

Poglavlje 5

Neki tipovi senzora, elektronskih instrumenata i akvizicija podataka

U ovom poglavlju daće se kratak pregled samo onih senzora i instrumenata koji se koriste u merenju oticanja u kolektorima sa slobodnom površinom i ukazati na neke aspekte akvizicije podataka. Detaljniji pregled senzora i odgovarajućih problema pri njihovom izboru i korišćenju prikazan je u knjizi M. Radojković, D. Obradović, č. Maksimović [37]. Opšti principi merenja i akvizicije podataka, uključujući i formiranje mreže instrumenata i sistema za akviziciju podataka slični su kao kod ostalih tehničkih disciplina. Zbog toga će se ovde dati samo kratak pregled onih senzora koji se najčešće koriste pri merenju u sistemima sa slobodnom površinom vode.

5.1 Integralno merenje protoka

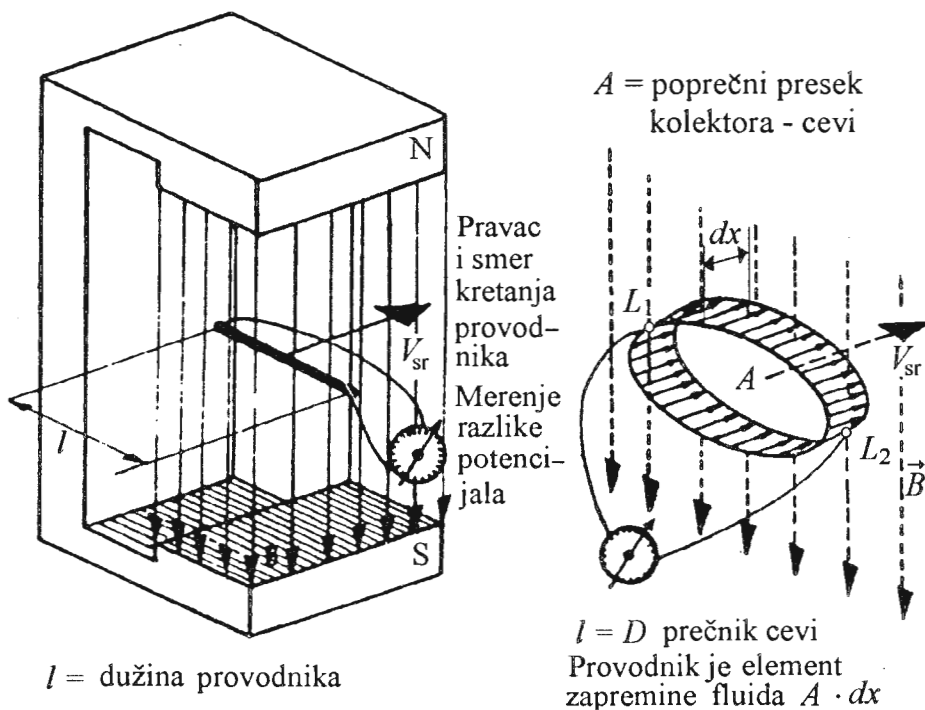
Za integralno merenje protoka koristi se uređaj (senzor) koji radi na bazi elektromagnetske indukcije. Ovaj tip senzora se retko koristi u sistemima sa slobodnom površinom jer nije preterano pogodan za merenje u takvim uslovima. Pogodnost ovog načina merenja je što je električni signal dobijen merenjem, proporcionalan sa **prosečnom brzinom za ceo poprečni presek**.

Pošto se bazira na Faradejevom zakonu elektromagnetne indukcije, taj merač zahteva postojanje deonice kanala, na kojoj se generiše elektromagnetno polje, koja je izolovana od ostalog dela kanala.

Princip rada elektromagnetnog merenja protoka prikazan je na slici 53.

Princip ovog metoda merenja sastoji se u kretanju žičanog provodnika dužine l , brzinom v u homogenom magnetnom polju intenziteta vektora magnetske indukcije B . Tada se u provodniku indukuje elektromotorna sila E_t , te važi izraz

$$E_t = \vec{v} \cdot \vec{b} \cdot B + E_o$$



Slika 53. Princip elektromagnetnog senzora za merenje protoka

Medjutim, u slučaju integralnog merenja protoka fluida, žičani provodnik zamenjuje tečni ekvivalentni provodnik koji se formira izmedju postavljenih elektroda L_1 i L_2 na rastojanju l . Ako se ceo merni sistem

nalazi u magnetnom polju intenziteta vektora magnetne indukcije B , i ako se tečnost kreće prosečnom brzinom (za poprečni presek) \bar{v} , tada će između elektroda moći da se izmeri vrednost indukovane elektromotorne sile

$$E_t = l \bar{v} B + E_o$$

gde E_o predstavlja prirodnu razliku potencijala koja se stvara između elektroda.

Protok je jednak

$$Q = \bar{v} \cdot A$$

gde je A površina poprečnog preseka fluidne struje.

Ako se princip elektromagnetskog merenja protoka primeni na kanal pravougaonog poprečnog preseka, karakteristična dužina (l) je širina kanala b , a poprečni presek je

$$A = b \cdot h$$

gde je h dubina vode. U tom slučaju je protok

$$Q = \bar{v} b h$$

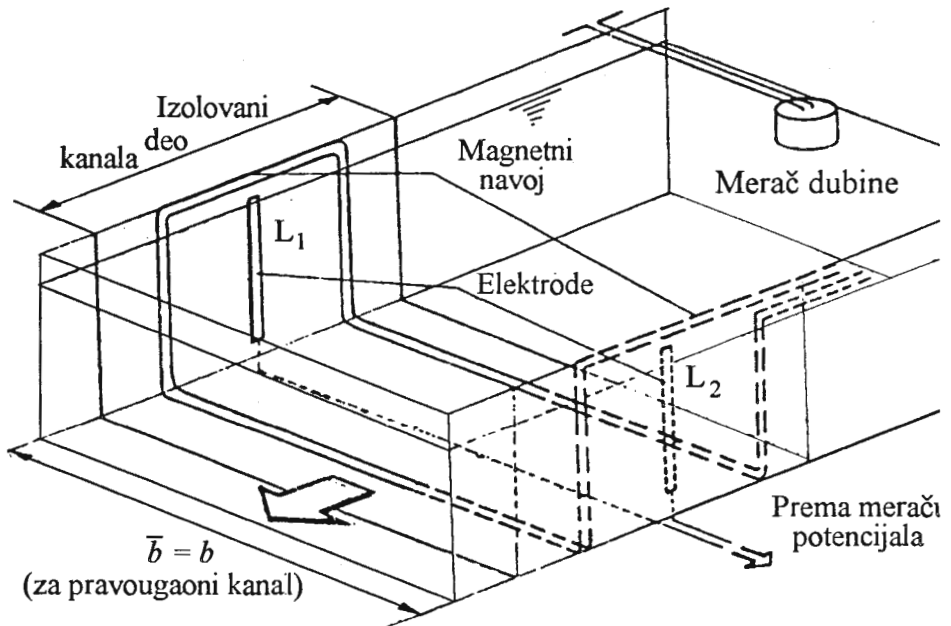
pa sledi da je protok

$$Q = \frac{(E_t - E_o) \cdot h}{B}$$

Intenzitet polja magnetske indukcije B može se podesiti tako da se protok Q može odrediti merenjem dubine vode (h) i vrednosti E_t , pretpostavljajući da nulti potencijal E_o (potencijal pri protoku jednak nuli) može biti izmeren ili da je poznat.

Na slici 54. prikazana je skica elektromagnetskog merača protoka za otvoreni kanal pravougaonog poprečnog preseka.

U nekim slučajevima, na primer nizvodno od crpnih stanica, kada je cev pod pritiskom ili kada se primeni specijalna sifonska konstrukcija (slika 18.), mogu se primeniti i standardni merači protoka za cevi pod pritiskom.

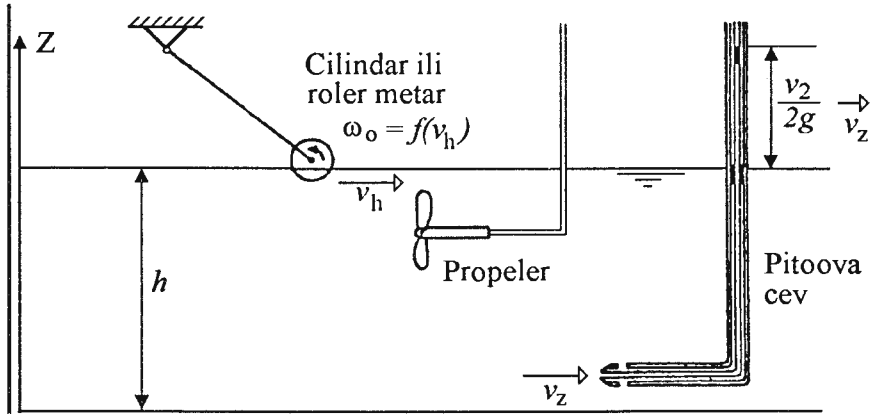


Slika 54. Elektromagnetni merač protoka za otvoreni kanal u kombinaciji sa meračem dubine

5.2 Merenje brzine u tački i duž linije

Merenja brzine u tački i duž linije pomenuta su u Poglavlju 3.4.5. kada je prikazano merenje protoka metodom brzina-površina. Osim za ultrazvučni merač protoka, koji meri prosečnu brzinu duž putanje ultrazvuka (između dva senzora) većina ostalih senzora ili merača koji pripadaju ovoj grupi mere brzinu u tački. Mehanički uređaji koji se za to koriste prikazani su na slici 55. i to:

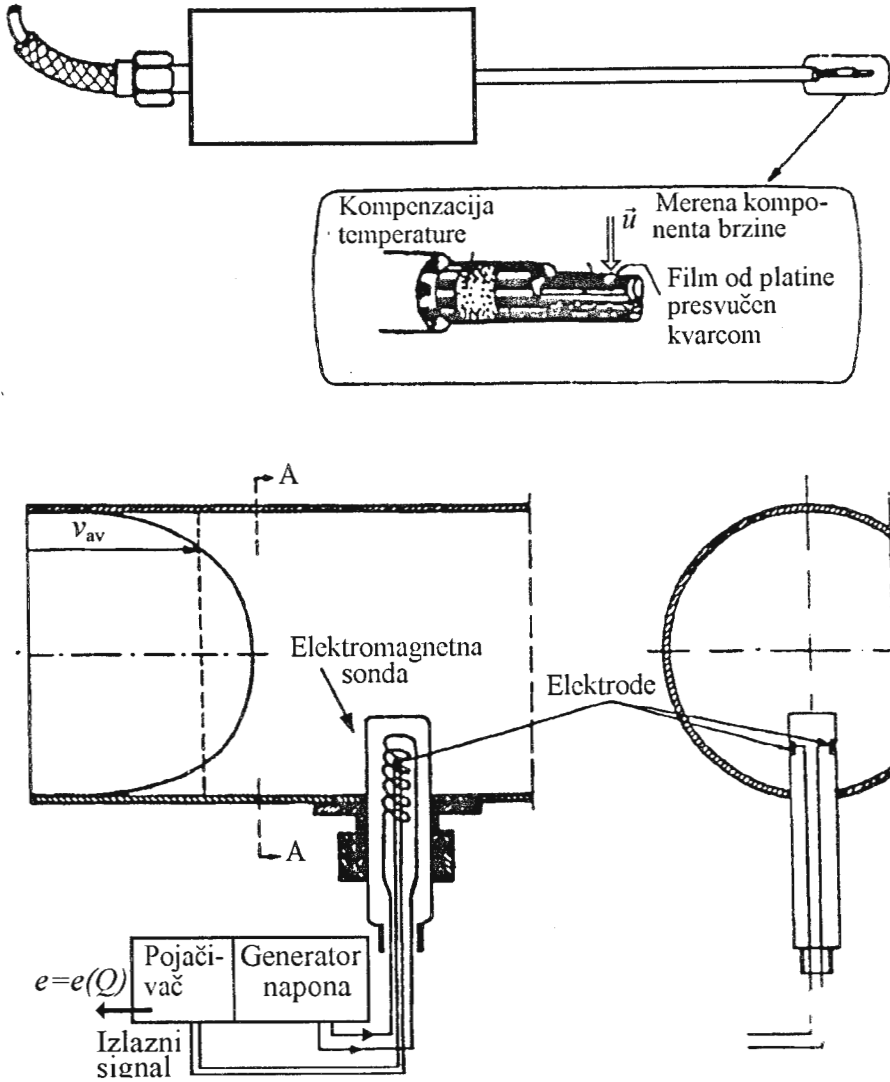
- Hidrometrijsko krilo sa propelerom ili slično,
- Pito (*Pitot*) cev,
- Površinski merač brzine (sa lopaticama ili cilindrom),
- Ostali tipovi mehaničkih merača brzina.



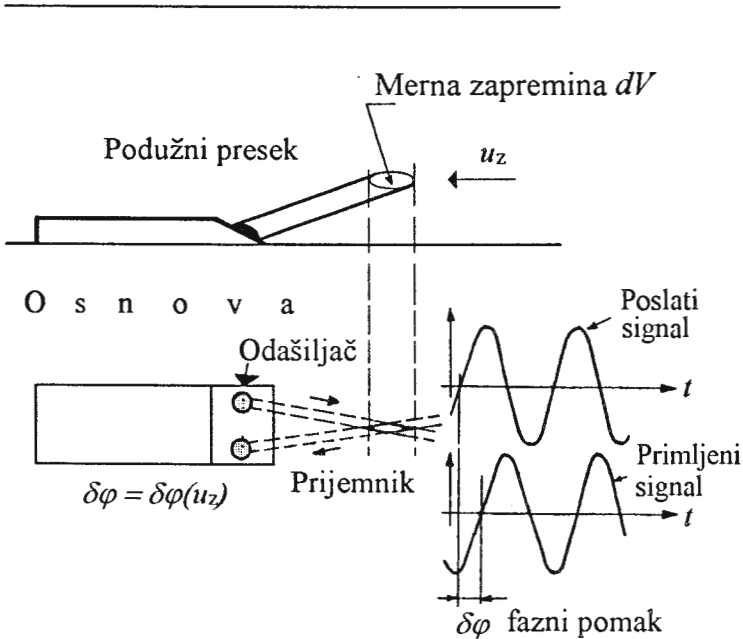
Slika 55. Mehanički senzori za merenje brzine u tački

Ovi mehanički uređaji nisu pogodni za kontinualno merenje (lako se zaprljaju, zaglavljaju itd.), ali se mogu koristiti za kalibraciju jer su relativno jednostavni i pouzdani za ovu namenu. Ovoj grupi takodje pripadaju senzor sa toplim filmom i elektromagnetni merač brzine u tački (slika 58).

Korisno je takodje spomenuti ultrazvučni merač brzine u tački na principu Doplerovog pomaka (*Doppler shift*). On je pogodan za merenje brzine u tački (ili preciznije rečeno u maloj zapremini) fluida koji sadrži izvesnu koncentraciju suspendovanih čvrstih čestica ili vazdušnih mehurića koji rasipaju energiju i izazivaju fazni pomak primljenog signala (slika 57.). Pri izboru senzora za merenje brzine treba biti predostrožan zbog toga što se oni ostavljaju duže vreme u veoma nepovoljnoj sredini (velika koncentracija nanosa, mogućnost pojave masnoće, mogućnost mehaničkog oštećenja, mogućnost da budu odneti pri maksimalnim protocima itd.). Lako lomljivi senzori moraju se izbegavati. Povoljniji su robusni senzori, posebno oni koji imaju mogućnost samočišćenja (ultrazvučni).



Slika 56. Senzori za merenje brzine u tački a) topli film i b) elektromagnetni



Slika 57. Ultrazvučni merač brzine na principu *Dopler Shift*-a za merenje lokalne osrednjene brzine u kontrolnoj mernoj zapremini dV

5.3 Merenje dubine za odredjivanje protoka

U prethodnim poglavljima napomenuto je da se protok može odredjivati, ukoliko je poznata stabilna linija protoka, na osnovu merenja jedne dubine. Na ovaj način merenje protoka svodi se na merenje jedne dubine. Iako su klasični uredjaji za merenje dubine kao što je merna letva, plovci i njihove modifikacije kao, na primer, bušena traka za vezu sa digitalnim uredjajem, još u upotrebi, oni se postepeno zamenjuju modernijim, pouzdanijim senzorima odgovarajućih dinamičkih karakteristika. Opšti principi merenja dubine vode su primenljivi i u sistemima kišne kanalizacije. Neki posebni problemi koji se u ovim sistemima javljaju su:

- Slaba pristupnost mernom mestu

- Prekidnost (intermitentnost) procesa
- Problemi kvaliteta vode (zagušivanje, plivajući predmeti, taloženje nanosa itd.)
- Potreba za čestim obilaskom i nadzorom funkcionisanja merača.

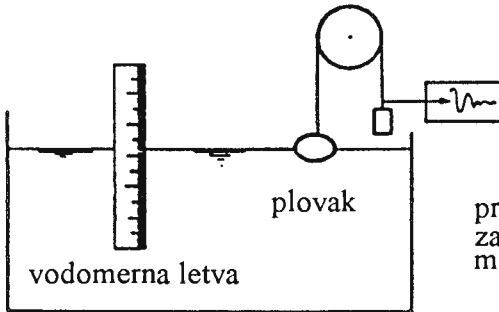
Neki od senzora koji se obično koriste za merenje dubine prikazani na slici 58. su:

- "shaft encoders"
- senzori za merenje pritiska direktnim kontaktom sa vodom (sa ili bez izolatora)
- senzori za pritisak sa vazдушnim mehurićima
- ultrazvučni senzor postavljen iznad maksimalnog nivoa vode
- ultrazvučni senzor postavljen ispod minimalnog nivoa vode
- kapacitativni i rezistivni senzori i
- ostali senzori

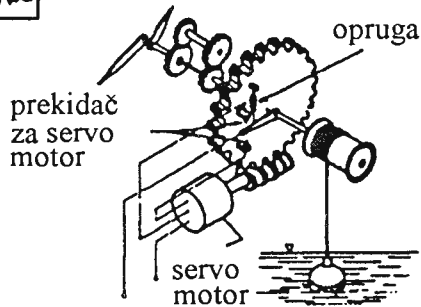
Bitna razlika se uočava između ultrazvučnih senzora koji se postavljaju iznad vode i svih ostalih senzora. Pogodnost ultrazvučnih senzora postavljenih iznad vode je u tome što su beskontaktni i mogu se montirati na primer za unutrašnji zid u temenu cevi iznad maksimalnog nivoa vode tako da se time delimično rešava problem uticaja zamuljivanja i taloženja mulja na senzor itd. Više detalja o sensorima i problemima pri merenju mogu se naći u standardnim knjigama iz oblasti kontrole procesa (A. Boros [31]), ili u konkretnim brošurama za pojedine senzore koje daju proizvođači. Potrebno je napomenuti da se specifikacije koje daju proizvođači moraju pažljivo proučiti jer su često najbitnije karakteristike koje određuju tačnost nedovoljno jasno, a ponekad i namerno neodgovarajuće prikazane.

newpage

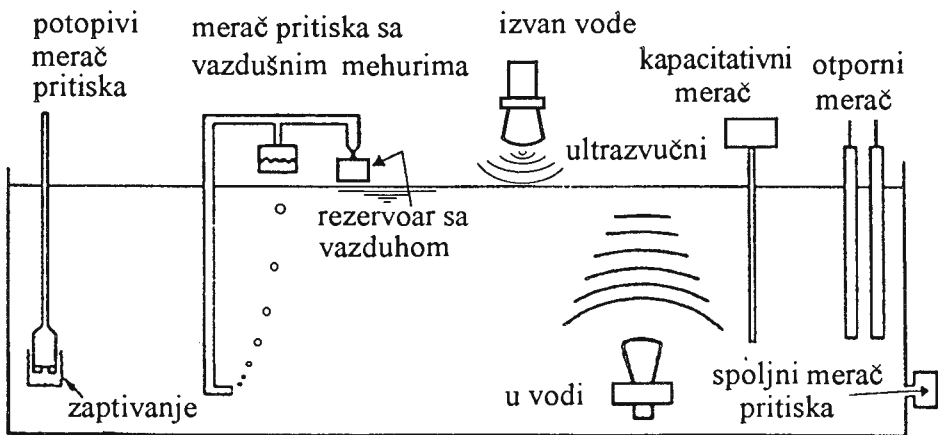
a) Mehanički



b) Merači sa servo motorom



c) Električni



Slika 58. Osnovni senzori za merenje dubine vode

Bilo koji senzor da se primenjuje, bitno je da se sprovede test kvaliteta podataka. Naročito je značajno da se redovno obavljaju i sledeće kontrole:

- da li je veza izmedju protoka i dubine jednoznačna i stabilna kroz vreme.
- da li se rekaliبرacija mernog uređjaja i senzora obavlja redovno i korektno
- da li senzor daje pouzdane informacije (na primer standardna merna letva može da posluži kao dobro kontrolno sredstvo)

- da li je došlo do neke promene u ponašanju senzora ili u hidrauličkim uslovima koji nepovoljno utiču na merenje
- da li je korektno obavljena vremenska sinhronizacija između različitih merenja (na primer padavina i oticaja)
- opšte funkcionisanje celine mernog sistema i sistema za akviziciju, prenos i obradu podataka.

Takodje je značajno da se ove provere obavljaju redovno i to što je moguće bliže izvoru podataka. Obrada podataka, takodje treba da se obavi vrlo brzo nakon njihovog prikupljanja. Iskustvo je pokazalo da se vrlo teško otklanjaju greške u merenju ako se obrada podataka obavlja dugo vremena nakon njihovog prikupljanja.

5.4 Akvizicija podataka

Mnogi sistemi za merenje u hidrotehnici rade u vrlo nepovoljnim uslovima, na primer u sistemima kišne kanalizacije ceo proces oticanja traje mnogo kraće nego što je sušni period između pljuskova. Iako se sistem za akviziciju podataka može projektovati da radi kontinualno (slika 59.a.), preporučljivo je projektovati ga (programirati) tako da se podaci prikupljaju samo za vreme perioda kada se u sistemu dešava nešto što generiše upotrebljive podatke (slika 59.b). Ukoliko bi sistem radio svo vreme, on bi proizveo neproporcionalno više neupotrebljivih (nepotrebnih) nego upotrebljivih podataka.

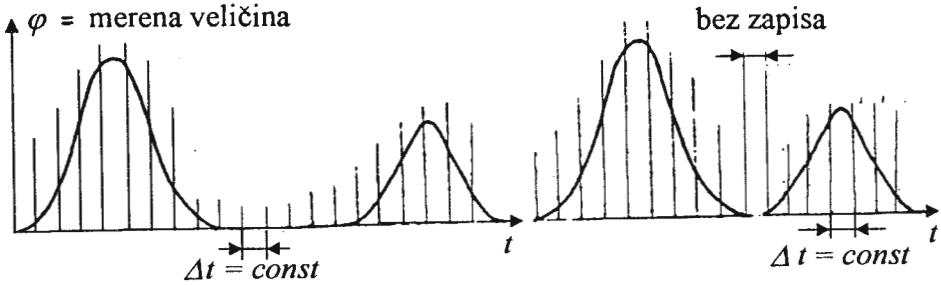
Na primer, na malim slivovima moguće je koristiti informaciju o početku pljuska (prvi signal dobijen impulsnim kišomerom) za iniciranje rada sistema za akviziciju podataka. Akvizicija podataka može se prekinuti bilo nakon fiksnog vremena po prestanku kiše, ili kada se zadovolji neki drugi kriterijum. Na slici 59. prikazane su različite mogućnosti programiranja frekvencije, očitavanja merenih vrednosti (*sampling frequency*). Vremenski interval između dva čitanja može biti konstantan (slika 59.a1. i slika 59.b1.) ili da bude u zavisnosti od karaktera procesa (ima kiše, nema kiše) ili od intenziteta promene merene veličine (jači intenzitet, kraće vreme sempliranja). Kod impulsnog kišomera poslednji uslov ispunjen je automatski.

a) Kontinualno

b) Sa prekidima (diskontinualno)

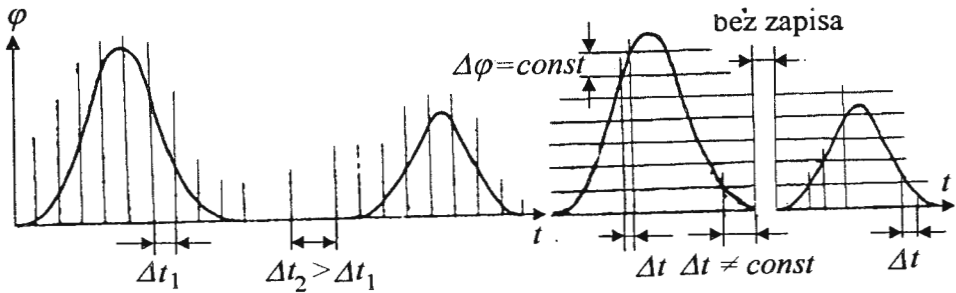
a1) sa konstantnim vremenskim intervalom

b1) sa konstantnim vremenskim intervalom



a2) sa promenljivim vremenskim intervalom

b2) sa konstantnim priraštajem (uslovno uzorkovanje)



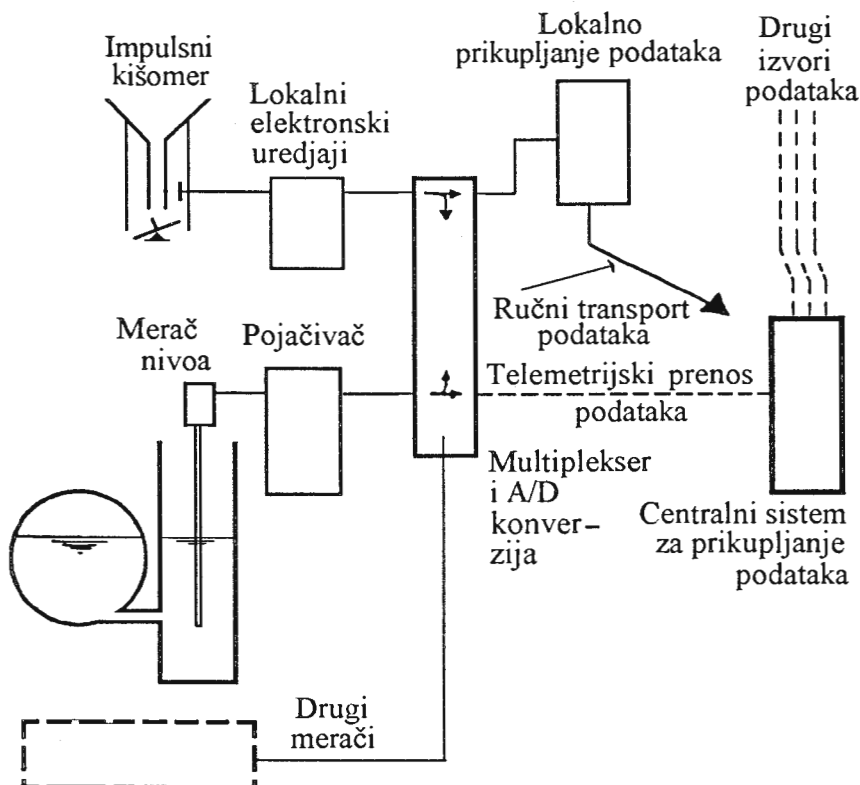
Slika 59. Četiri verzije programirane akvizicije podataka

Sastavni deo sistema za merenje je i podsistem za akviziciju podataka koji se može izvesti u dve osnovne konfiguracije (slika 60.)

- lokalno memorisanje podataka
- centralno memorisanje podataka sa telemetrijskim prenosom sa mernih mesta

Bez obzira koji se od sistema za akviziciju primenjuje i ovde je vrlo značajno da se kontinualno obavlja provera konsistentnosti, tačnosti i pouzdanosti merenih podataka.

newpage

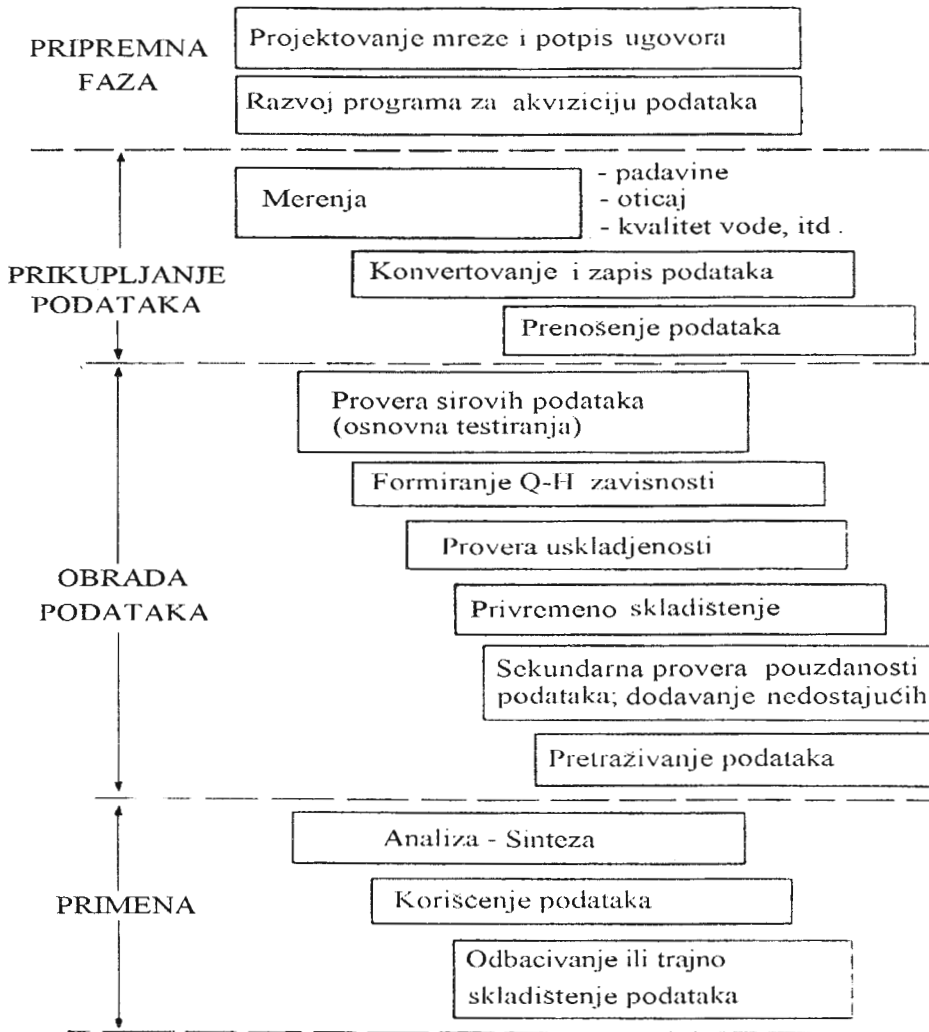


Slika 60. Dva sistema za akviziciju podataka – centralno i lokalno memorisanje

Savremeni sistemi za akviziciju podataka se, skoro isključivo, baze na registrovanju podataka na medijumu koji je kompatibilan sa računarom (prenosiv na računar). Da bi se postigao visok kvalitet podataka, u različitim fazama prikupljanja i obrade podataka (predprocesiranje) i konačne obrade podataka, moraju se sprovoditi različite kontrolne analize. Dijagram toka prikupljanja, analize i korišćenja podataka koji se, na primer, koristiti u sistemima kišne kanalizacije prikazan je na slici 61.

Neki problemi osiguranja kvaliteta u različitim fazama akvizicije i memorisanja podataka na eksperimentalnom slivu u Nancie-u (Francuska) prikazani su u članku J.-C. Hemain [32]. U tom članku je podvučena uloga kontinualne inspekcije mernih mesta koju mora da sprovodi osoblje obučeno i kvalifikovano za tu vrstu posla. U protivnom

moгуći su veliki promašaji (utrošak velikih sredstava, a da se dobiju neupotrebljivi podaci).



Slika 61. Faze u prikupljanju, obradi i korišćenjuernih podataka – primer za podatke iz oblasti modeliranja procesa padavine – oticaj