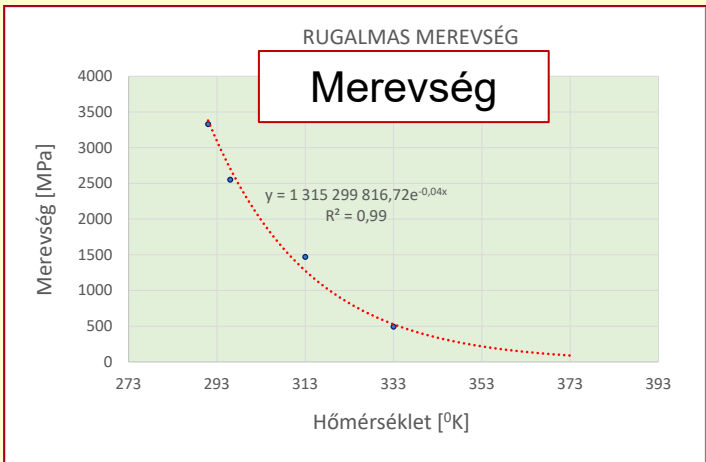
$$\sigma' = \sigma - u$$

Hirtelen sebességváltozás

σ Merevségmérés elve



Egytengelyű terhelés



20 °C-nál kb. 4,5 bar

3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

3

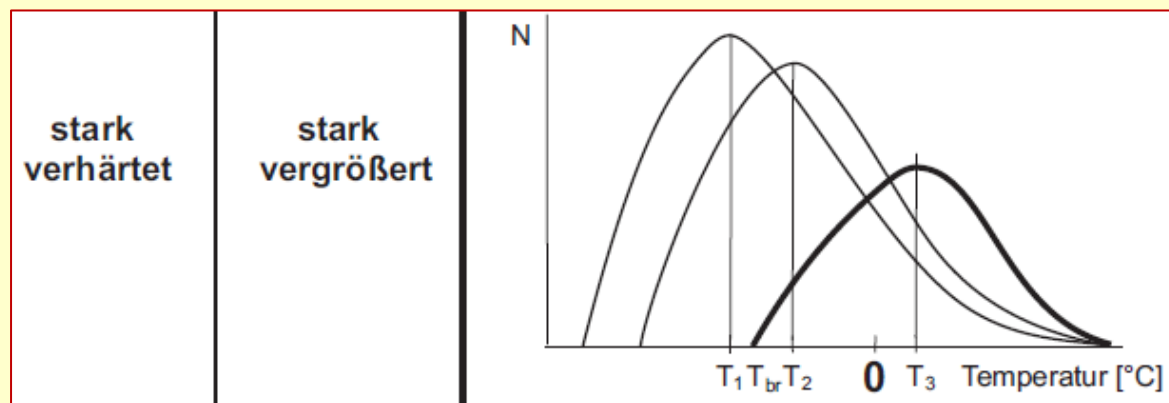
$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

A nagy modulusú aszfaltokban kialakuló húzófeszültségek csökkentése lágy bitumenek alkalmazásával, kedvezőbb hidegviselkedés és fáradás elérése

$$u < 0$$

$$\sigma' = \sigma - u$$

ARAND kísérleteinek (2007) és RICHTER tapasztalatainak tanulsága: a nagy modulusú (modifikált, kemény) bitumenek alkalmazása kerülendő



kemény bitumen

nagy szabad hézag

ARAND
Visegrád
2007

3. A tervezési alapelvek fizikai jelentése

3

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

A nagy modulusú aszfaltokban kialakuló húzófeszültségek csökkentése lágy bitumenek alkalmazásával, kedvezőbb hidegviselkedés és fáradás elérése

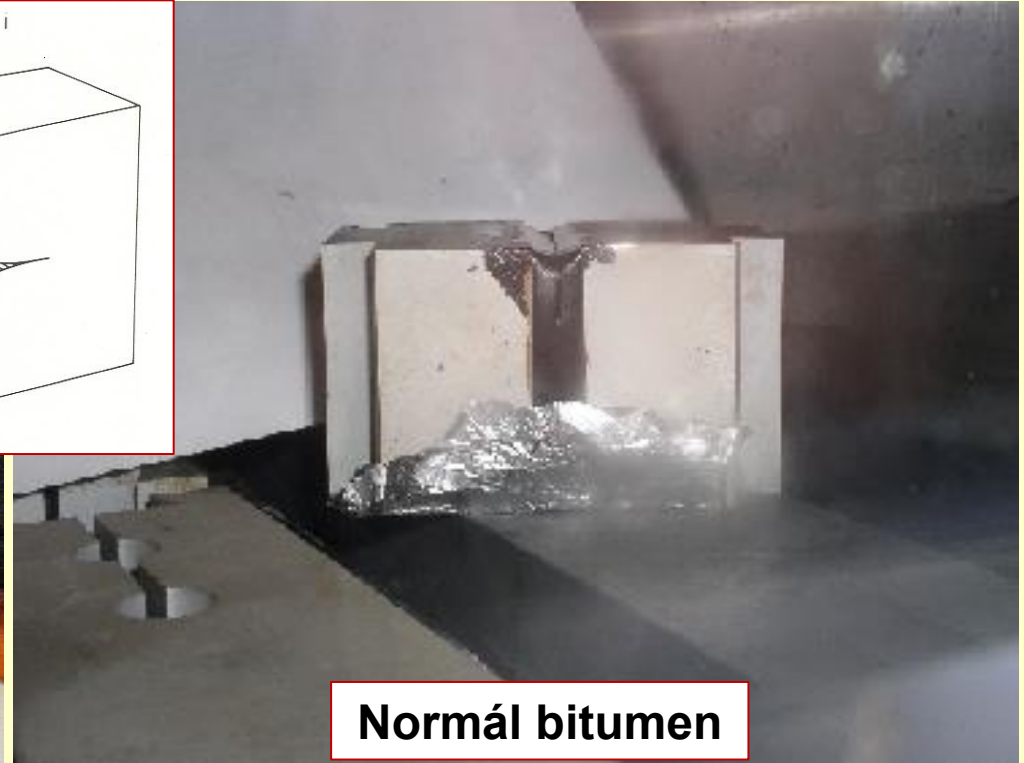
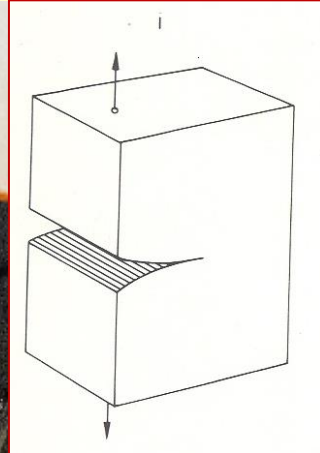
$$u < 0$$

$$\sigma' = \sigma - u$$

A bitumen húzás okozta fáradásának vizsgálatát javasolom



Modifikált bitumen



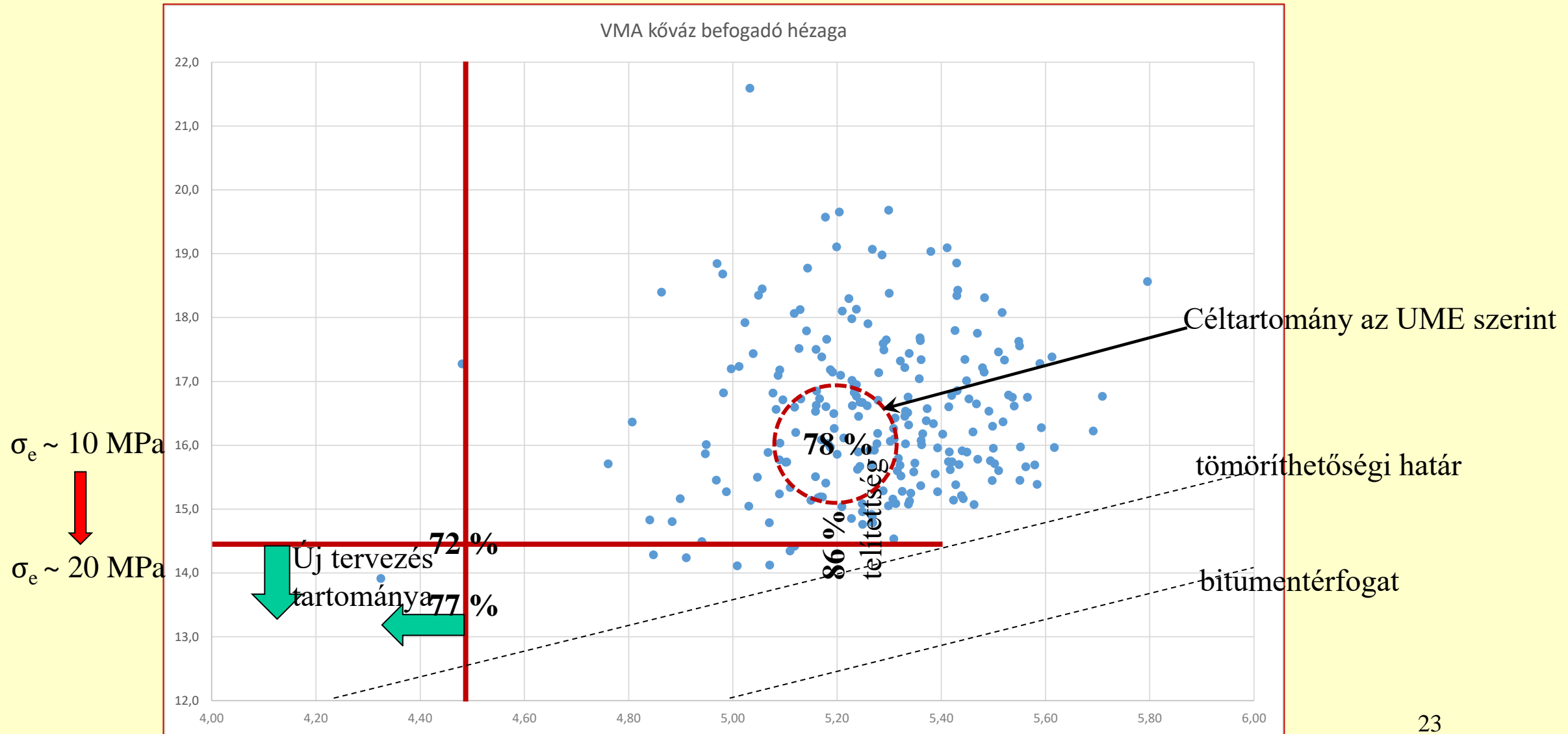
Normál bitumen

4. A tervezési alapok összehasonlítása

Viselkedést meghatározza	Specifikáció	Hagyományos tervezés	Új tervezés
Anyagi komponensek	köváz	szabványos	szabványos
	bitumentartalom	előírt minimum	kb. 230 zsirátor fordulat; maximálisan „optimális” érték , kb. 1% kisebb m %
	bitumen minőség	kemény, modifikált	lágú, normál
Feszültségállapot	hatékony (köváz) semleges (bitumen)	nincs figyelembe véve	semleges pórusnyomás kiküszöbölése
Tömörség, Beépítési tömörség	VMA (köváz hézagtényező)	Marshall, 50 ütés; alárendelt jelentőségű	szabad hézag < 3-4 %; kb. 2%-al kisebb VMA

KTE szeminárium

AC 11 VMA (B m %) PLUHÁR MÁRTONTÓL



Köszönöm megtisztelő figyelmüket