

Универзитет у Београду
Грађевински факултет
Катедра за хидротехнику и водно – еколошко инжењерство

МАСТЕР РАД

Тема: Унапређење поузданости мерења протока у канализационим системима помоћу Contrast електромагнетног сензора

Кандидат: Јована Јовашевић 525/18

Ментори: Др Душан Продановић
Др Дамјан Иветић

САДРЖАЈ

- ▶ Увод
- ▶ Мерење брзина
- ▶ Математички модел ЕМ сензора
- ▶ Методологија
- ▶ Резултати и дискусија
- ▶ Закључци и предлог будућег истраживања

УВОД

▶ Проток

▶ Фактори који утичу на избор мерне опреме:

- 1) Хидраулички услови
- 2) Карактеристике флуида
- 3) Физичке карактеристике проводника
- 4) Карактеристике средине
- 5) Економска категорија

▶ Задатак и циљ истраживања: Детаљно испитивање радних карактеристика Comrac EM сензора и формирање корекционе функције за унапређење одређивања протока

МЕРЕЊЕ БРЗИНА

- ▶ Метода V – A (Брзина – Протицајни пресек)
- ▶ Ултразвучни сензори
 - ▶ ADV – *Acoustic Doppler Velocimeter*
 - ▶ Предности: малих димензија, једноставни за постављање
 - ▶ Предуслов за рад – присуство суспендованих честица
 - ▶ **Мане:** високе мерне неодређености у канализационим сепарацијама
 - ▶ Фактори који утичу на појаву високих мерних неодређености
 - ▶ Неравномеран распоред суспендованих честица, премале концентрације
 - ▶ **Седиментација преко кућишта сензора**



МЕРЕЊЕ БРЗИНА

- ▶ Електромагнетни сензори
 - ▶ Цевни ЕМ сензори (еталонски мерач протока у Мастер ралву)
 - ▶ Интегрални ЕМ сензори
 - ▶ Локални ЕМ сензори
 - ▶ Папучасти
 - ▶ ЕМ сензори брзине у току
 - ▶ Равни ЕМ сензори
 - ▶ Large Flat DC – 2
 - ▶ Flat DC – 2
 - ▶ Compact Flat DC – 2



МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ ЕМ СЕНЗОРА

▶ Фундаментални математички модел

▶ Фарадејев закон електромагнетне индукције: Индуковани напон између електрода уређаја U_m генерише се кретањем проводне течности кроз управно магнетно поље

▶ Shercliff (1954., 1962.):

$$U_m^1 - U_m^2 = U_m = \int_{\tau} V(x, y, z) \cdot w \cdot d\tau$$

▶ Bevir (1970):

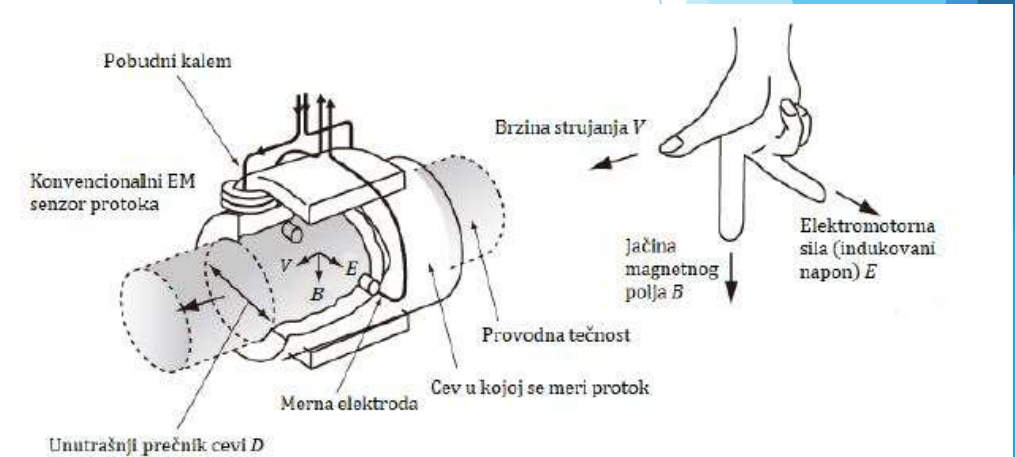
$$U_m = - \int_{\tau} (\vec{V} \times \vec{B}) \cdot \vec{j} d\tau = \int_{\tau} \vec{V} \cdot (\vec{B} \times \vec{j}) d\tau = \int_{\tau} \vec{V} \times \vec{W} d\tau$$

▶ Упрошћени математички модел

$$Z_L = \max \{ Z_{surf}, \delta \}$$

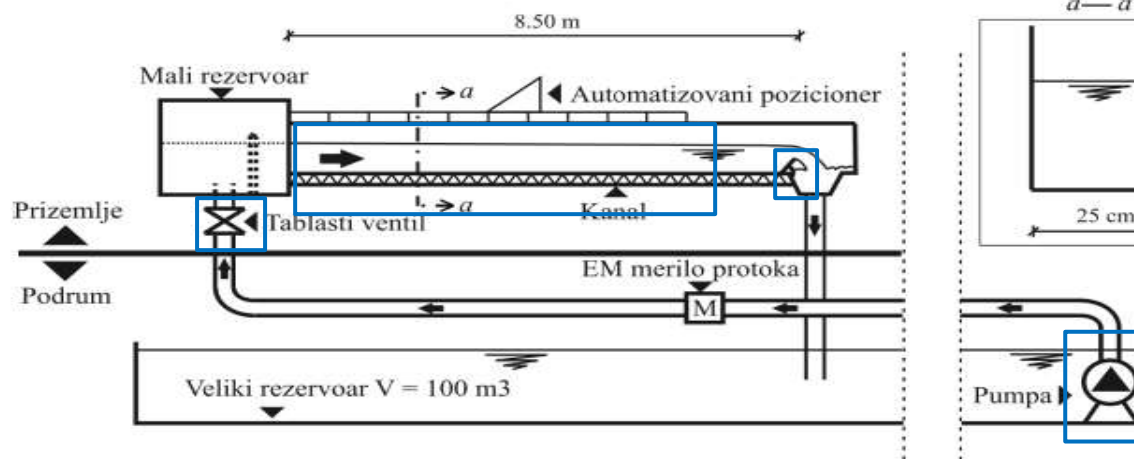
$$Z_U = \min \{ Z_{surf} + \tau_{max}, h \}$$

$$V_{mer} \cong V_{S,mer} = \frac{1}{(Z_U - Z_L)} \int_{Z_L}^{Z_U} w(z) \cdot V_x(z) dz$$



МЕТОДОЛОГИЈА

- ▶ Експериментална опрема – Contrast EM сонда
- ▶ Лабораторијска инсталација
 - ▶ Велики лабораторијски канал



- ▶ Мали канал



МЕТОДОЛОГИЈА

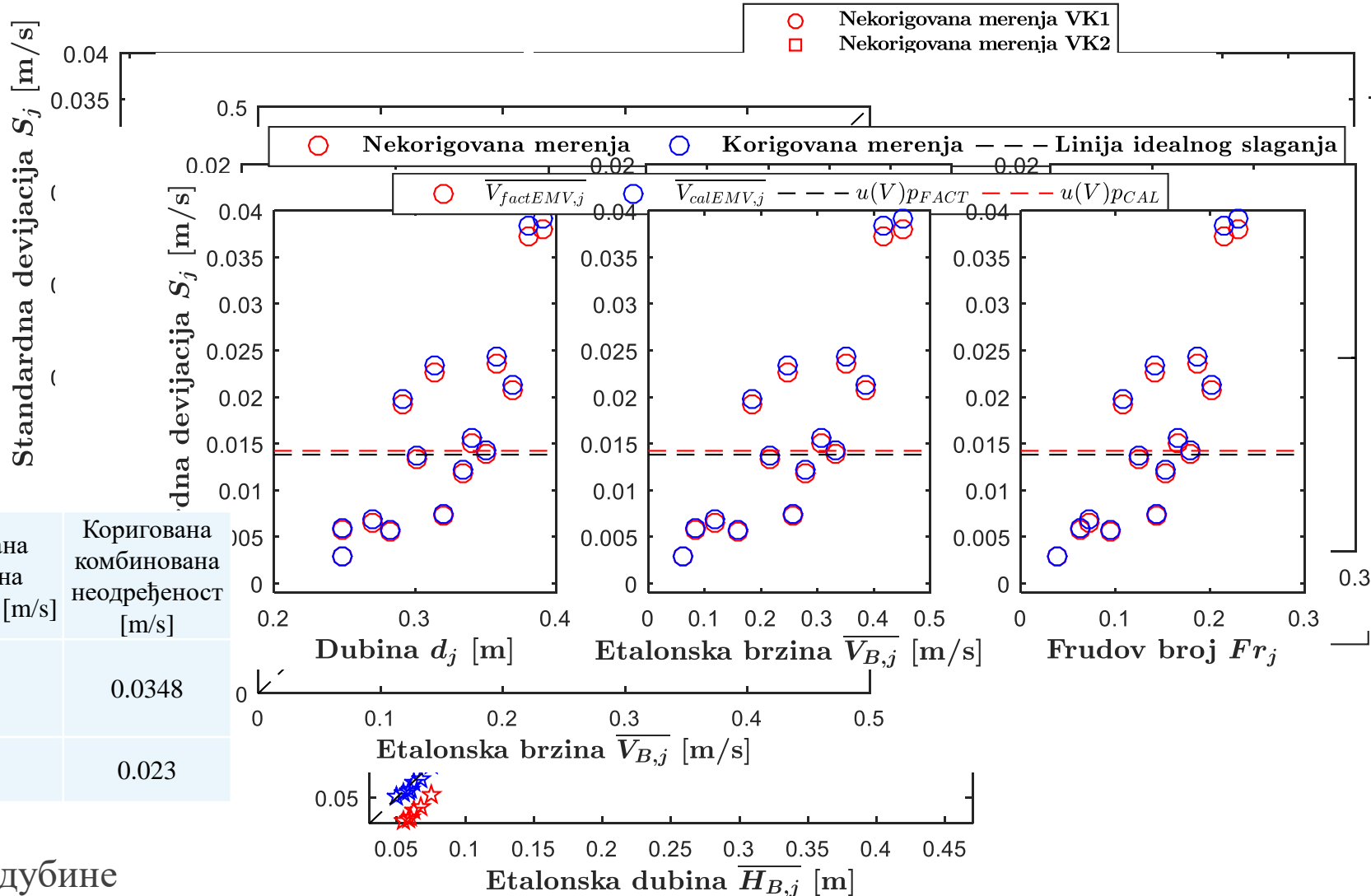
- ▶ Експериментална процедура у стандардним условима
 - ▶ Велики лабораторијски канал
 - ▶ Мерења са различитим положајима устава
 - ▶ Подигнута устава + рампа
 - ▶ Мали лабораторијски канал
- ▶ Експериментална процедура у ус
 - ▶ $\delta_m = \{10, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 60\}$



РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

- ▶ Мерне неодређености у случају мерења на малом каналу
- ▶ Однос еталонске и измерене брзине
- ▶ Резидуали брзина
- ▶ Стандардна девијација
- ▶ Мерне неодређености у случају мерења на великом каналу
- ▶ Compact Flat DC – 2 VS Flat I

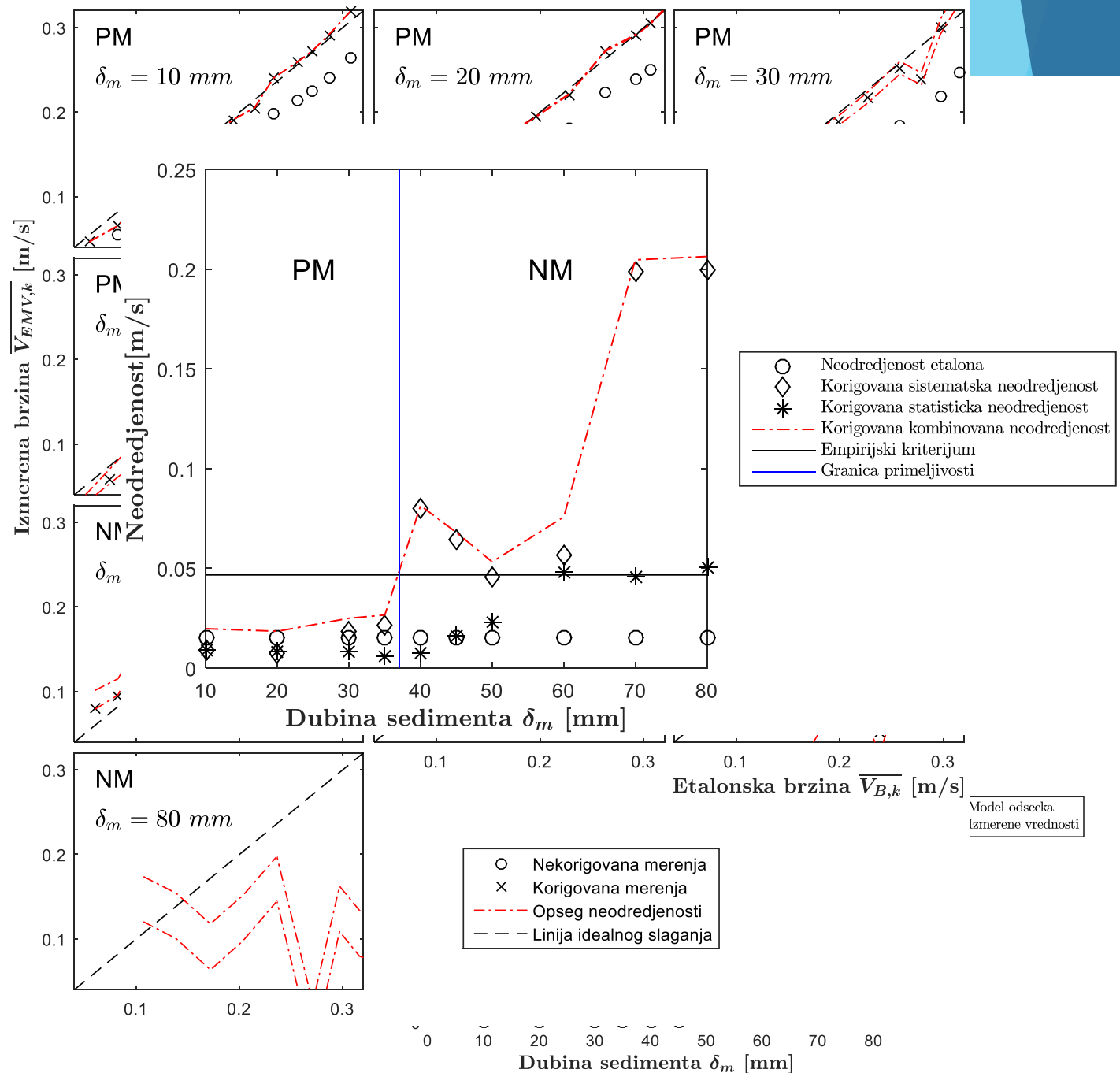
Тип сензора	Број мерних периода	Корекциона функција	Некоригована комбинована неодређеност [m/s]	Коригована комбинована неодређеност [m/s]
Compact Flat	60	(V - 0.0069)/0.9164	0.0365	0.0348
Flat	114	(V - 0.020)/0.790	0.129	0.023



- ▶ Однос еталонске и измерене дубине

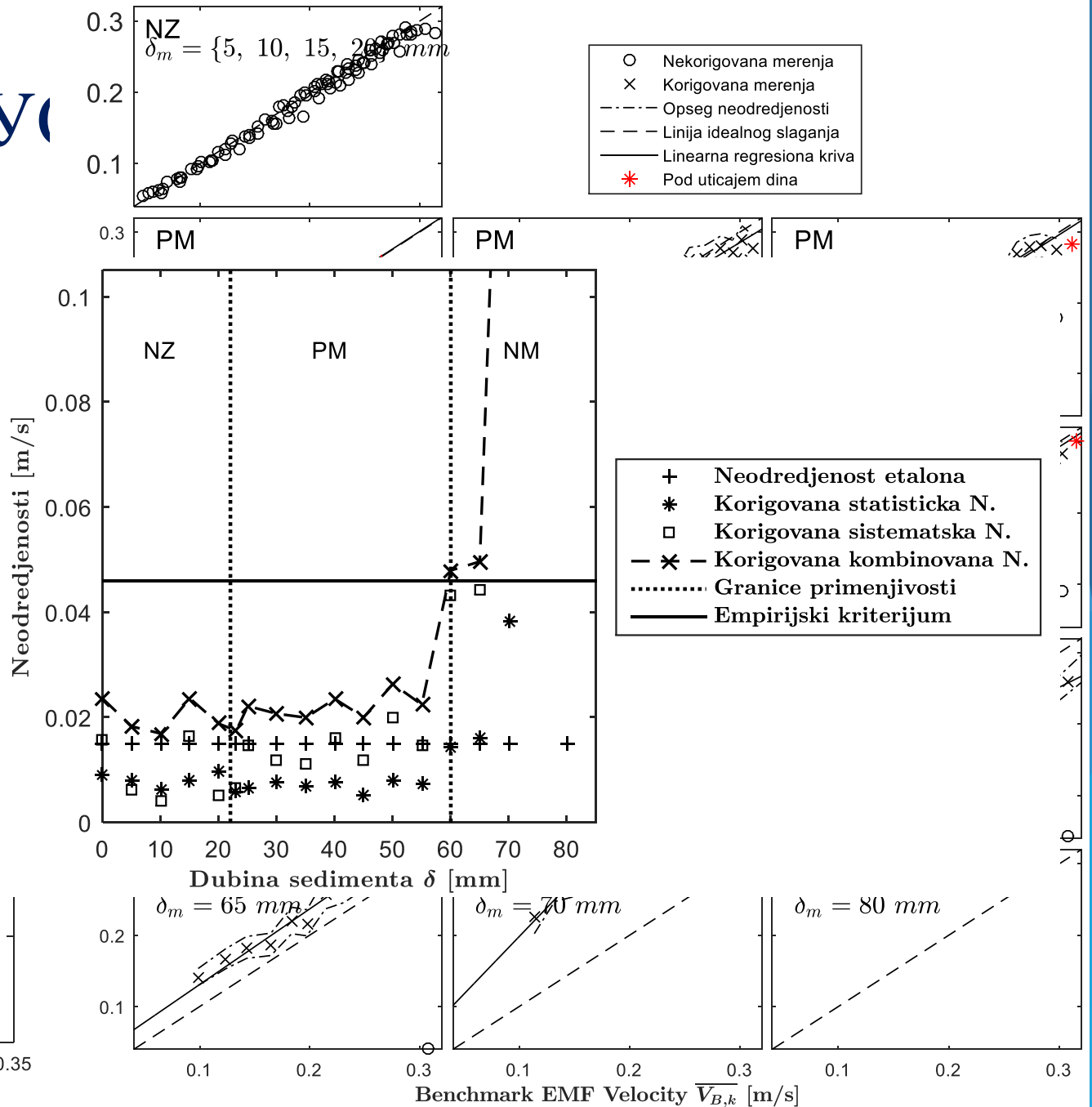
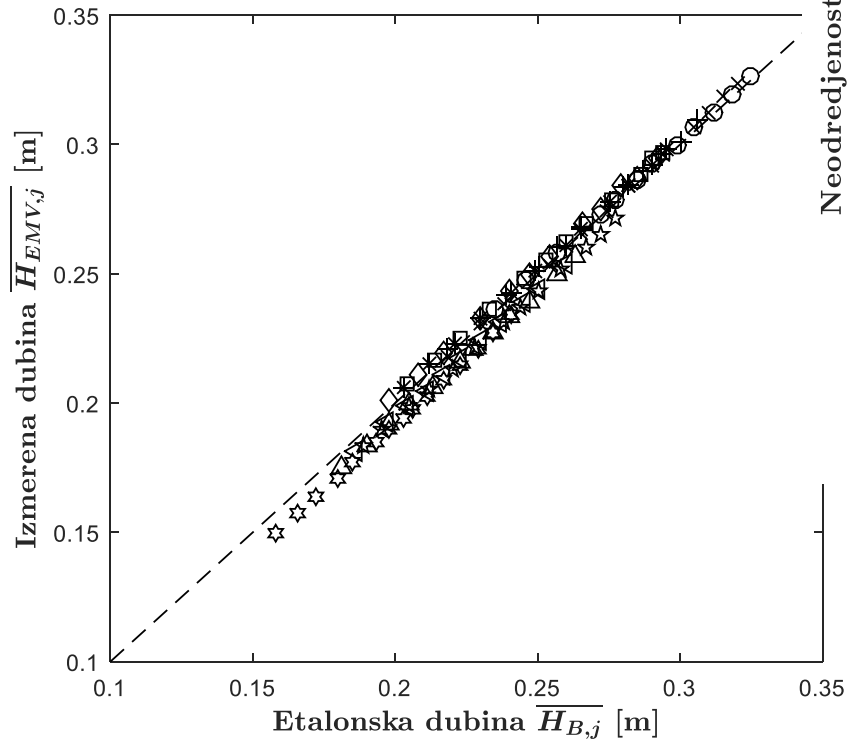
РЕЗУЛТАТИ И ДИС

- ▶ Мерна неодређеност Compact EM сон
- ▶ Линеарни регресиони модел (CFM – a)
 - 1) Анализа мерне неодређености
 - 2) Дефинисање корекционих функција
 - 3) Провера тренда
 - 4) Дефинисање граница примене модела пара
 - 5) Моделирање параметара корекционих фуни
 - 6) Валидација CFM – a
 - 7) Процена применљивости CFM – a



РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУ

- ▶ Compact Flat DC – 2 VS Flat DC – 2
- ▶ Мерење дубина у условима седиментациј



ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕДЛОГ БУДУЋЕГ ИСТРАЖИВАЊА

- ▶ **Comrac** сензор поседује капацитет за примену у канализационим системима, али потребна су додатна теренска испитивања у циљу коначне потврде могућности примене овог сензора у канализационим системима.
- ▶ Предлог будућег истраживања:
 - ▶ Додатна испитивања у циљу откривања узрока слабљења сигнала
 - ▶ Формирање недостајућих техничких параметара: τ_{max} и w
 - ▶ Испитивање могућности примене Comrac EM сонде у теренским условима
 - ▶ Испитивање могућности примене Comrac EM сонде у комбинацији са другим мерачима брзина/протока

Универзитет у Београду
Грађевински факултет
Катедра за хидротехнику и водно – еколошко инжењерство

МАСТЕР РАД

Тема: Унапређење поузданости мерења протока у канализационим системима применом Contrast електромагнетног сензора

Кандидат: Јована Јовашевић 525/18

Ментори: Др Душан Продановић
Др Дамјан Иветић