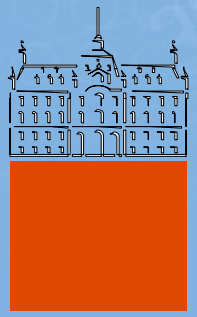
Prednosti reoloških meritev za ovrednotenje vpliva sestavin mešanice

Andraž Hočevar, Franci Kavčič, Igmat d.d.
Violeta Bokan-Bosiljkov, UL FGG



University of Ljubljana
Faculty of Civil and Geodetic Engineering

Investing in your future
Operation Part Financed By The European Union
European Social Fund

igmat d.d.
inštitut za gradbene materiale

VSEBINA

- Reologija
- Vpliv posameznih sestavin – pregled literature
- Območje zaželene obdelavnosti
- Normalni beton
- SCC beton

REOLOGIJA SVEŽIH BETONOV

- Reologija je veda, ki preučuje deformiranje in tečenje snovi
- Obravnava povezavo med silo, deformacijo in časom
- Snov je v tem primeru lahko karkoli od trdnega (elastičnega) materiala do tekočine
- Podskupina reologije je viskometrija, ki preučuje povezavo med napetostjo in hitrostjo deformiranja. Viskoznost definiramo kot upor proti tečenju oz. upor tekočine proti deformiranju

SVEŽI BETON TEKOČINA?

- Je tekočina!
- Ne – Newtonska tekočina, ki ima strižno trdnost na meji tečenja
- Strižna napetost mora preseči strižno napetost na meji tečenja šele tedaj beton steče
- Opazimo lahko Bingham-ovo obnašanje (normalni beton) ali obnašanje s strižnim zgoščanjem (SCC)

BINGHAM-OV MODEL

- Binghamov model:

$$\tau = \tau_0 + \mu \cdot \dot{\gamma}$$

- strižna napetost na meji tečenja τ_0
- plastična viskoznost μ (upor spremembi hitrosti)
- strižna napetost svežega betona τ
- hitrost striženja γ

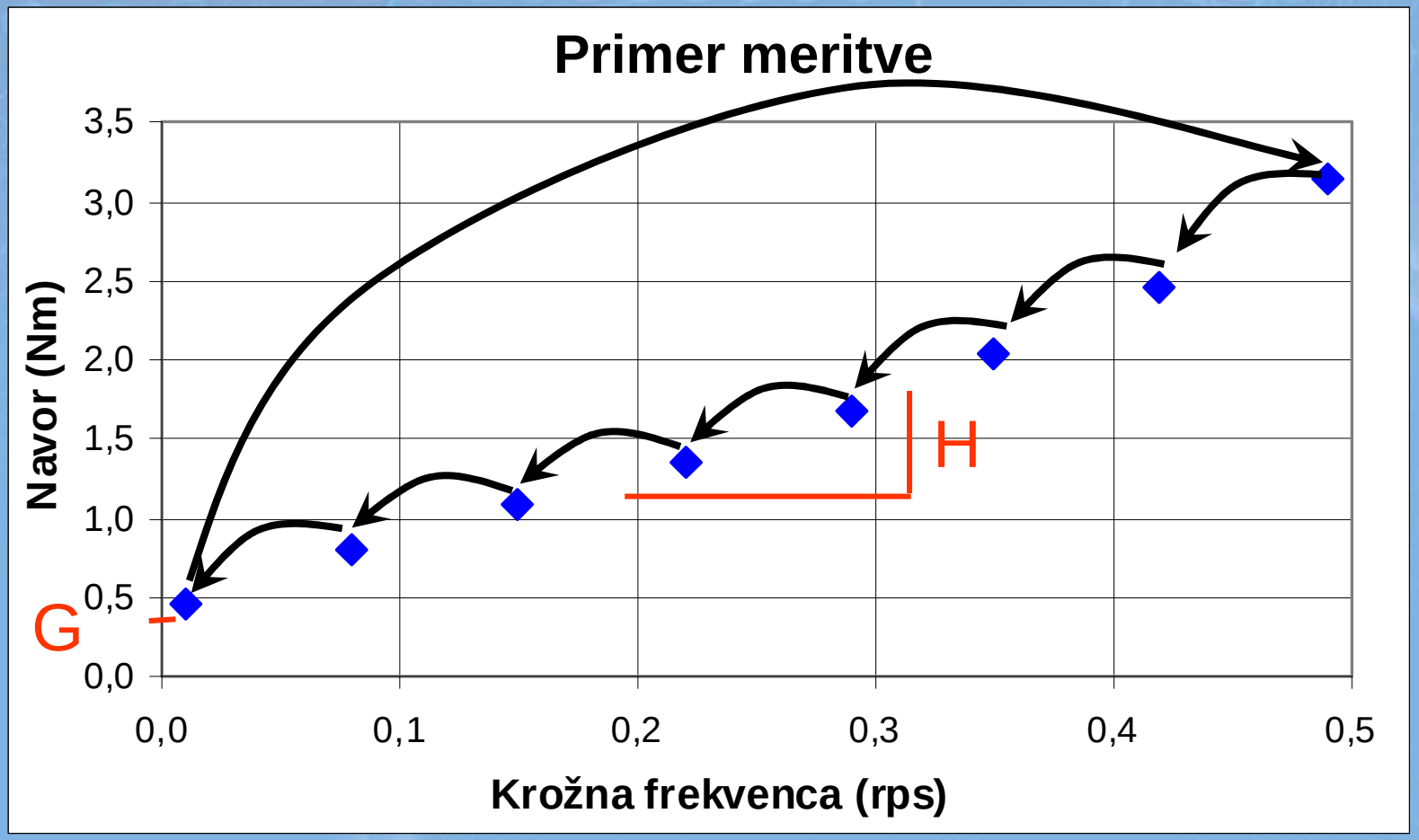
KAKO MERITI REOLOGIJO?

- V reometru mešamo svežo mešanico s spremenljivimi a znanimi hitrostmi. Pri tem merimo upor (navor), ki ga gibajočim se lopaticam nudi sveža mešanica.

- G – navor na meji tečenja (presečišče),
- H – odpornost betona proti gibanju (naklon)

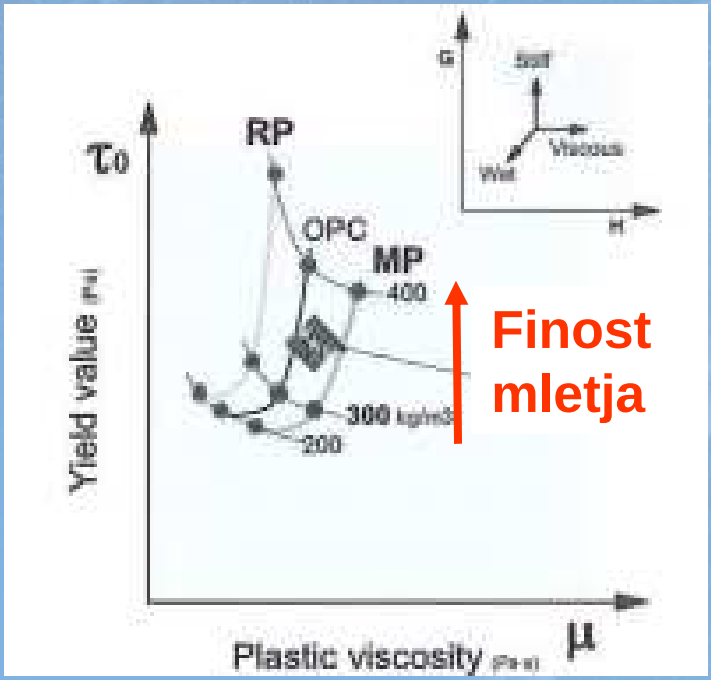
$$T = G + H \cdot \Omega$$

PRIMER MERITVE

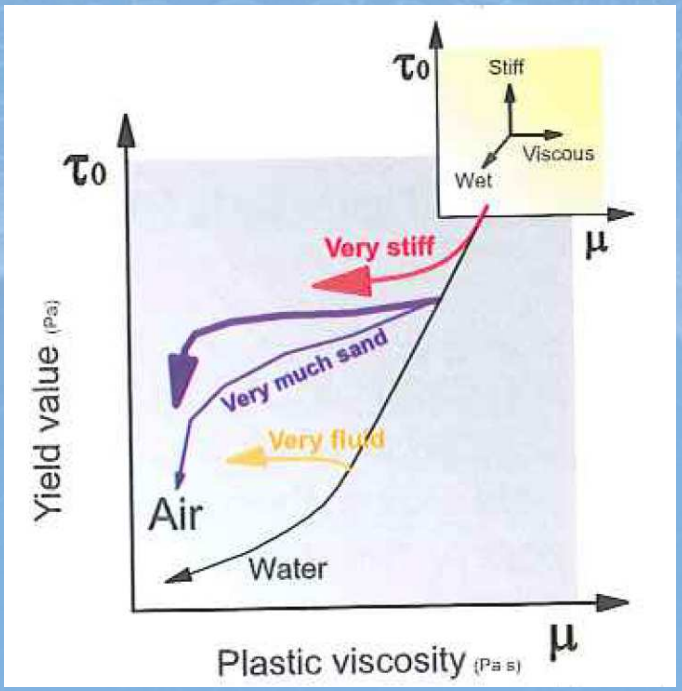


$$T = G + H \cdot \Omega$$

VPLIV POSAMEZNIH SESTAVIN



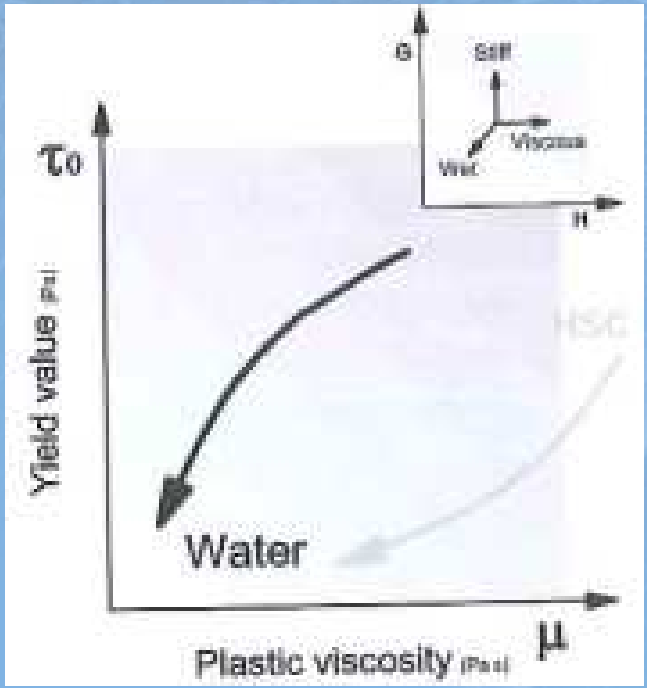
Vrsta cementa (Wallevik)



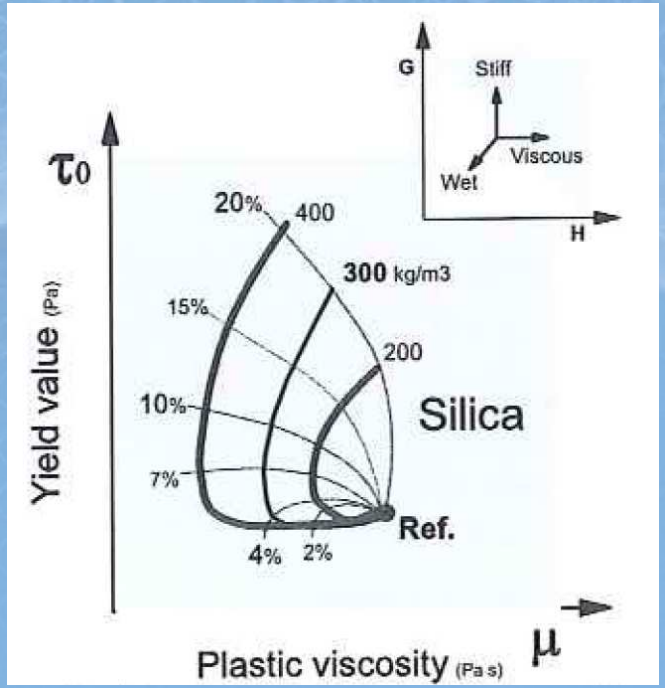
Aerant (Wallevik)

REOGRAF = graf τ_0 - μ

VPLIV POSAMEZNIH SESTAVIN

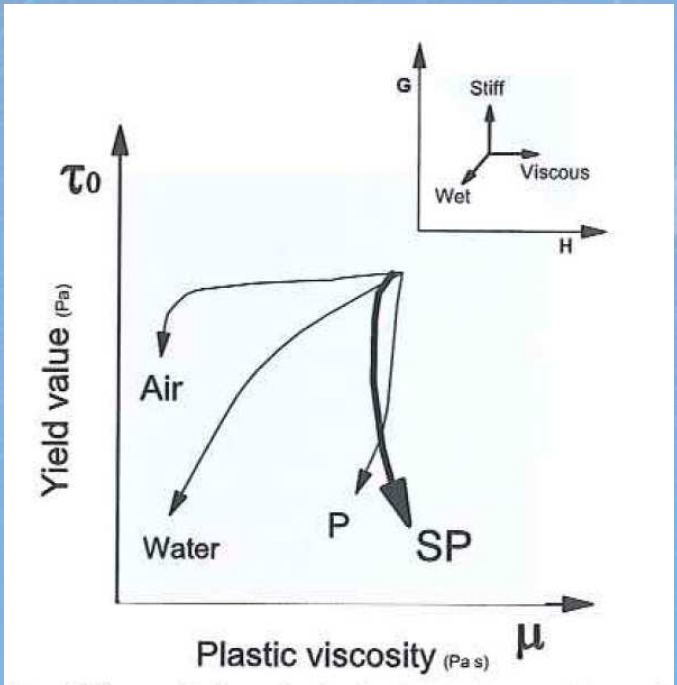


V/C razmerje (Wallevik)



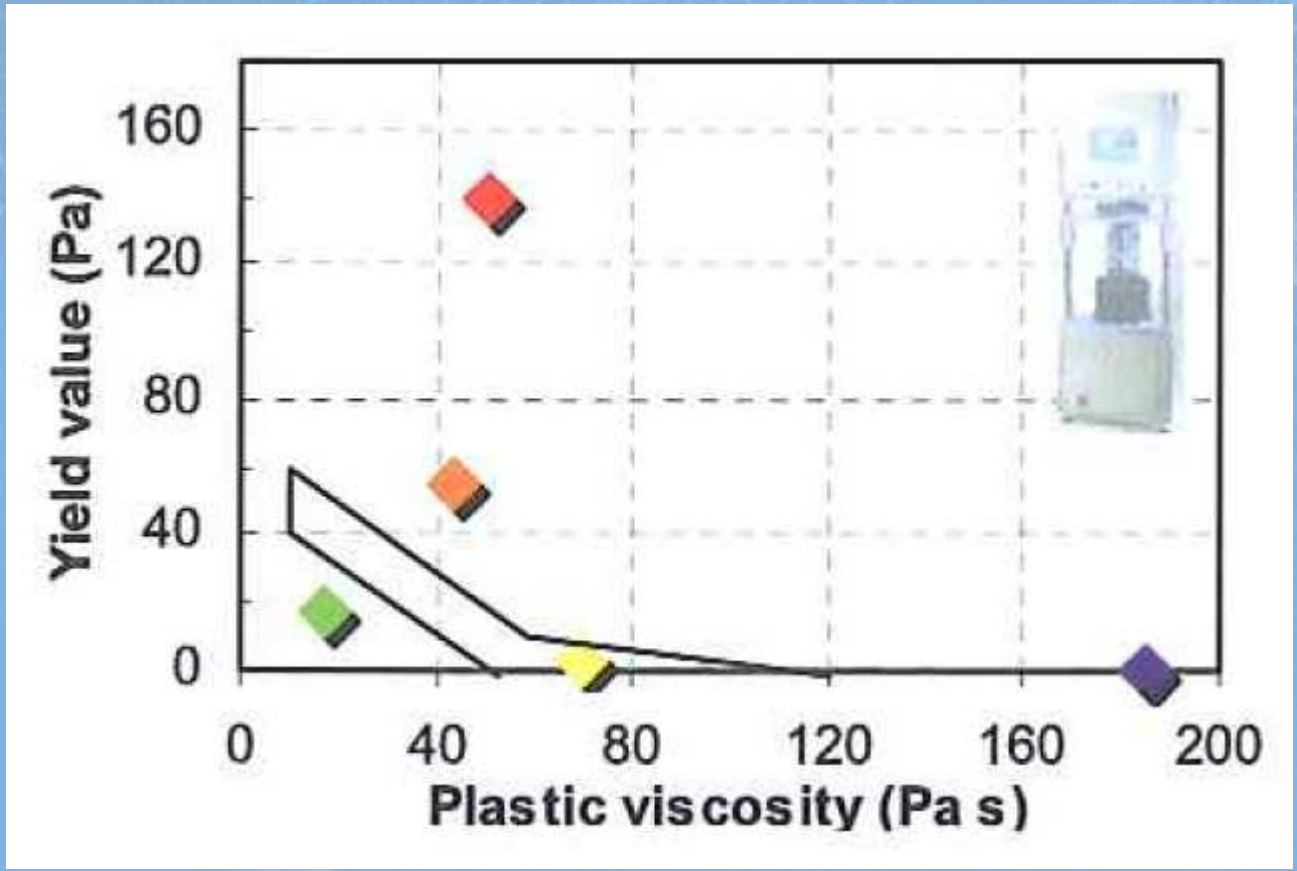
Mikro silika (Wallevik)

VPLIV POSAMEZNIH SESTAVIN



Super plastifikator (Wallevik)

OBMOČJE ZAŽELJENE OBDELAVNOSTI



(Wallevik)

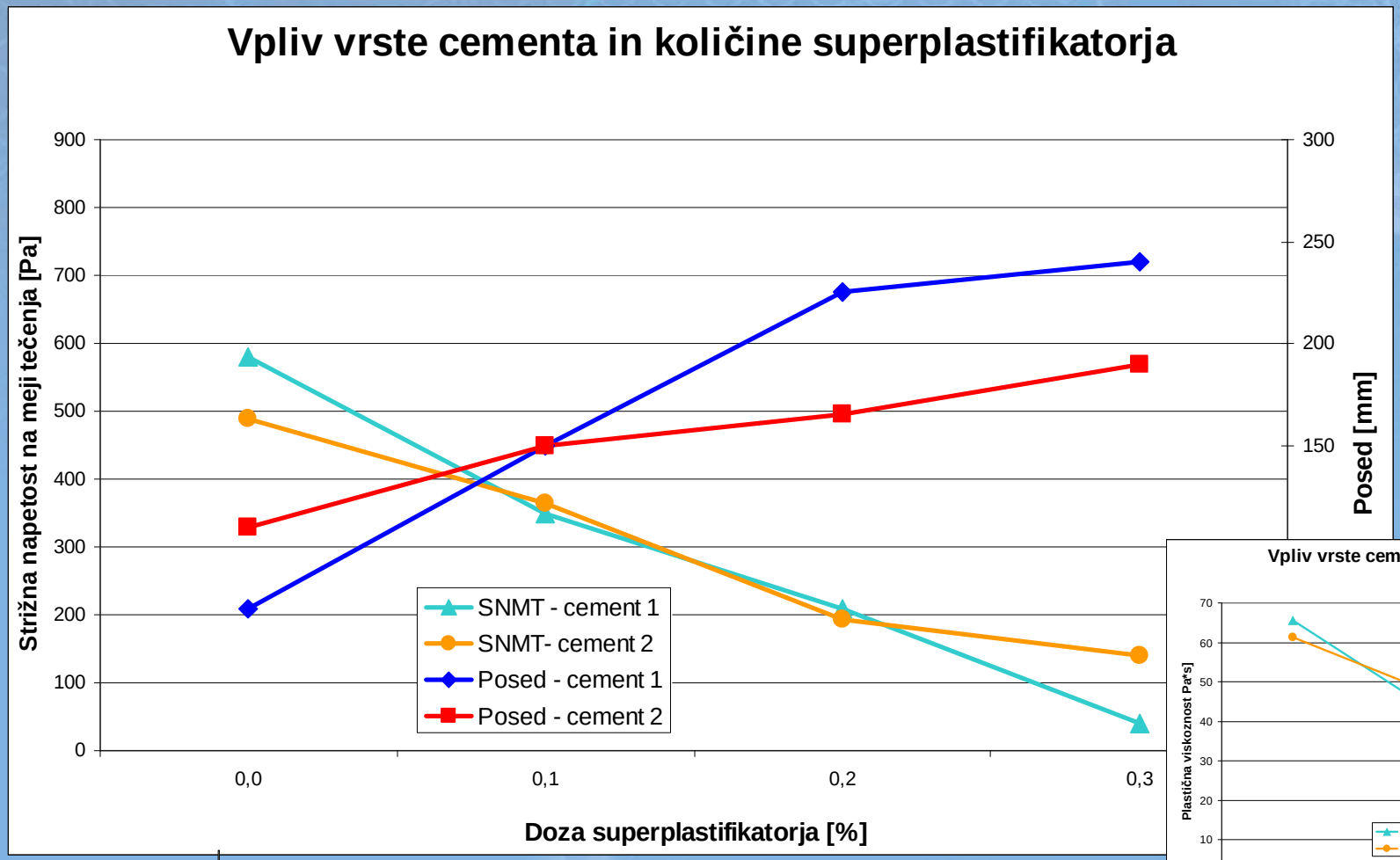
NORMALNI BETON

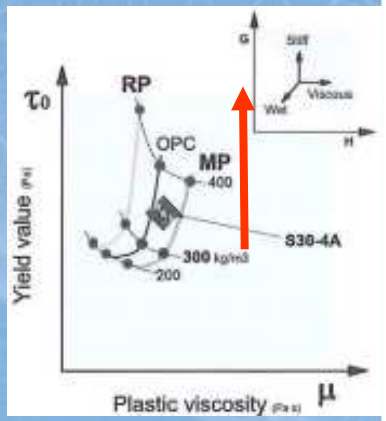
- 2 različna cementa
- Različne doze superplastifikatorja
- Različne doze aeranta
- Različna V/C razmerja
- Zamenjava cementa z mineralnimi dodatki (mikro silika, tuf, žlindra)

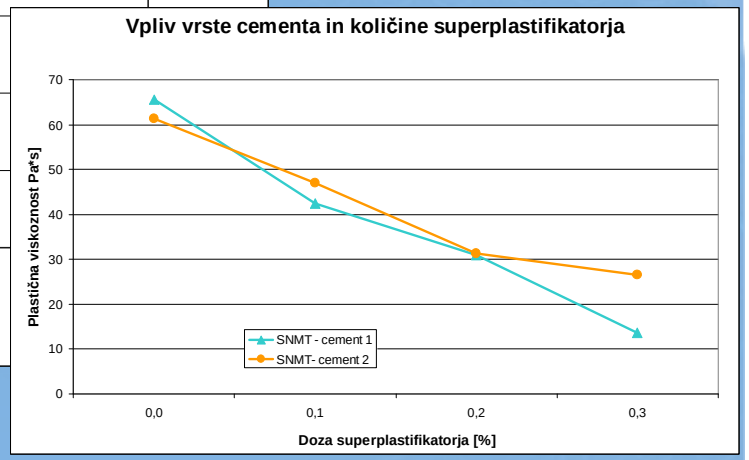
ConTec Viscometer 5

- Polmer zunanjega valja, R_o = 145 mm
- Polmer notranjega valja, R_i = 100 mm
- Višina valja, h = 100 mm

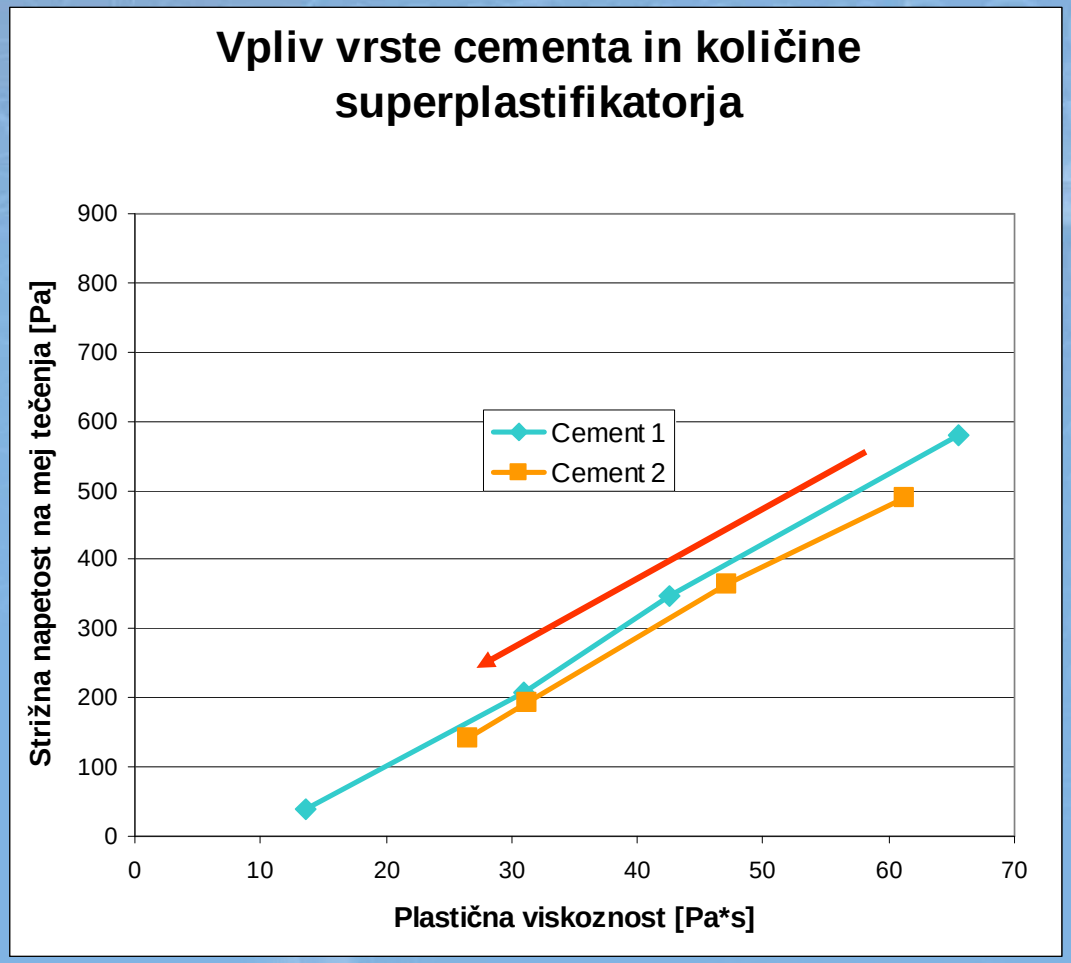
Vpliv vrste cementa in količine superplastifikatorja

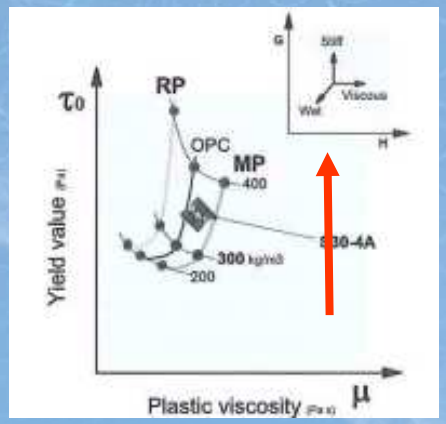


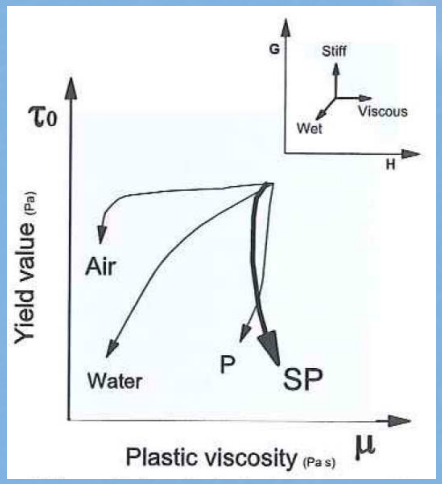




Vpliv vrste cementa in količine superplastifikatorja







Vpliv vrste cementa in količine superplastifikatorja

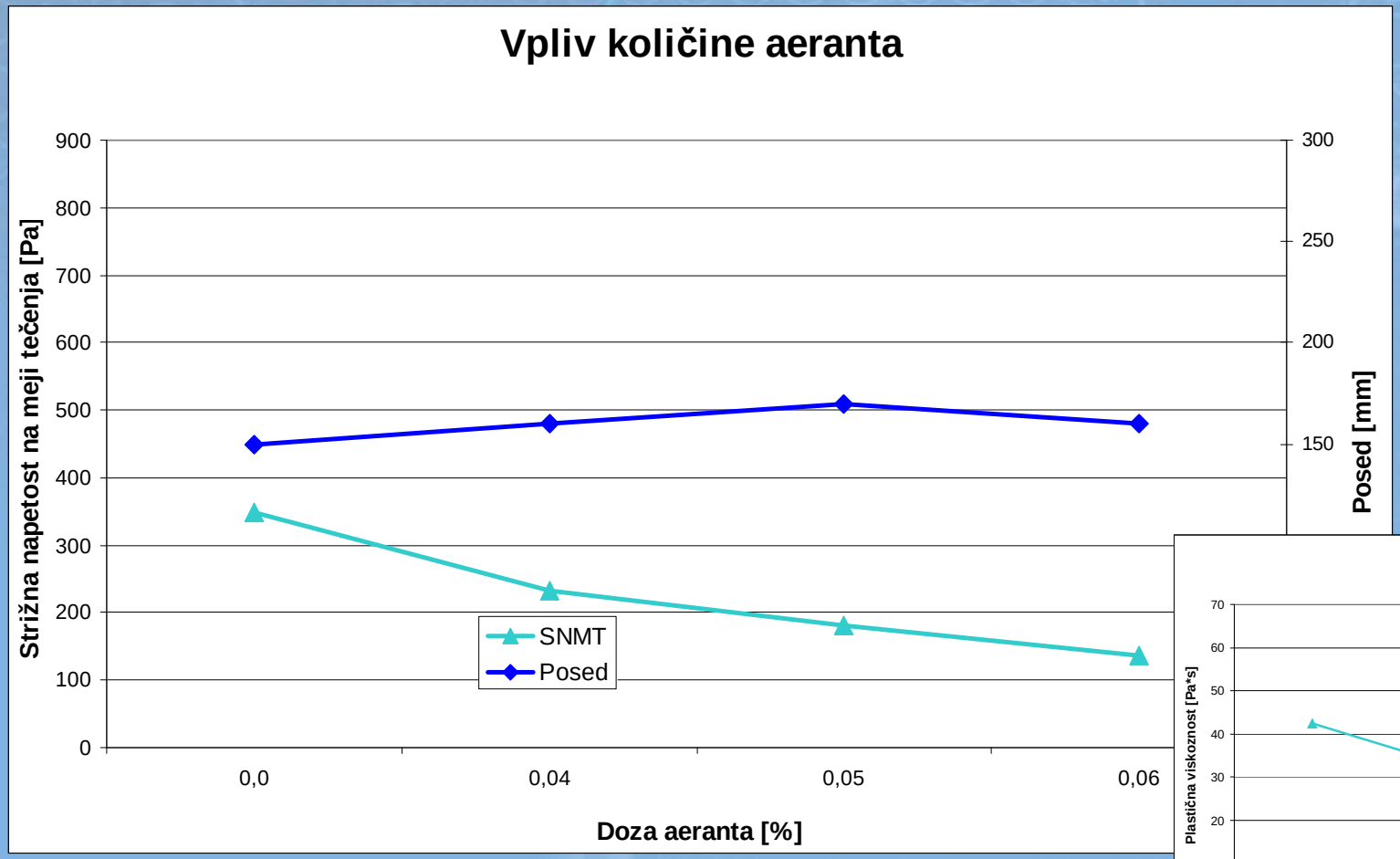
- Finost mletja cementa
  cement 1: 4000 cm2/kg
  cement 2: 3760 cm2/kg

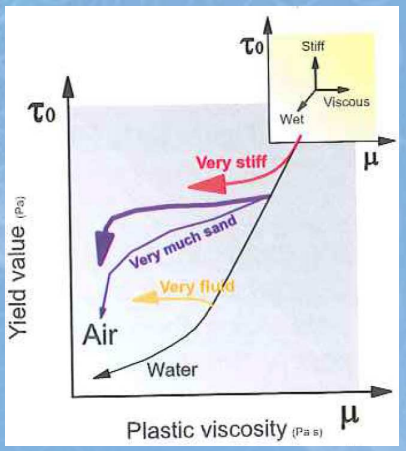
- Cement 1 zahteva višji V/C
- Cement 2 zahteva več superplastifikatorja

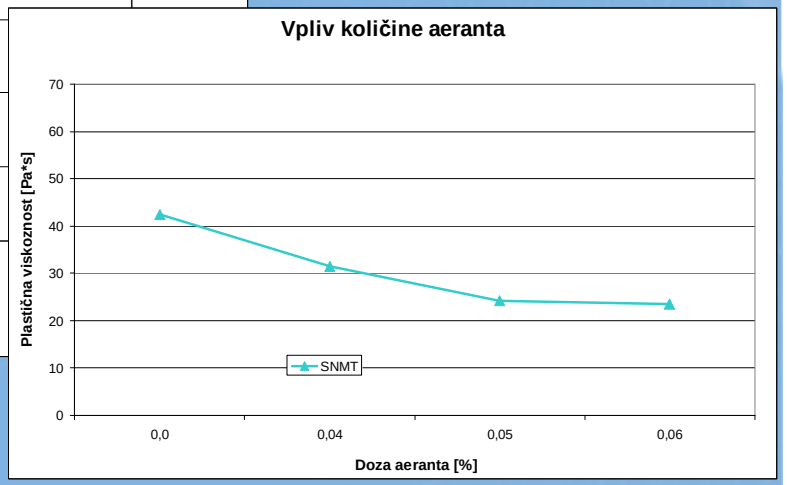
- Razlika v viskoznosti se opazi v obliki stožca, sedaj to lahko izmerimo

- Padec viskoznosti zaradi veliko finih delcev

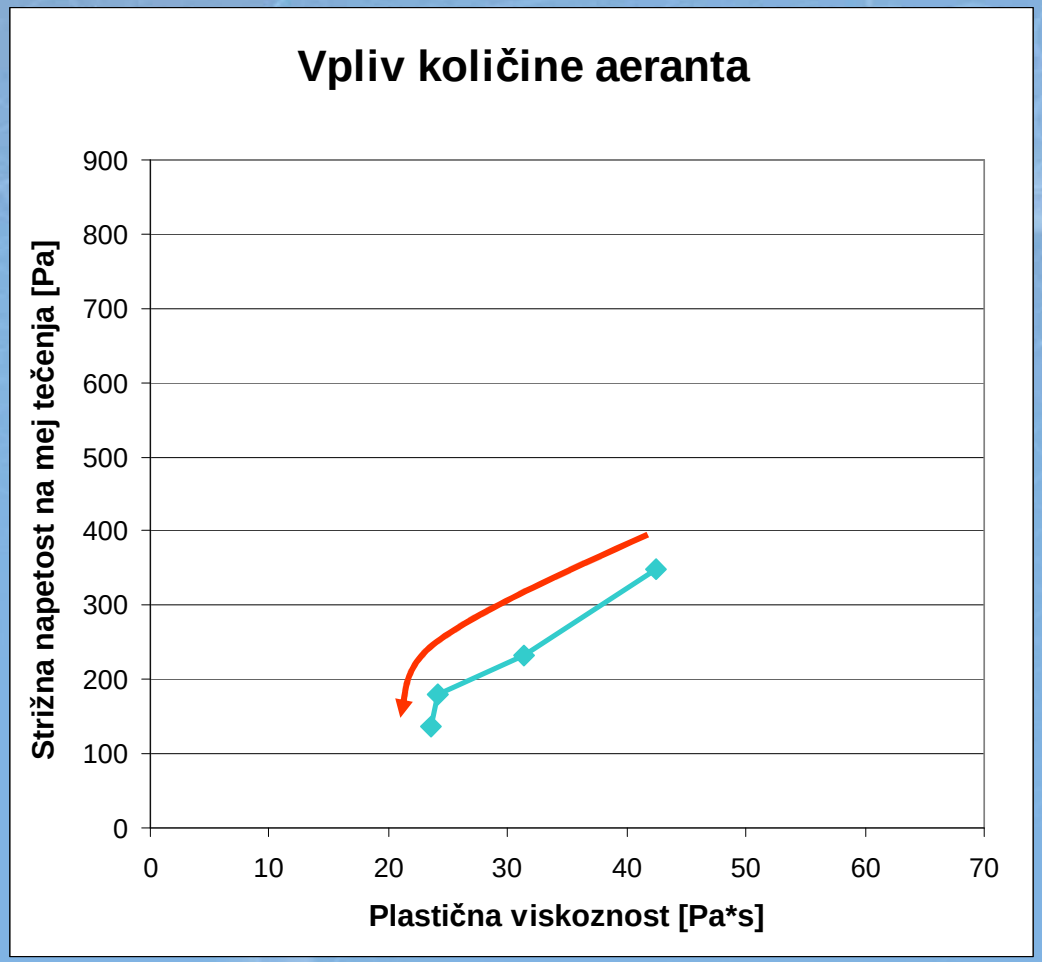
Vpliv količine aeranta

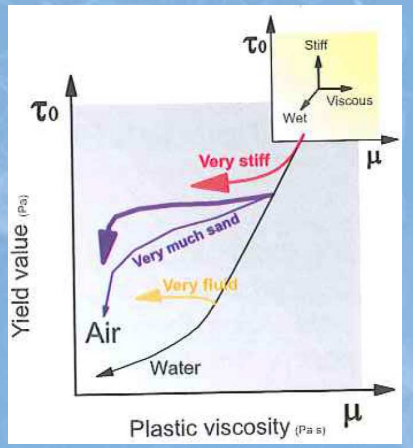






Vpliv količine aeranta

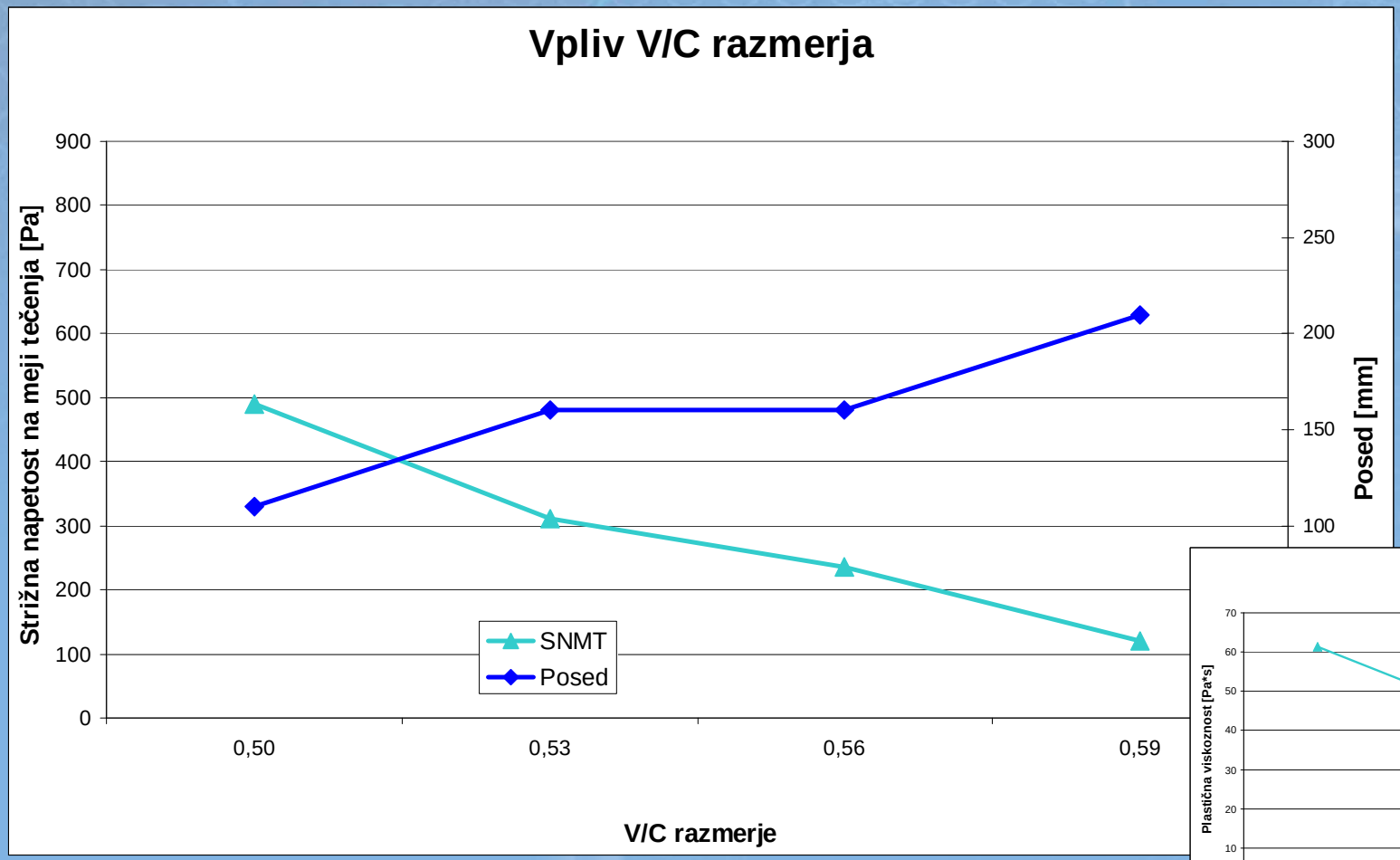


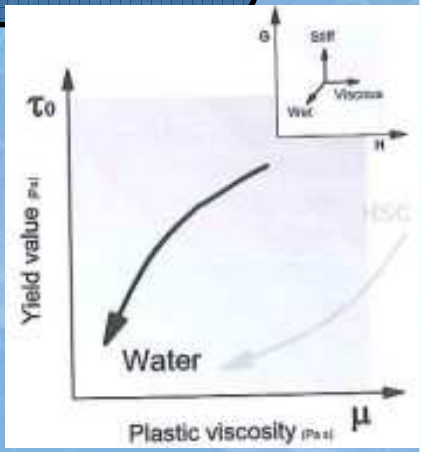


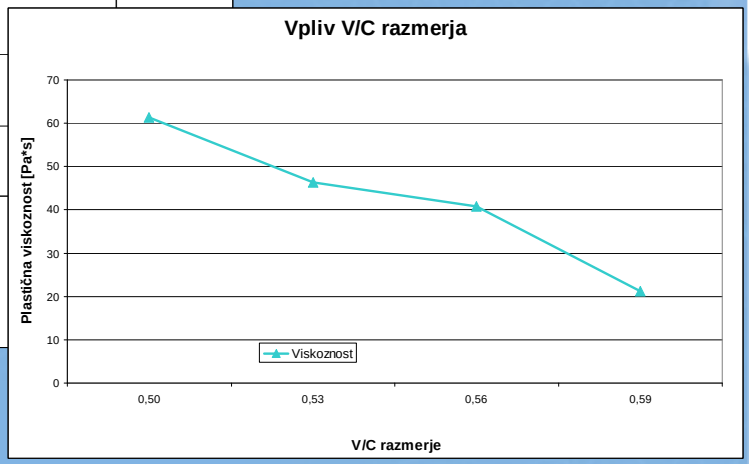
Vpliv količine aeranta

- Pričakovano vpliva najbolj na viskoznost a tudi precej na strižno napetost na meji tečenja (beton z veliko fine frakcije, 55 %)
- Ob večjih dozacijah vse bolj vpliva tudi na strižno napetost na meji tečenja

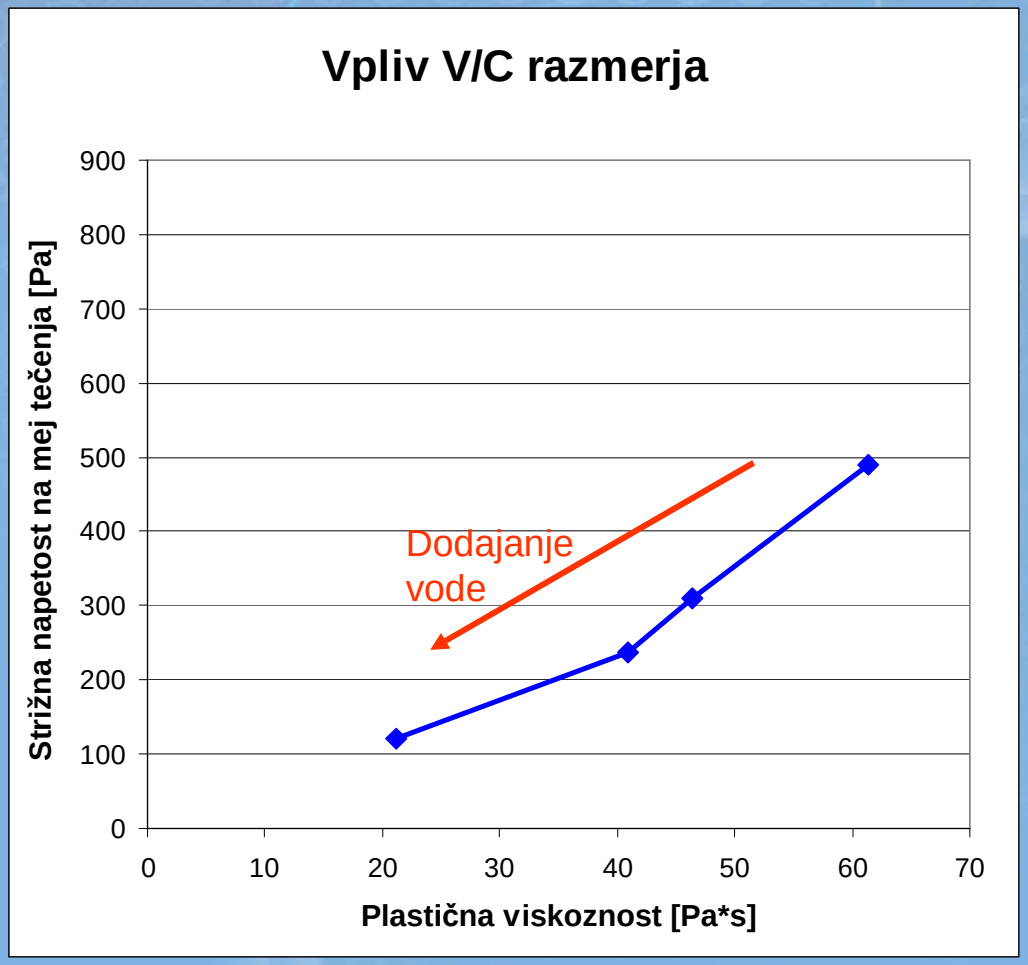
Vpliv V/C razmerja

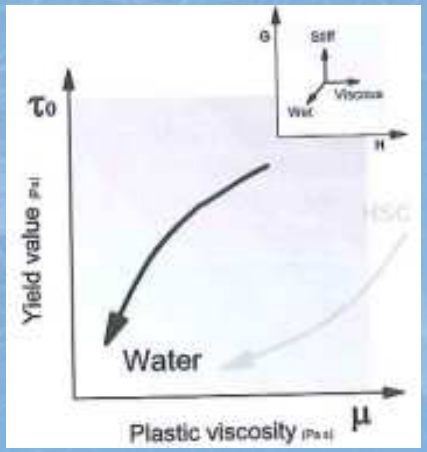






Vpliv V/C razmerja

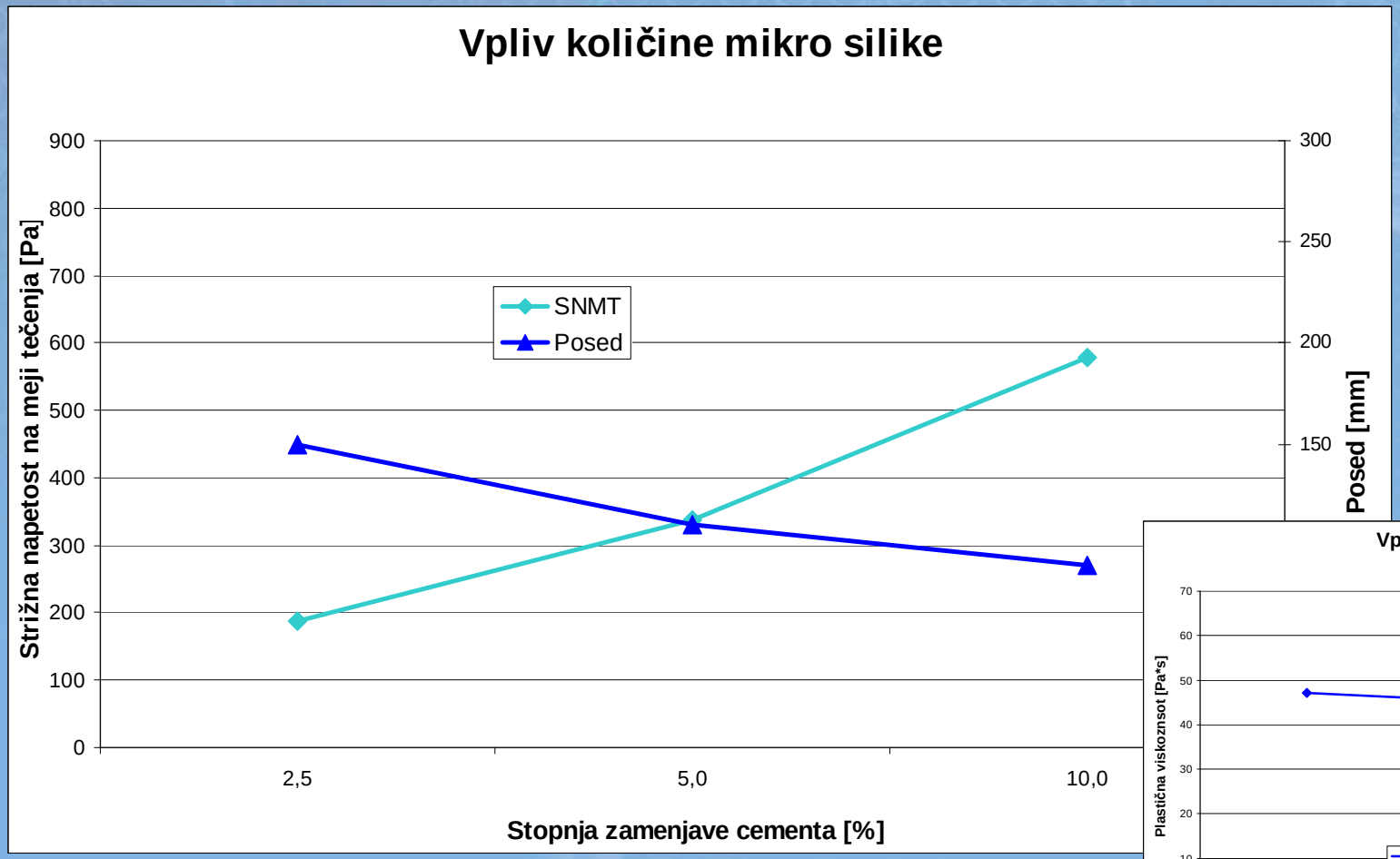


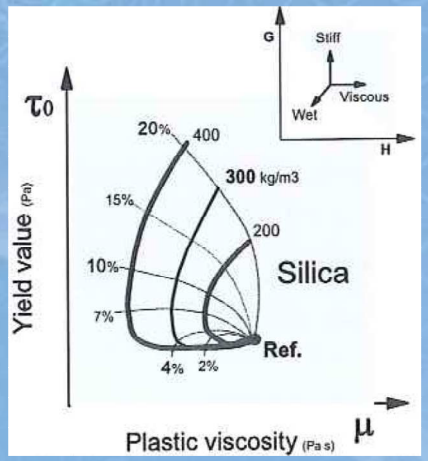


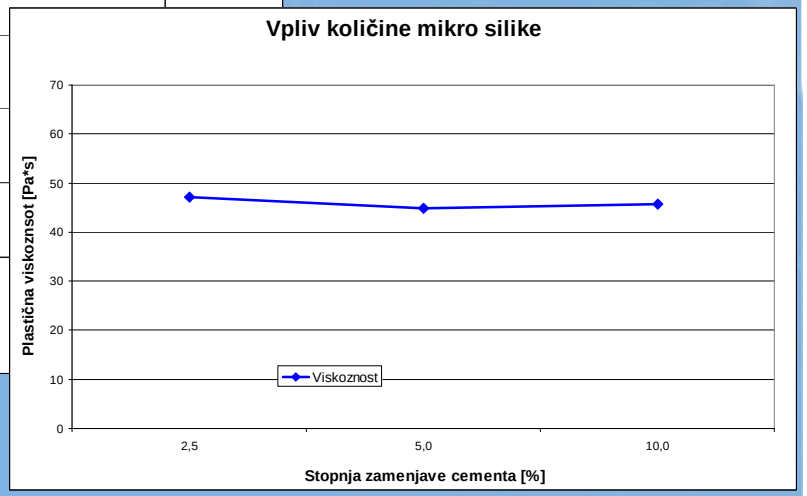
Vpliv V/C razmerja

- Pričakovan vpliv
- Zmanjša se koncentracija trdnih delcev

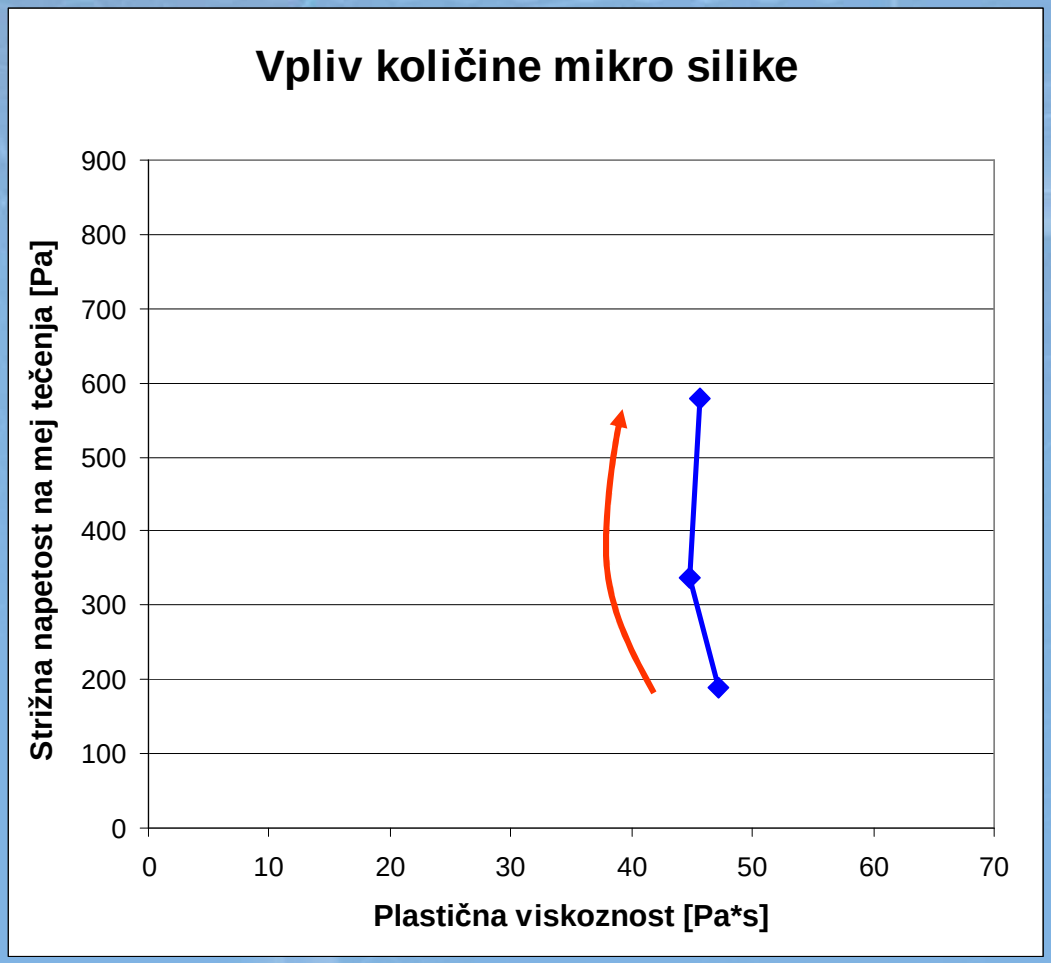
Vpliv mikro silike

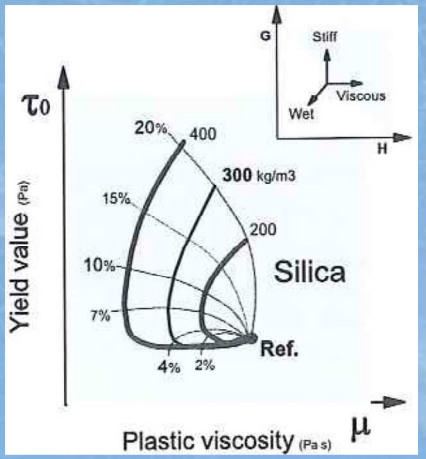






Vpliv mikro silike

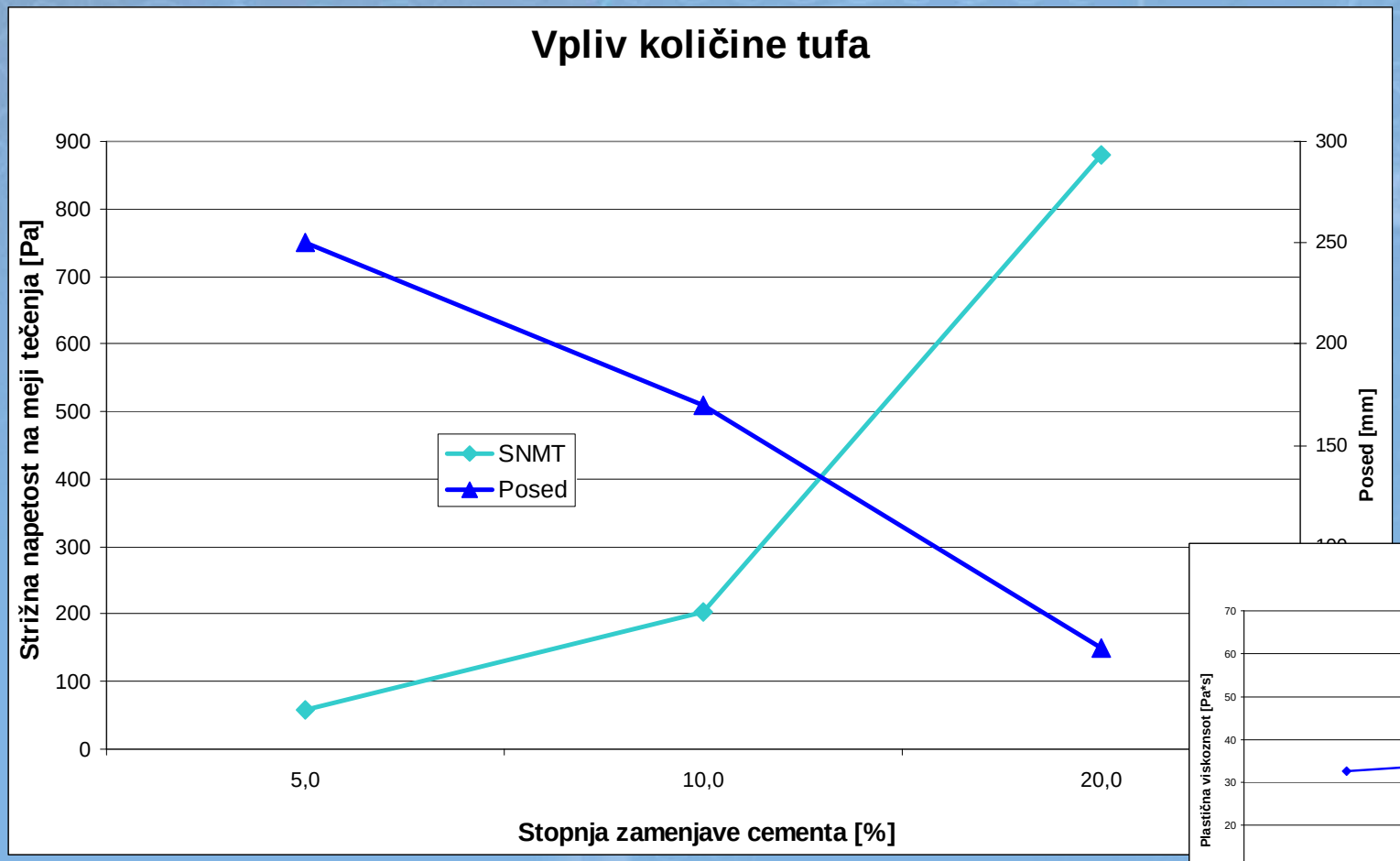


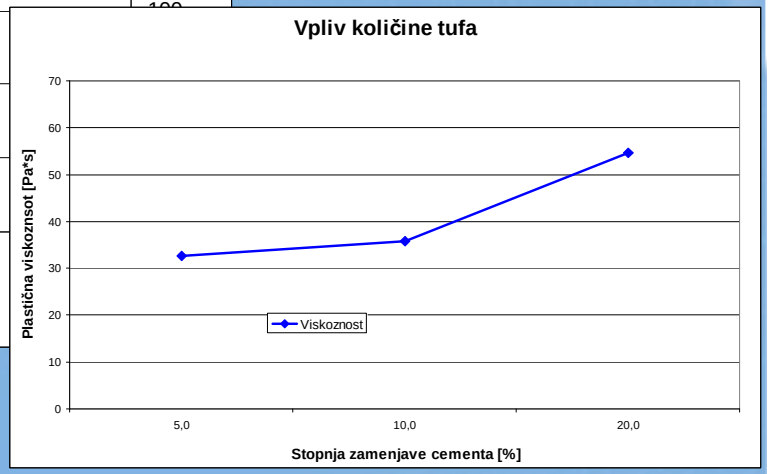


Vpliv mikro silike

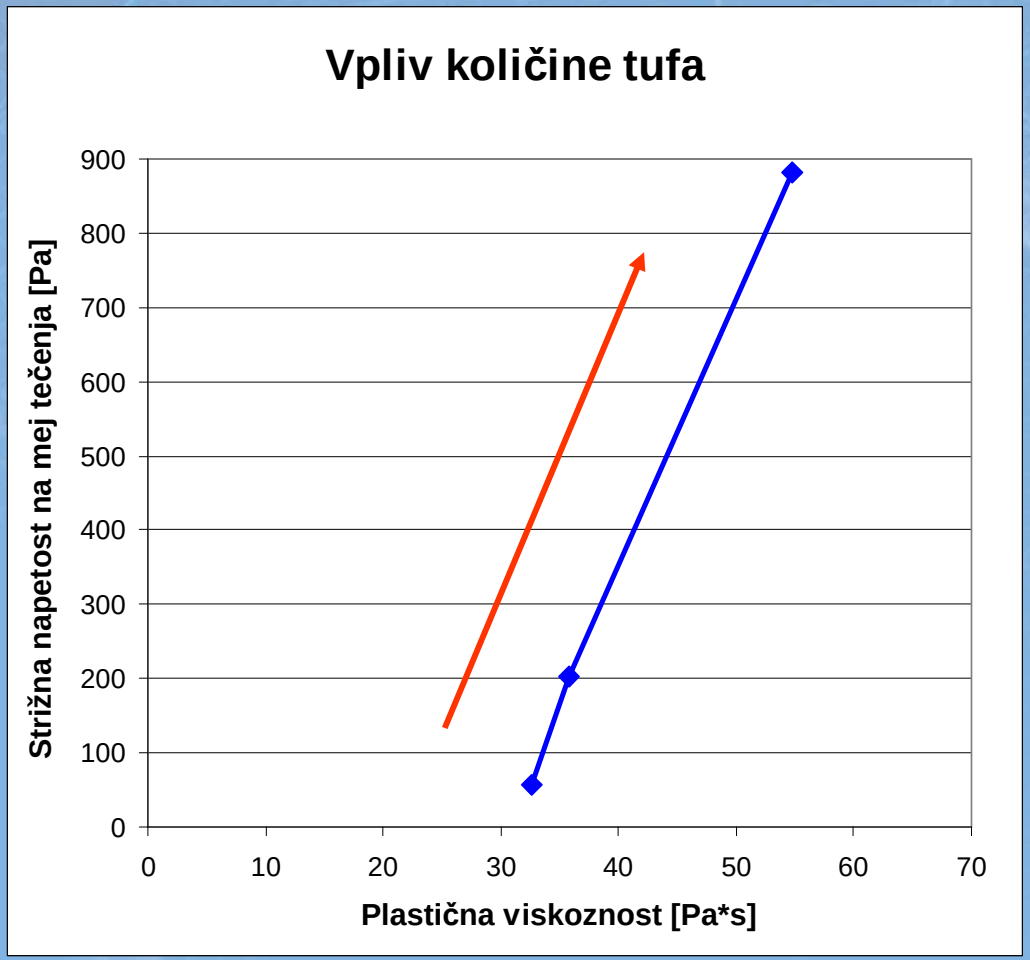
- Le manjše zmanjšanje viskoznosti, večji vpliv na strižno napetost na meji tečenja
- Mikro silika je velik porabnik vode

Vpliv tufa


Vpliv količine tufa
Strižna napetost na meji tečenja [Pa]
Posed [mm]
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
300
250
200
150
SNMT
Posed
5,0
10,0
20,0
Stopnja zamenjave cementa [%]


Vpliv količine tufa
Plastična viskoznsot [Pa*s]
70
60
50
40
30
20
10
0
Viskoznost
5,0
10,0
20,0
Stopnja zamenjave cementa [%]

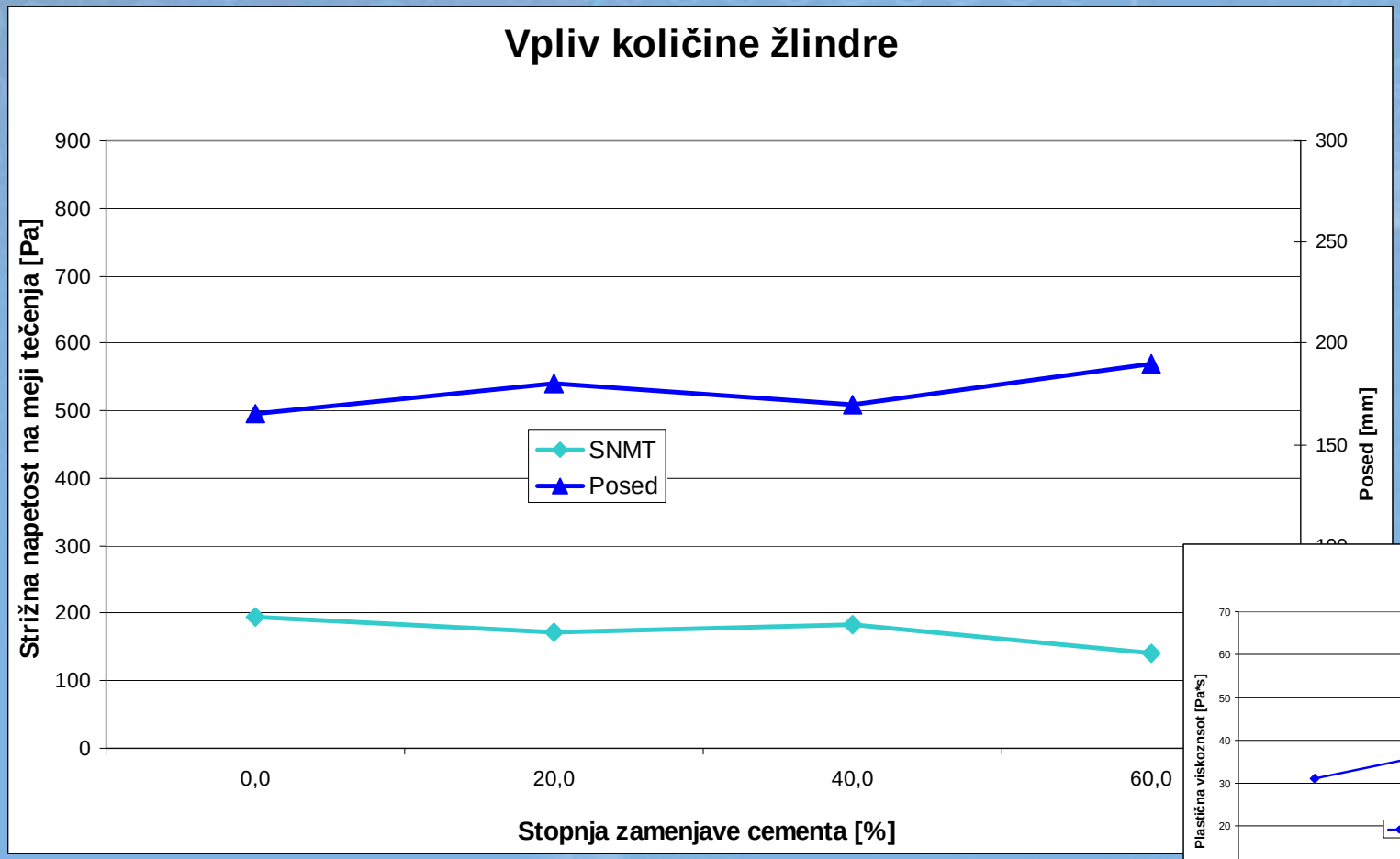
Vpliv tufa

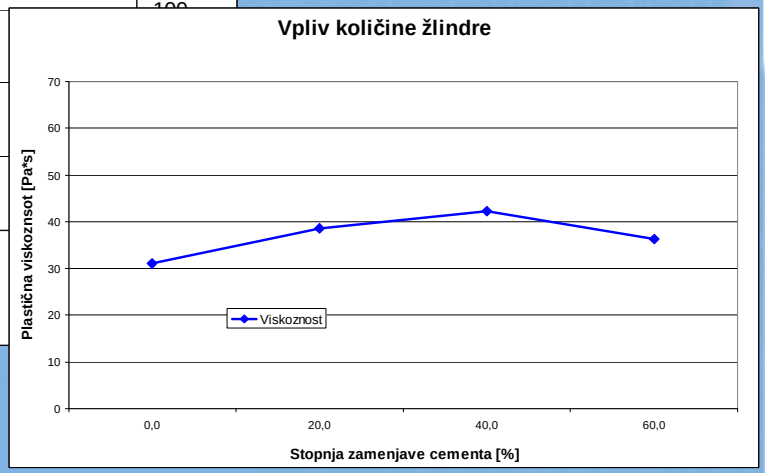

Vpliv količine tufa
Strižna napetost na mej tečenja [Pa]
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
70
Plastična viskoznost [Pa*s]

Vpliv tufa

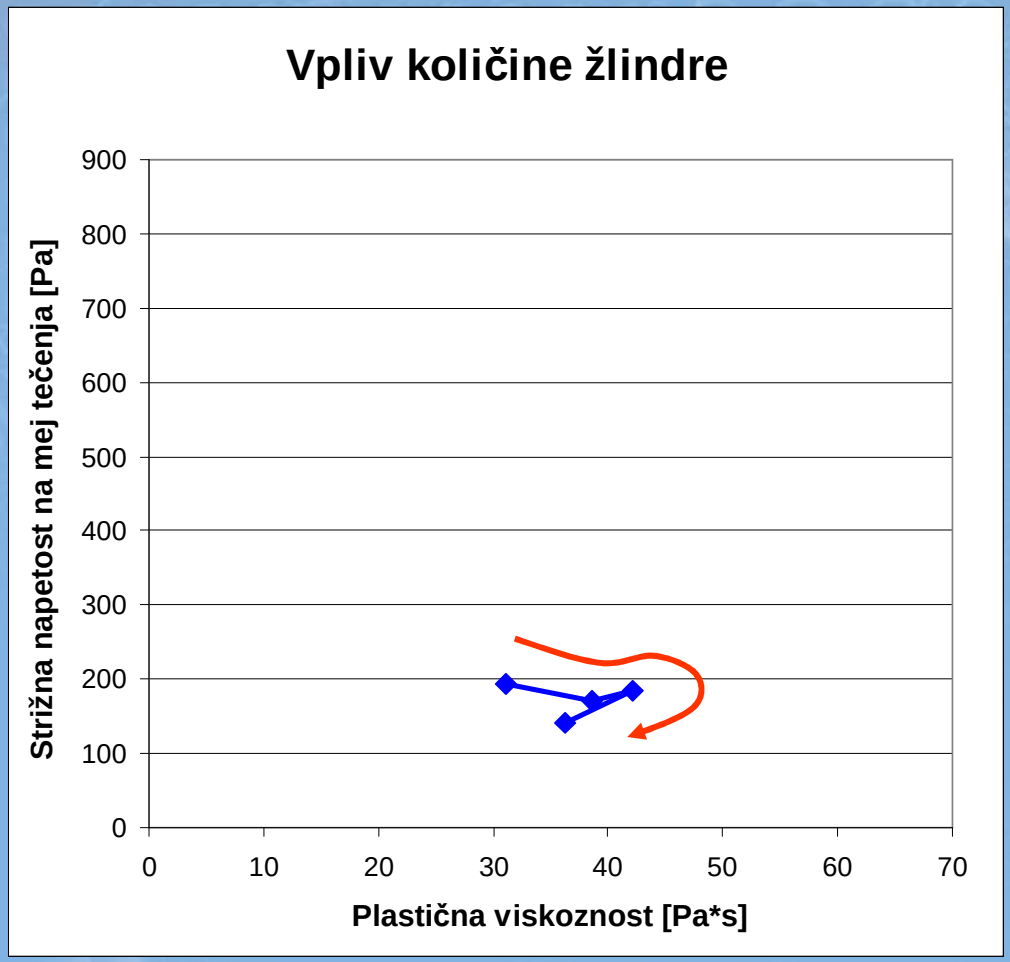
- Veliko povečanje strižne napetosti na meji tečenja
- Povečanje doze superplastifikatorja za doseganje primerljive obdelavnosti
- Vpliv tufa se povečuje s povečevanjem deleža

Vpliv žlindre





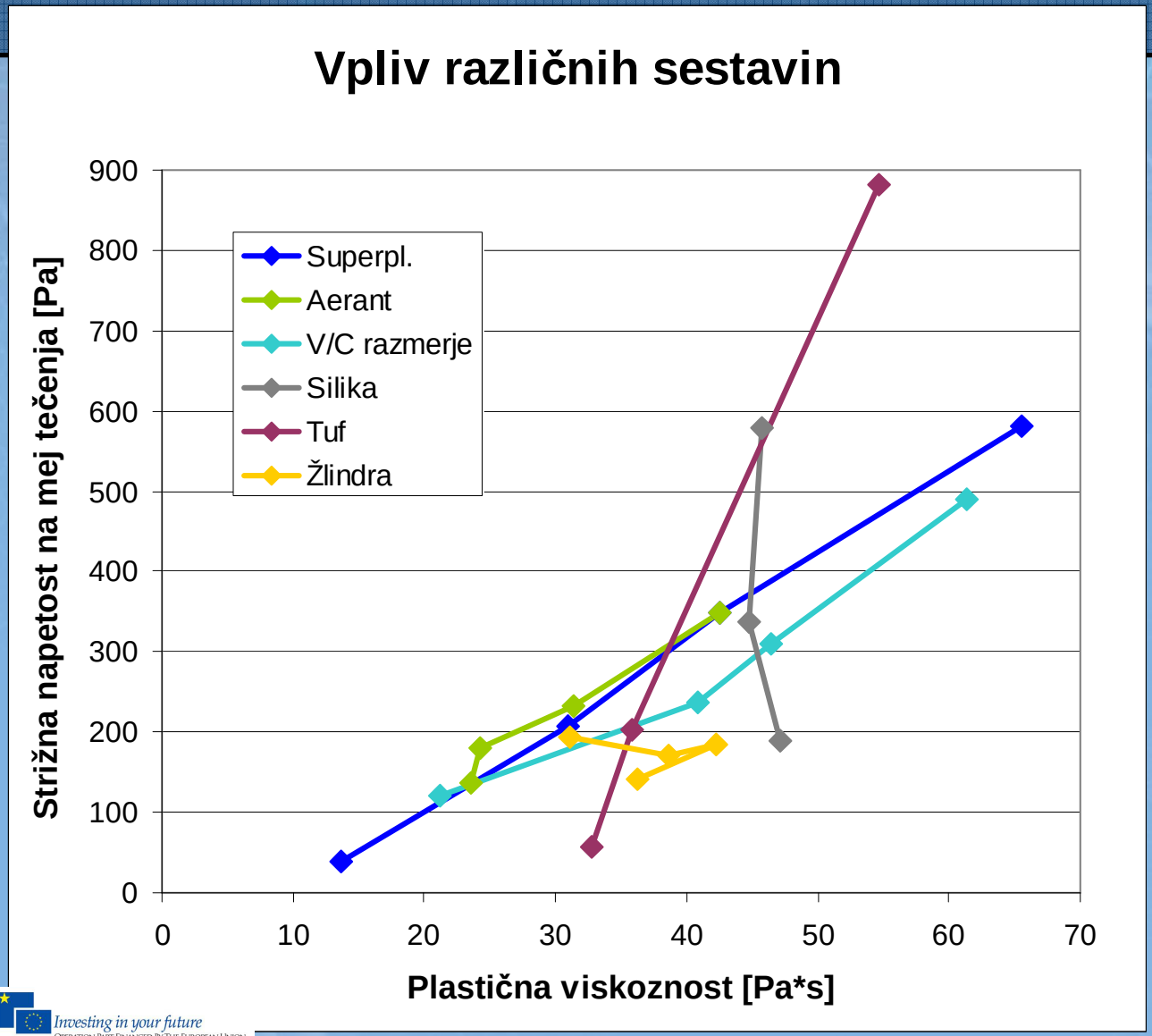
Vpliv žlindre



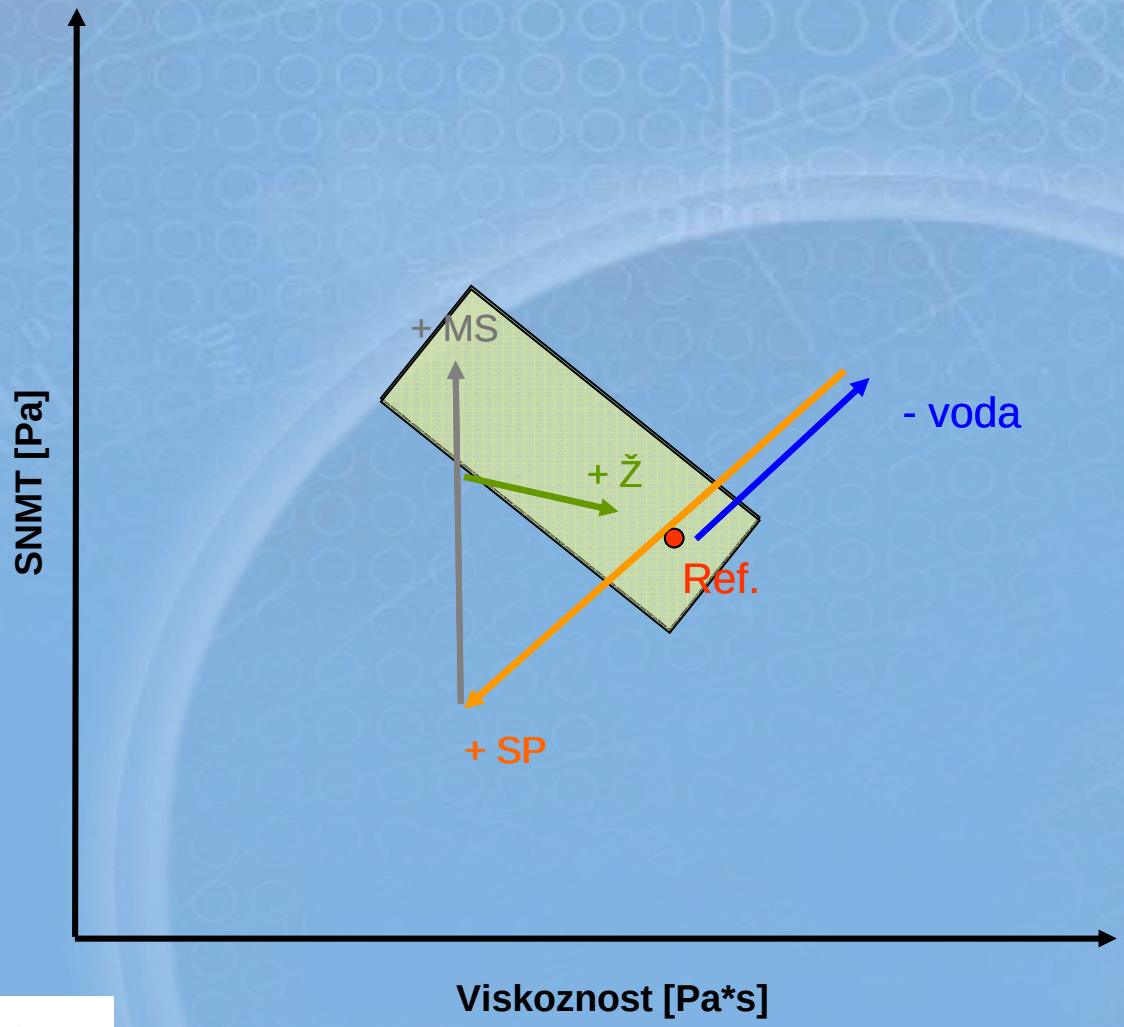
Vpliv žlindre

- Ni pomembnejših sprememb
- Rahlo zmanjšanje strižne napetosti na meji tečenja in povečanje viskoznosti s povečevanjem deleža zamenjave cementa z žlindro

SKUPNI GRAF


Vpliv različnih sestavin
Strižna napetost na mej tečenja [Pa]
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
60
70
Plastična viskoznost [Pa*s]
Superpl.
Aerant
V/C razmerje
Silika
Tuf
Žlindra

PRIMER UPORABE



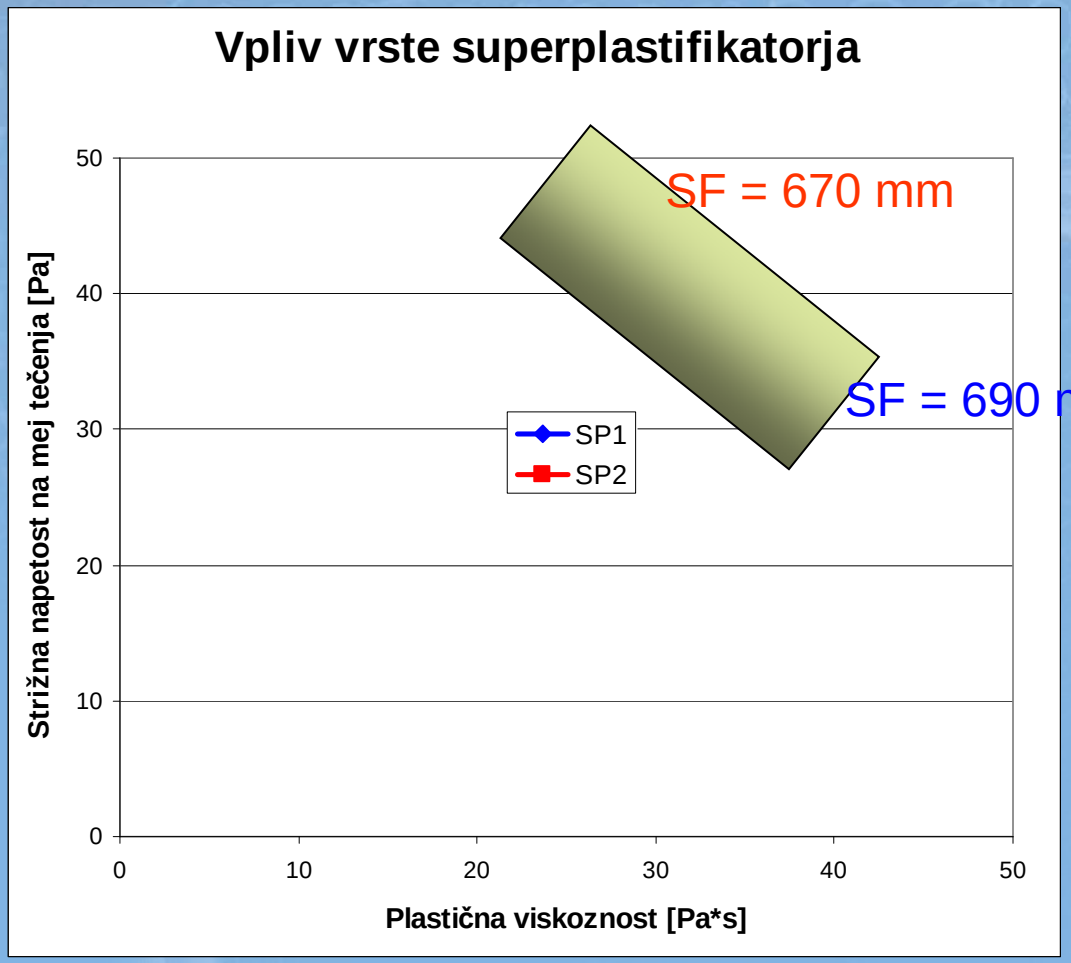
SCC

- Uporaba različnih super plastifikatorjev
- Zmanjševanje količine kamene moke in vzdrževanje obdelavnosti

ICAR Rheometer

- Polmer zunanjega valja, R_o = 143 mm
- Polmer notranjega valja, R_i = 63.5 mm
- Višina valja, h = 127 mm

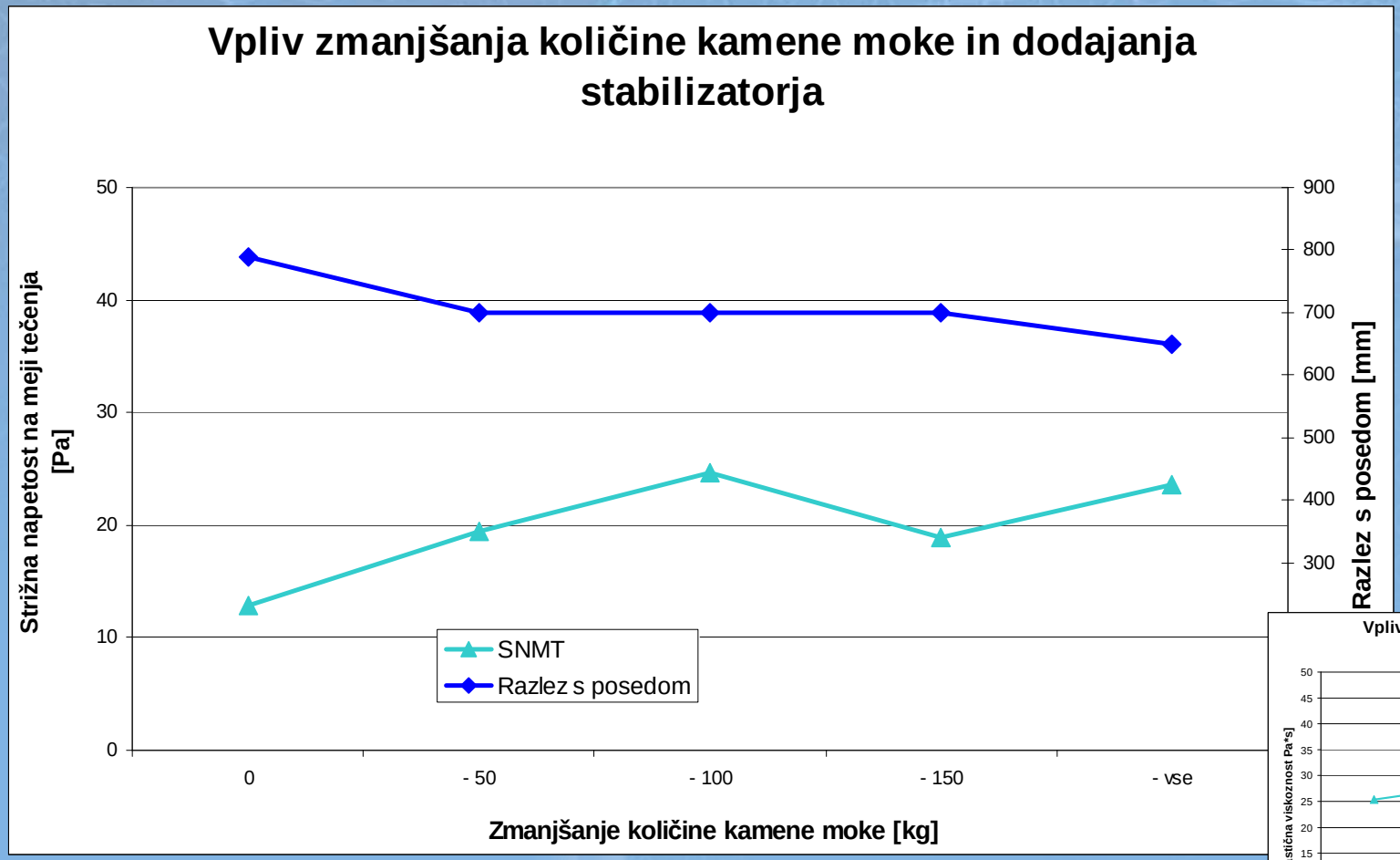
Vpliv različne vrste super plastifikatorja

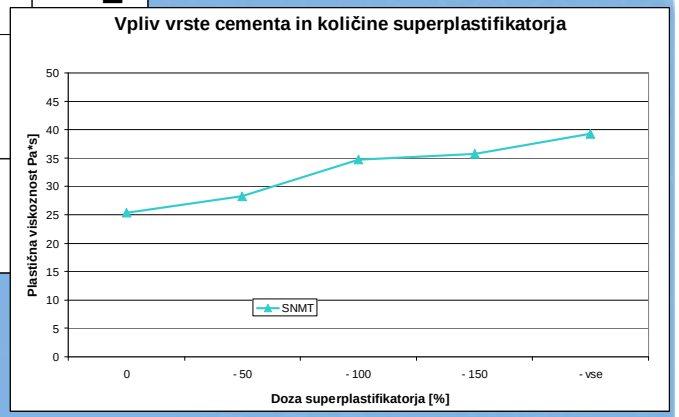


Vpliv različne vrste super plastifikatorja

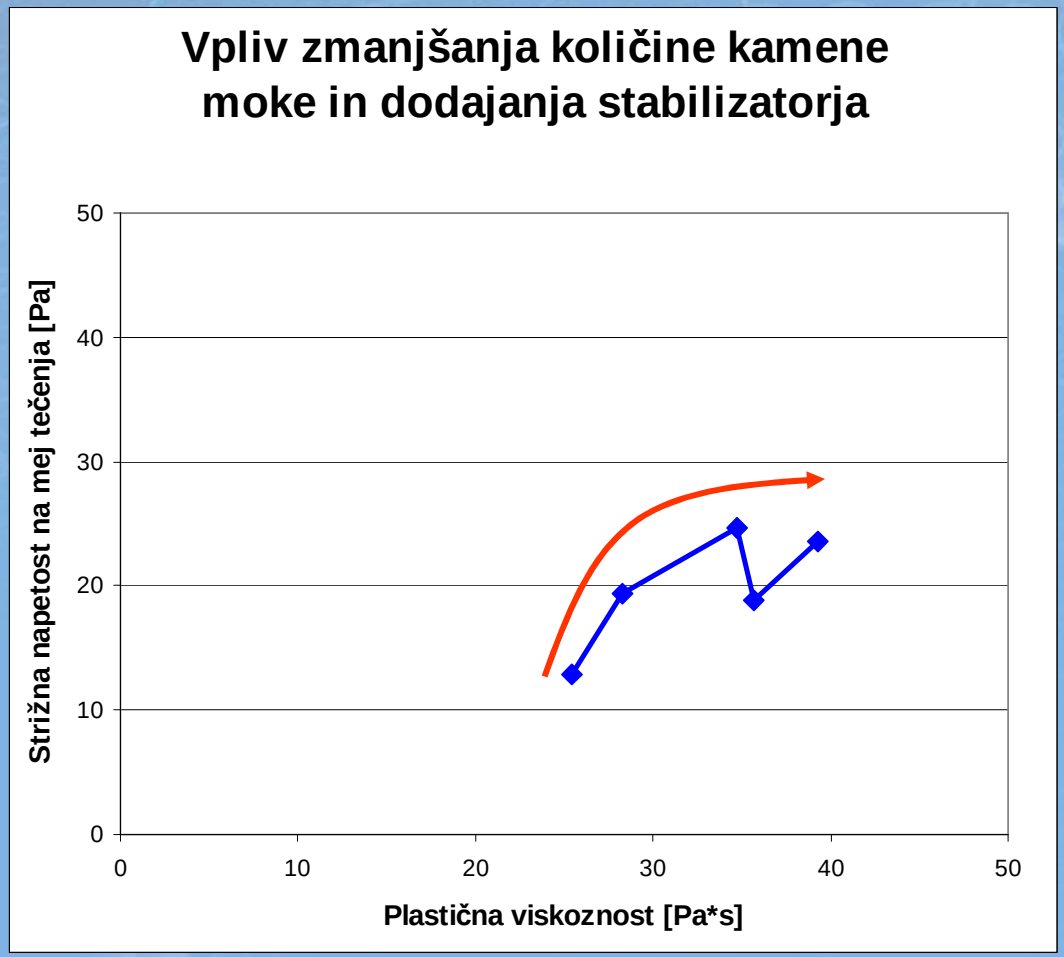
- Polikarboksilatni super plastifikatorji imajo za posledico visoko viskozne betone
- Slaba površinska obdelava
- Težje črpanje
- Majhna robustnost, občutljivost na najmanjše spremembe v vhodnih materialih

Vpliv količine kamene moke





Vpliv količine kamene moke



Vpliv količine kamene moke

- Ohranjanje obdelavnosti
- Med preskusom razleza s posedom beton izgleda v redu
- Opazimo nabiranje delcev na steni zunanjega valja, beton ob hitrejšem premikanju ni stabilen, pojav se stopnjuje z zmanjševanjem moke
- Viskoznost se povečuje, da ohranjamo stabilnost

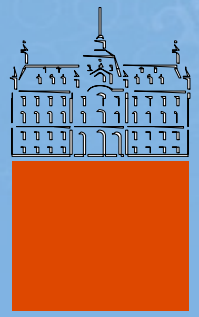
ZAKLJUČKI

- Zaznamo razliko v finosti cementa
- Zaznamo razliko v potrebi po superplastifikatorju pri različnih cementih
- Lahko izmerimo “mastnost” betona
- Preverimo vpliv aeranta, V/C razmerja in nadomeščanja cementa z mikro siliko, tufom ali žlindro
- Preverimo razliko med super plastifikatorji
- Preverimo stabilnost betonov

ZAKLJUČKI

- Uporaba območja zaželene obdelavnosti (workability box)
- Načrtovanje mešanic s pomočjo reologije
- Preverjanje surovin
- Kontrola kvalitete
- Zaznavanje do sedaj le vizuelnih ocen betona

HVALA ZA POZORNOST



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo