

Poglavlje 2

Zašto meriti u hidrotehnici

Da bi se objasnila svrha merenja u različitim oblastima hidrotehničkih aktivnosti, neophodno je da se ukaže na vrste istraživanja koja se u hidrotehnici obavljaju slično kao i u ostalim granama nauke i tehnike. Naglasak je ovde naravno na onim istraživanjima koja se koriste merenjem - eksperimentom, kao jednim od sredstava za dolazak do potrebnih informacija, radi nalaženja odgovarajućeg tehničkog rešenja. Logično je da sva istraživanja polaze od racionalnih osnova mehanike, konkretno u ovoj razmatranoj problematici, od osnovnih principa održanja (konzervacije) mase i količine kretanja, odnosno energije u fluidima.

Ovi principi formulisani za fluide, svedeni na osnovne jednačine mirovanja i kretanja, neće se ovde izvoditi, pošto se pretpostavlja da su čitaoci sa njima upoznati. Za detaljnije obnavljanje videti, na primer, G. Hajdin [1], G.K. Batchelor [2], N.B. Webber [3]. Problem, međutim, predstavlja što se za veliki broj tehničkih problema osnovne jednačine ne mogu (ili za to nema potrebe) rešavati u njihovom izvornom obliku, nego se koriste njihovi pojednostavljeni oblici prilagodjeni konkretnim primerima. U zavisnosti od vrste istraživanja iste je moguće podeliti na mnogo različitih načina. Ovde će se podeliti na četiri osnovne grupe: fundamentalna, primenjena opšteg karaktera, primenjena lokalnog karaktera i konkretna. Na slici 1. šematski je prikazana i njihova veza sa osnovnim principima izraženim osnovnim jednačinama mehanike fluida i hidraulike.

Karakter istraživanja	Analitička baza	Očekivani rezultati
1) Fundamentalna istraživanja	Osnovne jednačine u izvornom ili modifikovanom obliku sa pojednostavljenjima opšte karaktera	Informacija o strukturi fizičkog procesa. Rešenja i rezultati primenljivi u raznim oblastima sa različitim graničnim uslovima
2) Primenjena istraživanja opšteg karaktera	Uprošćeni oblici osnovnih jednačina prilagodjeni konkretnim uslovima	Zaključci i rezultati primenljivi na veći broj slučajeva sa sličnim graničnim uslovima
3) Primenjena istraživanja lokalnog karaktera	Specifični oblici osnovnih jednačina prilagodjenim lokalnim geometrijskim, dinamičkim i drugim uslovima	Rezultati primenljivi samo na slučajeve sa identičnim ili vrlo sličnim graničnim uslovima
4) Konkretna istraživanja	Najčešće poluempirijski izrazi	Rešenje praktičnog konkretnog problema bez dovoljno opštosti

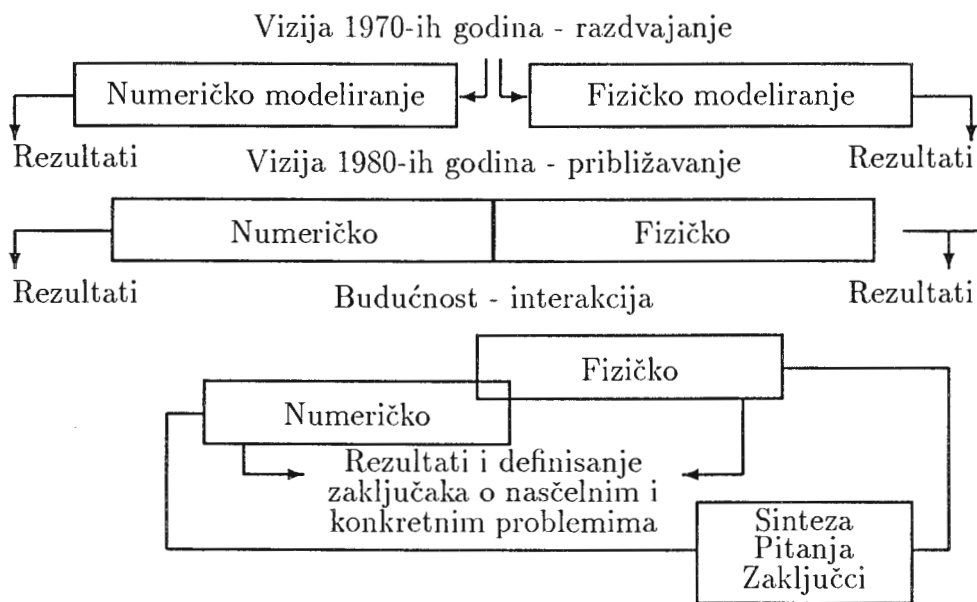
Slika 1. Osnovne grupe istraživanja

Ilustracije radi navešće se primer za svaku od gore pomenute četiri grupe. U prvu grupu, na primer, mogla bi da se svrstaju merenja strukture turbulentnog prostornog toka: raspodela osrednjenih fluktuacionih komponentata brzine, postanak, razvoj i destrukcija vrtloga, mehanizam prenosa energije toka iz jednog oblika u drugi i sl. Neki rezultati ovakvih merenja prikazana su u knjizi A.A. Townsend [4]. U drugu grupu na primer, mogla bi se svrstati merenja brzine prostiranja poremećaja u cevi određene vrste materijala izazvane hidrauličkim udarom. Trećoj grupi bi mogla da pripadaju, na primer, merenja raspodele pritiska u ravanskom strujanju, prelivanjem preko ili isticanjem ispod čvrste konture, sa unapred definisanim graničnim uslovima. Četvrtoj grupi pripada određivanje hidrodinamičkog pritiska filtracijom ispod specifičnih geometrijskih oblika temelja, oslonjenog na nehomogeno tle uslovljeno konkretnim geološkim uslovima.

Ovu podelu i granice između pojedinih grupa svakako treba shvatiti uslovno, pošto su i sasvim drugačije podele moguće, a i granice između pojedinih vrsta istraživanja nisu jasne.

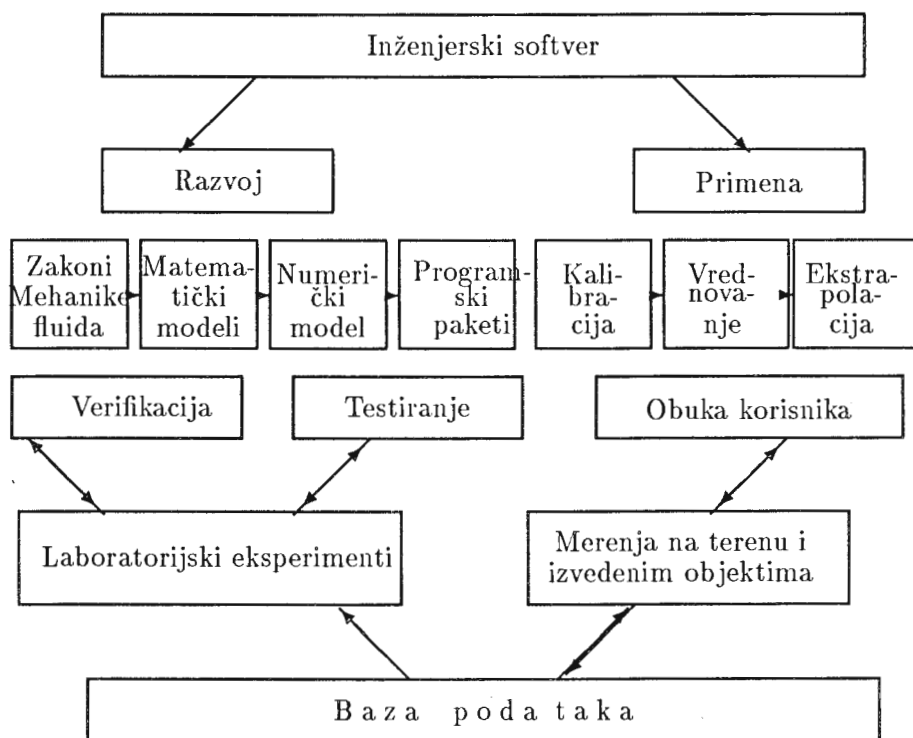
Ono što je zajedničko za sve pomenute primere je da se rezultati istraživanja dobijaju merenjem određenog broja fizičkih veličina

brzine, pritiska, itd. Razvojem složenijih i moćnijih sredstava za numeričko rešavanje osnovnih jednačina u izvornom ili modifikovanom obliku uloga merenja se menja, ali se ne gubi. Na primer, u proteklih nekoliko decenija ovog veka veliki broj konkretnih hidrotehničkih problema rešavan je izgradnjom fizičkih modela. Razvojem složenijih matematičkih modela omogućeno je da se jedan broj problema uspešno rešava numeričkim modelima, čime je prestala potreba da se za te slučajeve grade fizički modeli. Sa druge strane, razvoj složenih matematičkih modela zahteva drugu vrstu (često složeniju sa jasnijim graničnim uslovima) fizičkih modela radi razjašnjenja suštine procesa, kalibracije i verifikacije modela, određivanja vrednosti parametara i konstanti, itd.



Slika 2. Odnos numeričkih i fizičkih modela u poslednje dve decenije, kao i predviđanje za naredni period (iz rada J.A. Cunge-a [5])

U ovom pogledu interesantan je rad J.A. Cunge-a [5]. U radu se daje istorijski pregled razvoja i interakcije fizičkih i matematičkih modela u hidrotehnici (slika 2). Novom ulogom eksperimentalnih istraživanja



Slika 3. Interakcija laboratorijskih i terenskih merenja i softvera u raznim fazama njegovog razvoja

pred stručnjake, koji se bave merenjem, postavlja se drugačiji (složeniji) zahtevi: razvoj nove opreme, nove metoda merenja, poboljšanje metoda prikupljanja i obrade podataka, itd.

Preterivanja ima (tj. preneglašavanja uloge jednog i zanemarivanja drugog) i izvesno je da će i dalje biti potrebno negovati razvijene i razvijati nove i složenije metode merenja, kako u rigoroznijim laboratorijskim tako i u uslovima u prirodi, kao i na izvedenim objektima i sistemima. Interakcija matematičkih modela i eksperimentalnih izučavanja posebno je značajna u fazi razvoja računarskih programa (softvera) (slika 3.).

U fazi razvoja programa neophodno je da se dve ključne operacije: verifikacija hipoteza i testiranje modela, obave sa pouzdanim rezultatima eksperimentalnih istraživanja (za ovo su najčešće neophodna dobro koncipirana laboratorijska merenja).

Faza u realizaciji složenog hidrotehničkog sistema objekata	Eksperimentalna izučavanja - merenja	Analitičke i num-ričke metode rada i rezultati
1. Opšta prethodna razmatranja	Primenjena i fundamentalna eksperimentalna istraživanja. Upoznavanje fizičkih karakteristika procesa. Kombinovanje sa matematičkim modelom. Verifikacija modela	Razvoj složenih metoda proračuna. Kalibracija i verifikacija modela sa opštim eksperimentima. Predikcija dugoročnih tendencija
2. Preliminarna istraživanja i projektovanja	Prikupljanje i preliminarna obrada hidroloških, meteoroloških, hidrodinamičkih, geoloških i drugih podloga	Obrada merenih podataka. Primenjena razvijenih i verifikovanih metoda proračuna na konkretne uslove
3. Projektovanje	Fizički modeli delova sistema koji se ne mogu analitički rešavati. Fizički modeli delova sistema koji se rešavaju kombinovanjem sa matematičkim modelima. Specifična istraživanja i provera rada delova sistema i celine. Izučavanja za potrebe procene uticaja objekta ili sistema na okolinu	Dimenzionisanje, optimizacija i simulacija rada sistema u fazi izgradnje, redovnog korišćenja, neredovnih i havarijskih stanja. Procena uticaja na okolinu
4. Izgradnja i eksperimenti za vreme gradjenja	Praćenje realizacije i pouzdanosti izgradnje i ostvarenja pretpostavljenih uslova. Verifikacija merne i regulacione opreme	Korekcija graničnih uslova. Provera rezultata proračuna na delimično završenom objektu. Dalja razrada i dopuna modela za konkretne uslove
5. Probni pogon	Merenje radi odredjivanja ostvarenih karakteristika opreme, delova i celog sistema. Provera funkcionisanja u redovnim i neredovnim uslovima	Korekcija graničnih uslova na osnovu rezultata merenja na završenom objektu. Izrada algoritma eksploatacije. Dinamička simulacija
6. Eksploatacija sistema	Merenje radi upravljanja (manuelno i automatsko). Merenje radi provere tehničke i ekonomske efikasnosti sistema. Eksperimenti na završenom sistemu. Praćenje uticaja na okolinu	Izvlačenje zaključaka o pouzdanosti matematičkog modela u eksploataciji. Proširenje mogućnosti modela. Mere za smanjenje zagadjenja
7. Adaptacija i dogradnja	Promena karakteristika sistema sa vremenom i proširenje sistema	Optimizacija eksploatacije
8. Prestanak korišćenja sistema	Finalne karakteristike sistema	Ekonomske i tehničke analize mogućnosti i opravdanosti daljeg rada

Slika 4. Merenja za potrebe projektovanja i izgradnje složenog hidrotehničkog objekta i njihova interakcija sa proračunima

U fazi primene programa neophodno je da se kalibracija parametarskim vrednovanjem parametara modela obavi sa pouzdanim podacima, dobijenim merenjem na terenu ili na izvedenom objektu.

Rezultati merenja treba da su za te potrebe sredjeni u pristupačnim bazama podataka. Ovo je posebno značajno kada se radi sa velikom količinom podataka gde kompjutersko manipulisanje podacima znatno olakšava posao.

Prateći logiku izučavanja koja prethodi projektovanju, proračune u preliminarnim i finalnim fazama projektovanja složenih hidrotehničkih objekata i sistema za njihovu izgradnju, proveru i eksploataciju, a da bi se u svim fazama postigla zadovoljavajuća ili optimalna rešenja (a ne improvizacija), neophodno je da se metode proračuna kombinuju sa metodama izučavanja merenjem - eksperimentalnim metodama. Procedura bi trebalo da je slična, bez obzira da li se radi o energetskim objektima (hidro, termo i nuklearne elektarne), sistemima za vodosnabdevanje (komunalnim, industrijskim) za odvodjenje i prečišćavanje fekalnih i kišnih voda, irigacionim sistemima i sl. Da li će biti neophodno da se u svim fazama primene metode prikazane na slici 4. zavisi od značaja objekta ili sistema, odgovornosti i sposobnosti nosilaca odlučivanja na strani investitora i projektanta, prirodnih uslova i spremnosti i kvalifikovanosti institucija koje treba da budu realizatori pojedinih faza da se prihvate i kvalitetno obave pojedine operacije. Neopravdano bi bilo insistirati da se sve faze realizuju kod svih sistema, ali je sa stručne strane nedopustivo da se pojedine faze ne realizuju kada bi njihova realizacija značila sigurno poboljšanje kvaliteta projekta, pojeftinjenje gradjenje, povećanje sigurnosti u eksploataciji itd. Može se očekivati da će vreme koje dolazi doneti viši stepen stručnosti i odgovornosti i da će ovim fazama, pomenutim na slikama 1. i 4. prilikom donošenja značajnih odluka prethoditi sistematičan, studiozni rad na analitičko-numeričkom i eksperimentalnom planu, a izgradjeni objekti poslužiti za dalje saznavanje i poboljšanje metoda izučavanja i projektovanja. Materija koja se izlaže u ovoj knjizi trebalo bi da omogući da se realizaciji pojedinih faza od strane hidrotehničkih stručnjaka pridje sa više poznavanja i stručnosti.

Opšti principi uklapanja merenja i matematičkog modeliranja u skladnu jedinstvenu informatičku prikazan je u knjizi M. Abbott-a [6].