

Modeliranje procesa kao potpora gradnji i puštanju u rad Tvornice umjetnih gnojiva u Kutini i Rafinerije nafte u Bosanskom Brodu; 1967. – 1973.

Marijan Andrašec

Žarko Prnić

Vilko Žiljak



Sadržaj izlaganja

- ✓ Uvod – lokalne i globalne okolnosti
- ✓ Josip Lončarić
- ✓ Odjel za sistemsko inženjerstvo – osnivanje, ljudi i odnosi
- ✓ Računalni programi i oprema
- ✓ Rad na postrojenju Tvornice umjetnih gnojiva – Kutina
- ✓ Rad na postrojenju Rafinerije nafte – Bosanski Brod
- ✓ Rad na drugim projektima u periodu do 1973. godine
- ✓ Zaključno



Uvod – lokalne i globalne okolnosti

Koncem 60tih godina pokrenuti su projekti gradnje velikih proizvodnih sustava kemijske i naftne procesne industrije opremljenih modernom mjernom i regulacijskom instrumentacijom.

Dnevno praćenje proizvodnje, pouzdano utvrđivanje materijalnih i energetske bilanci u umreženom sustavu postrojenja uz prisustvo povratnih tokova i neočekivanih poremećaja, kao i netočnosti i ispada pojedinih mjernih instrumenata, bio je velik izazov.

Pojavila se prva literatura o matematskom modeliranju takvih procesa i simulaciji njihova rada korištenjem računala. Formiralo se stručno područje pod tadašnjim nazivom „sistemska inženjerstvo“.



Uvod – lokalne i globalne okolnosti

Projektna organizacija Industroprojekt u Zagrebu (INZ) (ranije Institut za naftu) bila je u to vrijeme jedna od vodećih u Jugoslaviji, te je imala važnu ulogu u projektiranju i gradnji tvornice umjetnih gnojiva u Kutini i Rafinerije nafte u Bosanskom Brodu. Direktor je bio Anđelko Bubanj, koji je, za tadašnje okolnosti, projektnu organizaciju vodio na vrlo moderan način.

Industroprojekt je, na poticaj Josipa Lončarića, 1967. godine osnovao grupu/odjel za sistemsko inženjerstvo, koja radila na projektima gradnje, puštanja u rad i poboljšanja rada u Tvornici umjetnih gnojiva u Kutini i Rafineriji nafte u Bosanskom Brodu, te širila svoje djelovanje i na druge projekte u naftnoj industriji i prometu.



Uvod – lokalne i globalne okolnosti

Koncem 1960tih uspostavljena je dobra suradnja sa grupom sa Dartmouth College-Illinois-USA, koja je napravila prvi program za simulaciju rada procesnih postrojenja – PACER; program je korišten u Kutini i Bosanskom Brodu.

Do 1973. godine rad „Sistenskog inženjerstva“ je znatno napredovao, ali je nakon nekoliko godina na osnovu političkih odluka Industroprojekt spojen sa INA Inženjeringom, a „Sistensko inženjerstvo“ se polako ugasilo.



Josip Lončarić

Josip Lončarić, fizičar, rođen je 1929. u Skradu – Gorski Kotar, studirao je u Zagrebu. Prvo zaposlenje mu je bilo u Tvornici Azot-Goražde, gdje se bavio procesnom instrumentacijom i regulacijama u procesu. U Institutu za naftu je počeo raditi 1957. godine, te je do 1967. uspješno vodio različite odjele, kada je potaknuo rad u području „sistemskog inženjerstva“. Industroprojekt je napustio 1977. godine.

Napisao je nekoliko dobrih studija o primjeni računala i računalnih postupaka u industrijskom okruženju, ali je malo objavljivao; ti su radovi korišteni kao interna dokumentacija Industroprojekta u projektima.



Josip Lončarić



Josip Lončarić



Radna knjižica Josipa Lončarića

U dokumentaciji porodice Lončarić nađene su bilješke s prikazom rada iz perioda u Industroprojektu, sa mnogim zanimljivim detaljima o aktivnostima i projektima.



Odjel za sistemsko inženjerstvo – osnivanje, ljudi i odnosi

Pripreme za osnivanje grupe za sistemsko inženjerstvo počele su 1967. godine, kada je poslije Lončarića u ožujku kao prvi zaposleni došao Marijan Andrašec. Grupa je vremenom prerasla u odjel, a odjel je vremenom prerastao u OOUR s vlastitim financiranjem. Na kraju je taj dio prerastao u Sektor s nekoliko OOURa.

Lončarić u svojim bilješkama piše: „Uz tek mali broj radnika srednje stručne spreme, sve su to bili mladi ljudi završenog fakulteta (kemija, fizika, matematika, informatika, ekonomija). U početku složni mladi ljudi željni znanja i uspjeha.“



Odjel za sistemsko inženjerstvo – osnivanje, ljudi i odnosi

Prema sjećanjima, u periodu do početka 70tih došli su: Josip Lončarić, Marijan Andrašec, Zvezdana Gregorina, Žarko Prnić, Mladen Einspiegel, Vlasta Čizmić, Franjo Čataj, Milan Badovinac, Filip Ćorlukić, Luka Omejec, Ratimir Kvaternik, Jasna Domes, Vilko Žiljak, Višnja Čović, Vedrana Skračić, Eduard Beer, Igor Semenov, Igor Dragičević, Ivo Jeričević, Lavoslav Palinkaš, Damir Vekić, A. Brumnić, Zlatko Pintarić.

Mradi ljudi su tada formirali svoje živote, te su česta bila vjenčanja, zaruke, rođenja djece, useljavanja u stanove, rođendani, imendani i sve što je moglo biti povod za malu feštu i druženje. Vladao je radni entuzijazam.



Odjel za sistemsko inženjerstvo – osnivanje, ljudi i odnosi

U rujnu 1970te Marijan Andrašec je otišao iz Industroprojekta u BASF u Ludwigshafen am Rhein, te je oproštajno druženje održano 03. 09. 1970. u Sv. Ivanu- Zelini u vikendici porodice Žiljak.



Odjel za sistemsko inženjerstvo – osnivanje, ljudi i odnosi

Početakom 70tih, unatoč dobre situacije u poduzeću - svi su mnogo naučili i sazrijevali su, nekoliko ljudi je otišlo tražeći nove izazove i prilike za razvoj. Prema sjećanju otišli su: Mladen Einspiegel, Luka Omejec, Ratko Kvaternik, Višnja Čović, Vlasta Čizmić, Filip Ćorlukić, Žarko Prnić.

Zanimljiv je bio odlazak Višnje Čović. Kod preuzimanja programa PACER za modeliranje procesnih postrojenja pomagali su nam suradnici profesora Shannona sa Purdue University. Jedan od njih, Stanley A. Gembicki, zaljubio se u Višnju, veza je postala ozbiljna, te je Višnja otišla s njim u SAD i udala se za njega.



Računalni programi i oprema

Rad na računalnom modeliranju koncem 60tih bio je jako ograničen skromnim kapacitetima računala.

Za rad na projektu Tvornica umjetnih gnojiva u Kutini nabavljeno je stolno elektronsko računalo FRIDEN, koje je imalo ekran sa prikazom svih brojeva i funkciju vađenja drugog korijena. Stroj je bio mnogostruko skuplji od



Friden EC-132 Electronic Calculator

mehaničkog računala, te se na Radničkom savjetu burno raspravljalo o njegovoj nabavi, jer „s tim strojem može istovremeno raditi samo jedna osoba, a s dvadeset mehaničkih računala dvadeset ljudi“.



Računalni programi i oprema

Prvi računalni stroj nabavljen 1968. godine bio je “Librascope General Precision - LGP 21”. Programi i podaci unosili su se pomoću papirne trake. Početkom 1971. montiran je stroj IBM 1130, nakon što je osigurana i uređena posebna prostorija (dvostruki pod, potrebni priključci, klima uređaj). Početna konfiguracija imala je 8 kWords; kasnije je povećana memorija na 32 kWords, a zatim su postupno dodavane diskovske jedinice sve do 512 kWords. Stroj je radio je sve do početka 1975.

Svi suradnici su prošli obuku iz programiranja u jeziku Fortran, a glavni instruktor bio je Ratko Gospodnetić; vježbe su se provodile na na strojevima u ETF-u i u Industrogradnji.



Računalni programi i oprema

Dnevna provjera i usklađivanje mjernih podataka na složenom sustavu, kao što je kutinska tvornica zahtijeva posebne metode i računalne mogućnosti.

Lončarić je informacije o korekciji mjernih podataka u industrijskim mjerenjima metodom najmanjih kvadrata s ograničenjima i vjerojatnostima pojedinih podataka prenesao iz aktualne literature 1969. Matematski dio rješavao je Žarko Prnić, a modelnu prilagodbu na sustav tvornice u Kutini rješavao je Marijan Andrašec.

Konačni izraz omogućava nalaženje minimuma odstupanja bilanciranja u procesu, uzimajući u obzir točnosti mjernih instrumenata u sustavu i jednadžbe prisutnih kemijskih reakcija.



Računalni programi i oprema

Minimum se postiže kad su parcijalne derivacija po svim nepoznanicama jednake nuli:

$$\frac{\partial \phi}{\partial y_j} = \omega_1 (y_j - y'_j) + \sum_{i=1}^k \lambda_i a_{ij} = 0, \quad j=1, 2, \dots, n$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial \lambda_j} = \sum_{i=1}^k a_{ij} y'_i = 0, \quad i=1, 2, \dots, k$$

Izraz za ispravljena mjerenja je:

$$\bar{y} = y' - W^{-1} A^T (A W^{-1} A^T)^{-1} A y.$$

U svojim bilješkama Lončarić piše: „Svojom orijentacijom na matematičko programiranje procesa u procesnoj industriji bili smo na tom području daleko najnaprednija grupa u Jugoslaviji.“



Računalni programi i oprema

Za modeliranje procesnih sustava nije bilo potrebnih alata, te je iskorištena prilika, što je uspostavom kontakta sa prof. Shannonom sa Purdue University omogućeno korištenje programa PACER, koji 1976. stavljen sveučilištima u USA i Kanadi na raspolaganje za edukacijsko korištenje.

Nisu još postojala iskustva u industrijskoj primjeni, te je projekt u Kutini bio i za američku ekipu zanimljiv. Treba naglasiti da se radilo o pionirskom pothvatu, PACER je bio prvi takav program, te su se iza toga, nastavno na taj rad, razvili drugi, složeniji programi.

Kod uvođenja programa pomagao je P. Shannonov suradnik Stanley Gembicki, koji je boravio neko vrijeme u Zagrebu.



Računalni programi i oprema

Program PACER, iako vrlo koristan u početnim radovima, bio je u razvojnoj fazi, te su odmah pokrenute aktivnosti na njegovom poboljšavanju, pa čak i zamjeni.

Žarko Prnić je razvio novi program SOP, koji je bio znatno složeniji i upotrebljiviji za procesne simulacije, te je kasnije korišten i na Rafineriji u Bosanskom Brodu, a PACER je napušten u upotrebi.

Profesor Paul Shannon preminuo je 2012. godine u 101. godini života.



Računalni programi i oprema

Modeli i simulacije primijenjeni u navedenim projektima bili su deterministički, te nisu bili primjenljivi na stohastičke procese.

Lončarić je, nastojeći proširiti aktivnosti na druge projekte, pokrenuo rad na stohastičkim procesima, te je na tom području 1970te zaposlio Vilka Žiljaka, koji je idućih godina razvio to područje i radio na čitavom nizu projekata, koji nisu bili direktno povezani s gradnjama u Kutini i Bosanskom Brodu.

Kada je koncem 1970te Industroprojekt nabavio računalni stroj IBM1130, Žiljak je preuzeo i upravljanje tim računalnim centrom.



Rad na postrojenju Tvornice umjetnih gnojiva – Kutina

Gradnja tvornice umjetnih gnojiva - Kutina (TUG-Kutina) bila je 1968. pred završetkom, te su provedene prve tehničke provjere od strane institucija i formiranih zajedničkih komisija.



Parkiralište pred upravnom zgradom
koncem 60tih

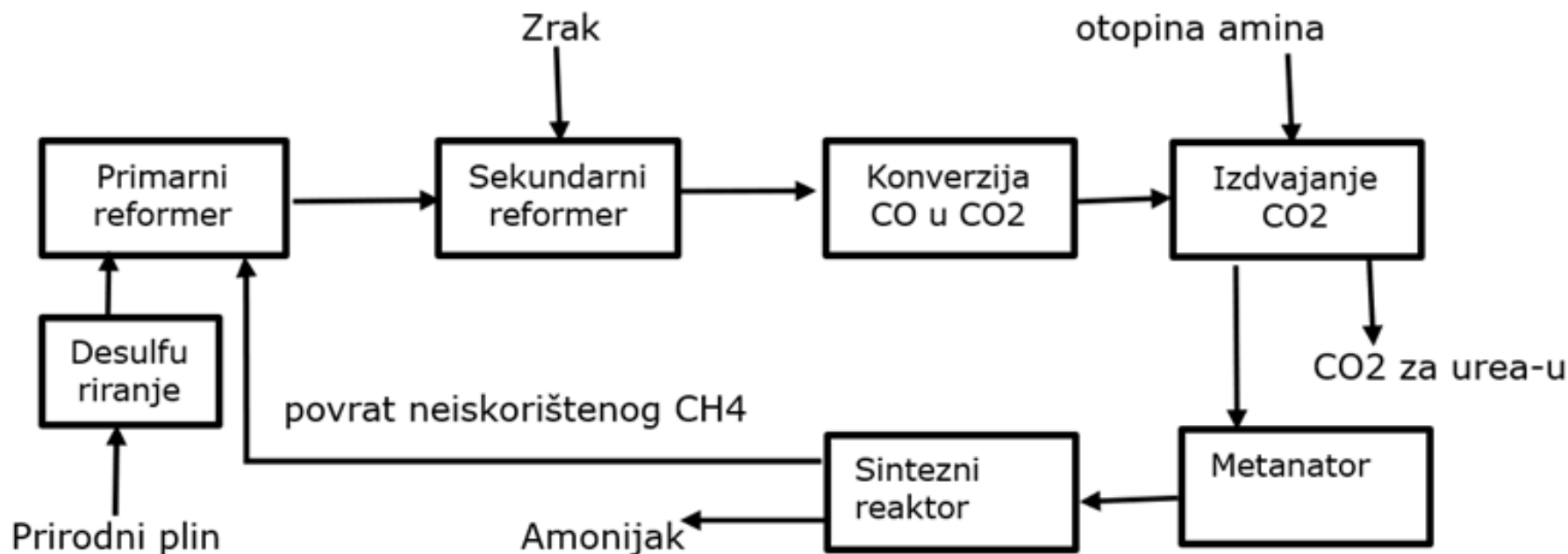


Gradnja TUG u Kutini



Rad na postrojenju Tvornice umjetnih gnojiva – Kutina

Postrojenje za proizvodnju amonijaka u Kutini 1967. –
Postupak Foster Wheeler (pojednostavljena shema postupka)



Rad na postrojenju Tvornice umjetnih gnojiva – Kutina

Postrojenje amonijaka se sastoji od niza katalitičkih reaktora, apsorpcijske kolone, stripera za CO₂, kompresora, te različite druge opreme uz visoku temperaturu i pritisak.

Mjerenja protoka na vodovima unutar pogona su teško provediva, te se mjere samo izlazne veličine za bilanciranje prema sumarnoj jednadžbi sinteze amonijaka:



NH₃ se koristi na postrojenjima UREA, KAN i NPK, te se mjeri i količina u skladištu; cjelovita bilanca sustava omogućuje kontrolu bilance amonijaka, ugljika i dušika. Bilanca ugljika odnosi se na ulazni prirodni plin, koji se plaća dobavljaču.



Rad na postrojenju Tvornice umjetnih gnojiva – Kutina

Gradnju tvornice vodio je Ivan Čepelnik, postrojenje amonijaka Duško Preradović (pomoćnik Sabrija Lampa), postrojenje urea Eduard Beer, postrojenje NPK Ante Martinović, analitički laboratorij Zlata Martinović, Odjel za obračun proizvodnje Rozalija Peić Cvok.

TUG Kutina je s Industroprojektom, koji je obavljao niz projektnih i inženjerskih radova na gradnji, ugovorila praćenje „test-run-a“ postrojenja proizvodnje amonijaka. Ugovoreno je i osnivanje centralne službe za dnevno praćenje proizvodnje ukupnog sustava, za bilanciranje i za izvještavanje Uprave.



Rad na postrojenju Tvornice umjetnih gnojiva – Kutina

**Posao je preuzeo Odjel za sistemsko inženjerstvo -
podjela zadataka:**

- ✓ **Zvezdana Gregorina:** kontrola ispravnosti dimenzioniranja, ugradnje i rada protočnih mjerila
- ✓ **Marijan Andrašec i Mladen Einspiegel:** dnevno snimanje podataka za izradu ulazno-izlazne bilance
- ✓ **Žarko Prnić:** usklađivanje podataka pripremljenom metodom
- ✓ **Marijan Andrašec:** kontrola podataka na grube pogreške pomoću matematskog modela procesa, izrada dnevnih izvještaja za TUG, izrada konačnog izvještaja za „test-run“ postrojenja amonijaka
- ✓ **Josip Lončarić:** odobrenje konačnog izvještaja i rasprava na finalnom sastanku s General Contractorom- Foster Wheelerom.



Rad na postrojenju Tvornice umjetnih gnojiva – Kutina

- ✓ Kod praćenja „test-run-a“ postrojenja amonijaka, nismo imali računalo za rad na lokaciji, te je kolega Prnić morao inverzije matrica (5x5) svakog dana u Kutini provoditi ručno na elektronskom stolnom računskom stroju FRIDEN.
- ✓ Stalno 24satno višednevno praćenje rada postrojenja, Industroprojektov malobrojan tim savlađivao je uz velik napor, nespavanje i puno mladenačkog entuzijazma.
- ✓ Kasnije su rađeni modeli za postrojenje amonijaka korištenjem programa PACER, koji je bio koristan, ali se pokazao nedovoljno precizan, te je radom Žarka Prnića stvoren simulacijski program SOP podoban za takvu namjenu.



Rad na postrojenju Rafinerije nafte – Bosanski Brod

Početak aktivnosti u Rafineriji nafte u Bosanskom Brodu u smislu modeliranja bio je nešto kasnije od radova u Kutini. Tamo je poslove vezane uz instrumentaciju obavljao Filip Ćorlukić, koji je već ranije radio sa Lončarićem u Azotari Goražde.

Od novijih članova u Bosanskom Brodu najviše su bili aktivni Franjo Čataj i Milan Badovinac. U kasnijoj fazi uključila se Jasna Domes, a nakon toga je s programom SAP simulaciju radio Eduard Beer.

Rad u Rafineriji najopsežnije je opisao Filip Ćorlukić u svojoj zanimljivoj knjizi sjećanja „Moja sjećanja na minulo stoljeće”.



Rad na postrojenju Rafinerije nafte – Bosanski Brod

Jedan od citata iz knjge: „Od Jožinih inženjera samo je još Badovinac redovno odlazio u rafineriju, pa smo se dogovorili da skupa putujemo njegovim Wartburgom.

Na žalost prigodom jednog ulaska u Brod on je izgubio kontrolu vozeći preko hrpe pijeska, skrenuo je preko jarka, udarili smo u debelo drvo i automobil se prevrnuo na krov tako da je kabina slobodno visila između dvije obale jarka. Izišao sam kroz prozor, Milan je glavom udario u volan pa je bio u kratkoj nesvjestici. Mi smo srećom dobro prošli, a automobil je pretrpio totalnu štetu. Od tad sam putovao vlakom.“



Rad na postrojenju Rafinerije nafte – Bosanski Brod

Osim stacionarnog – determinističkog modeliranja programom PACER, po uzoru na rad u TUG Kutina, Odjel za matamatičko modeliranje velikih sistema vođen Vilkom Žiljakom, služeći se stohastičkim postupcima i modelima, rješavao je 1971. godine optimalno vođenje procesa za povećanje randmana na željenom gorivu u situaciji promjenljive ulazne nafte i tržišnih potreba za Rafineriju u Bosanskom Brodu.

Unatoč nastojanja Lončarića da djelovanje proširi na druge tvornice u tom području, nije bilo većeg uspjeha, a i rad s Rafinerijom je postepeno prekinut.



Rad na drugim projektima u periodu do 1973. godine

Vilko Žiljak se zaposlio u Industroprojektu 1970te godine i odmah se započeo baviti stohastičkim procesima i njihovom simulacijom. To su bili prije svega projekti vezni uz transportne probleme (pomorski transport, transport naftovodom), problemi skladištenja (gnojiva u Kutini, koks u Bakru, rezervoarski kapaciteti u Omišlju i u rafinerijama), optimiranje randmana rafinerije kod promjenljive sirovine i tržišta.

Osnovan je „Odjel za matematičko modeliranje velikih sistema“, te je zaposleno nekoliko mladih ljudi: Mira Filipović, Draguška Pivac, Nada Brigljević. Kasnije su uključeni suradnici različitih profila.



Rad na drugim projektima u periodu do 1973. godine

U „Odjelu za matematičko modeliranje velikih sistema“ razvijeni su i novi postupci prikazivanja velikog broja numeričkih podataka nastalih helikopterskim snimanjem radijacije. Rezultat su bile grafičke karte, a koristile su za određivanje naftnih ležišta u Slavoniji. Ista logika primijenjena je u određivanju ležišta boksita.

U projektu realizacije naftovoda, za skladišta nafte u Omišlju i transport nafte s tankerima od 80.000 do 160 tisuća tona, simuliran je njihov put od Azije i Afrike, sve do određivanja kapaciteta rezervoara za prihvrat nafte u Omišlju i u rafinerijama u Sisku, u Pančevu, u Mađarskoj i Sloveniji.



Zaključno

Provjera mjernih podataka i njihovo usklađivanje pri puštanju u rad TUG Kutina i Rafinerije nafte Bosanski Brod primjenom složenih matematskih postupaka i modela u to je vrijeme bila potpuna novina u prostoru bivše Jugoslavije. Razvoj u području modeliranja stohastičkih procesa pogotovo je bio znatno iznad tadašnje razine razmišljanja i djelovanja.

Sistemska inženjerstvo razvijano u projektnoj organizaciji Industroprojekt pridonijelo je stvaranju prve generacije mladih stručnjaka s iskustvom u modeliranju industrijskih procesa, koji su u svojem kasnijem razvoju odigrali važnu ulogu u modernizaciji inženjerskih postupaka i razvoju struke u Hrvatskoj.



Zaključno

Svjedočenja učesnika u projektima iz tog vremena s iskustvom u različitim geografskim sredinama pokazuju da su početni koraci i procesi koncem 60tih bili vrlo slični u domaćem okruženju, u sveučilišnom i industrijskom okruženju u SAD i u industrijskom okruženju u tadašnjoj SR Njemačkoj.

Čini se da su glavni uzroci dosta skromnih početaka u svim sredinama bili: nedovoljna razvijenost programskih alata, računala nedovoljne snage, konzervativan pristup industrije i inženjerske struke, zatvorenost struka prema interdisciplinarnom radu.



Zaključno

Promatrano na taj način, iskorak grupe iz Industroprojekta, uz raspoložive resurse, koji su u odnosu na slične grupe u inozemstvu bili zanemarivi, čini se još značajnijim i važnijim.

Raspravom unutar grupe postojećih svjedoka tadašnjih zbivanja zaključeno je da je naša velika prednost bila interdisciplinarnost unutar organizacije u kojoj se sve odvijalo, a posebno unutar Odjela za sistemsko inženjerstvo, te radni entuzijazam i spremnost na učenje.



Kontakti autora

Dr. sc. Marijan Andrašec

Državni zavod za mjeriteljstvo, ravnatelj u mirovini

Email: mandras1942@gmail.com

Dr. sc. Žarko Prnić

INA Naftaplin, savjetnik u mirovini

Email: zprnic@gmail.com

Prof. dr. sc. Vilko Žiljak

Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, profesor emeritus

Email: fsvz1812@gmail.com

