

**FORSKNINGSPROGRAM FOR RENSING AV AVLØPSVANN  
PROSJEKT 4.2**

**"URBANISERINGENS INNVIRKNING PÅ AVRENNINGSFORHOLDENE  
I SMÅ NEDSLAGSFELT".**

**FREMDRIFTSRAPPORT PR. 20. AUGUST 1972**

## INNHOLD

- I Innledning
- II Klargjøring av målfelter, igangsatte målinger
- III Instrumentoversikt:
  - 1 Kanalmåledam for avløp
  - 2 Limnografer
  - 3 Pluviografer
    - Registrering på papirrull
    - Registrering på magnettape
  - 4 Grunnvannslimnografer
  - 5 Markfuktighetsmåler
  - 6 Fordampningsmålere
- IV Litteratur i tilknytning til Urban Hydrologi - oversiktsrapport

## I Innledning

Prosjektet har i perioden hatt samme personell som tidligere, dvs. to heltidsansatte - en ingeniør og en statshydrolog.

Arbeidet har i stor grad vært konsentrert om forberedende arbeid i måleområdene, detaljbehandling, innhenting av tillatelse til å etablere målestasjoner, dimensjonering og tegning av målesteder for avløp osv. Fra ca. midten av mai er byggearbeidet kommet i gang ute i feltene og dette arbeidet pågår fortsatt.

En har videre arbeidet med valget av instrumenter, innhentet pristilbud, utført diverse tester og gjort seg kjent med de instrumenter som etterhvert vil bli installert.

Det er dessuten lagt stor vekt på å finne fram til relevant litteratur fra lignende undersøkelser innenfor urban hydrologi og det er i denne sammenheng knyttet flere forbindelser med forskere innenfor samme feltet i andre land.

Rent tidsmessig ligger vi noe etter det vi hadde håpet. Dette henger sammen med at vi måtte holde noe igjen på instrumentbestilling og oppstarting med byggearbeidene i feltene fordi vi lenge ikke visste noe om den totale økonomiske rammen for prosjektet og dermed mulighetene for å gjennomføre det opplegg vi opprinnelig hadde lagt opp til. Vi håper imidlertid å få i gang målingene i de fleste feltene i inneværende år.

## II Klargjøring av målefelter

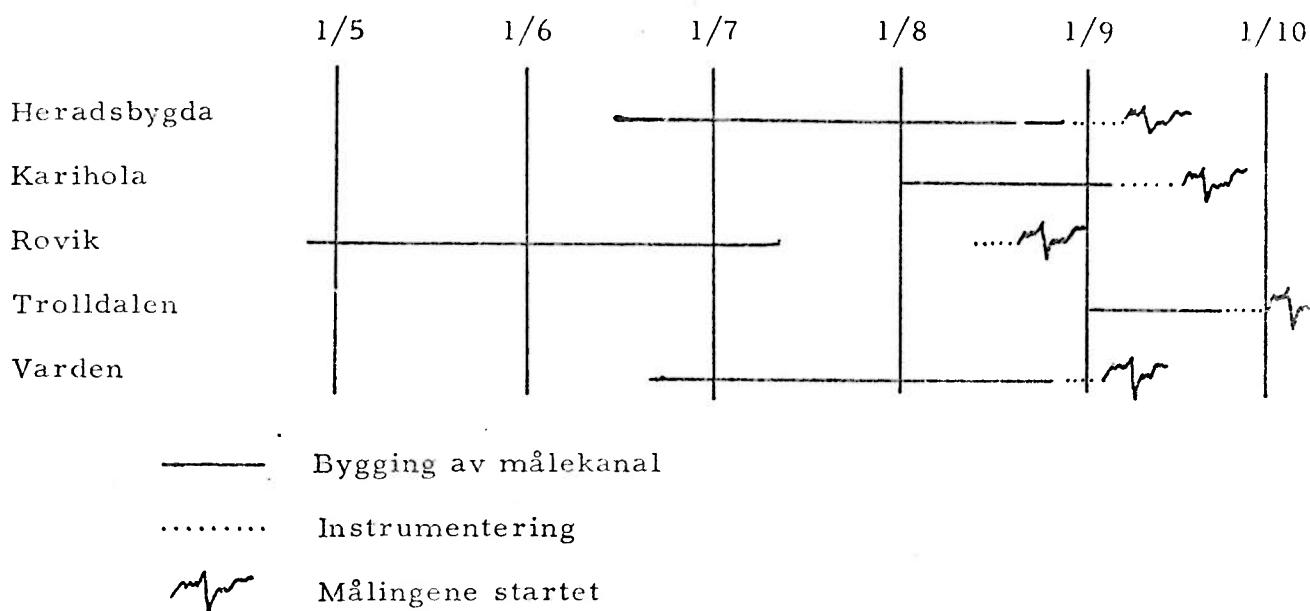
Våre målefelter er som kjent kategorisert i A- og B-områder. A-områdene ligger i dag uberørt, men ventes å bli utbygd innenfor prosjektpérioden. Sammen med hvert av disse kjøres målinger i et kontrollfelt. B-områdene er felter som er fullt eller på det nærmeste fullt utbygd i dag.

Målinger vil bli satt i gang i 5 A-områder og 7 B-områder. Det vesentligste av arbeidet har hittil vært konsentrert om A-områdene, da det er svært påkrevet å få målingene i gang i disse så snart som mulig. Vi vil gjerne ha en måleperiode i området før byggearbeidene settes i gang.

En er blitt stående ved følgende 5 A-områder:

- |               |   |                      |
|---------------|---|----------------------|
| 1 Heradsbygda | - | Ringerike kommune    |
| 2 Karihola    | - | Kristiansund kommune |
| 3 Rovik       | - | Sandnes kommune      |
| 4 Trolldalen  | - | Moss kommune         |
| 5 Varden      | - | Sandefjord kommune   |

Dersom ikke noe uforutsett skjer (f. eks. ytterligere forsinkelse av instrumentleveranse) har en fulgt og tar sikte på å følge nedenforstående fremdriftsplan:



Den lange byggetiden på målekanalene i enkelte felter henger vesentlig sammen med ferieavvikling i kommuner og hos entreprenører. I Sandnes derimot måtte byggearbeidet i hovedfeltet utsettes på grunn av et skjønn som først skulle holdes.

Byggearbeidet er enten utført av kommunenes egne anleggsfolk eller av byggmestre engasjert gjennom kommunene. Tilsyn med arbeidet er og blir utført av prosjektets personale og enkelte steder er også byggearbeidet ledet herfra. Pr. i dag er målinger av nedbør og avløp satt i gang i Sandnes. I feltene i Sandefjord, Ringerike og Kristiansund ventes målingene å kunne komme i gang rundt månedskifte august-september.

Som nevnt vil det bli satt i gang målinger i 7-B-områder. Av disse er det bare Opsal i Oslo som er på det nærmeste ferdig og hvor målingene vil bli satt i gang med det første. De andre 6 vil bli valgt blant:

Moss	- industriområde
Moss	- boligfelt
Bærum	- boligfelt (Bryn-Rykkin)
Sandnes	- industriområde
Fana	- boligfelt (Natlandsfjellet)
Bergen	- boligfelt (delfelt av Fyllingsdalen)
Trondheim	- boligfelt (Risvollan-Blakkli)

Andre alternativ kan komme underveis, men disse er de gunstigste pr. i dag. Arbeidet med bygging av målesteder og montering av instrumenter vil starte opp i disse feltene umiddelbart etter at A-områdene er ferdige.

### III Instrumentoversikt

De instrumenter vi vil anvende til de forskjellige målinger er tidligere bare nevnt ved navn. Vi skal i dette kapitlet presentere utstyret litt nærmere og komme mer inn på de enkeltes karakteristika.

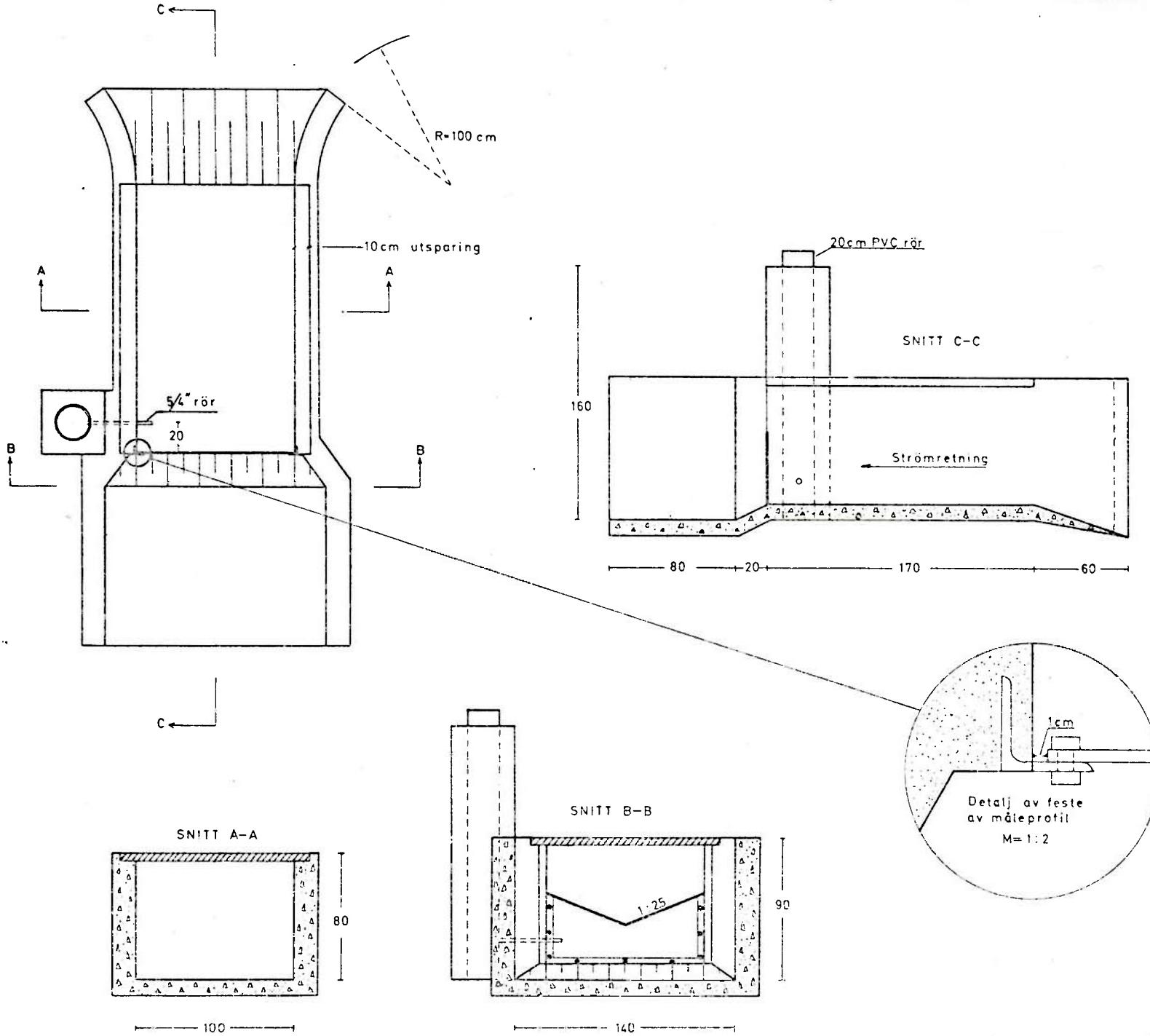
#### 1 Kanalmåledam for avløp

Vannføringer av den størrelsesorden det blir snakk om i våre felt, kan måles på flere måter i forskjellige typer renner, skarpkantede overfall og overfall med lang krone. Vi vil ved alle våre målestasjoner, så sant det lar seg gjøre, bruke skarpkantet overløp. Vi benytter et Thomson-overløp bygget inn i en modifisert utgave av en kanalmåledam som er utarbeidet ved Institutt for vassbygg ved NTH. Vi har tegnet den noe om og tilpasset den vårt formål. (Fig. 1). Kanalmåledammens karakteristiske størrelse er bredden; en rekke andre størrelser skal stå i et visst forhold til denne. Under disse betingelser er relasjonen mellom vannstand og vannføring bestemt ved modellforsøk. Denne kalibrering vil vi kontrollere og eventuelt justere ved målinger i de aktuelle målesteder. På fig. 1 er vist en kanalmåledam med bredde 100 cm. For denne gjelder følgende kalibreringskurve, bestemt ut fra modellforsøk (Fig. 2).

Kanalmåledammen vil bli overdekket med treleddmer og det er meningen å få montert en stråleovn for om mulig å unngå frostproblemer om vinteren.

På steder hvor målingene vil måtte skje i eksisterende kummer vil en, der som det er teknisk mulig, tilpasse en kanalmåledam. I motsatt fall må en vurdere andre målearrangement.

Fig. 1. Kanalmåledam for avløpsmålinger



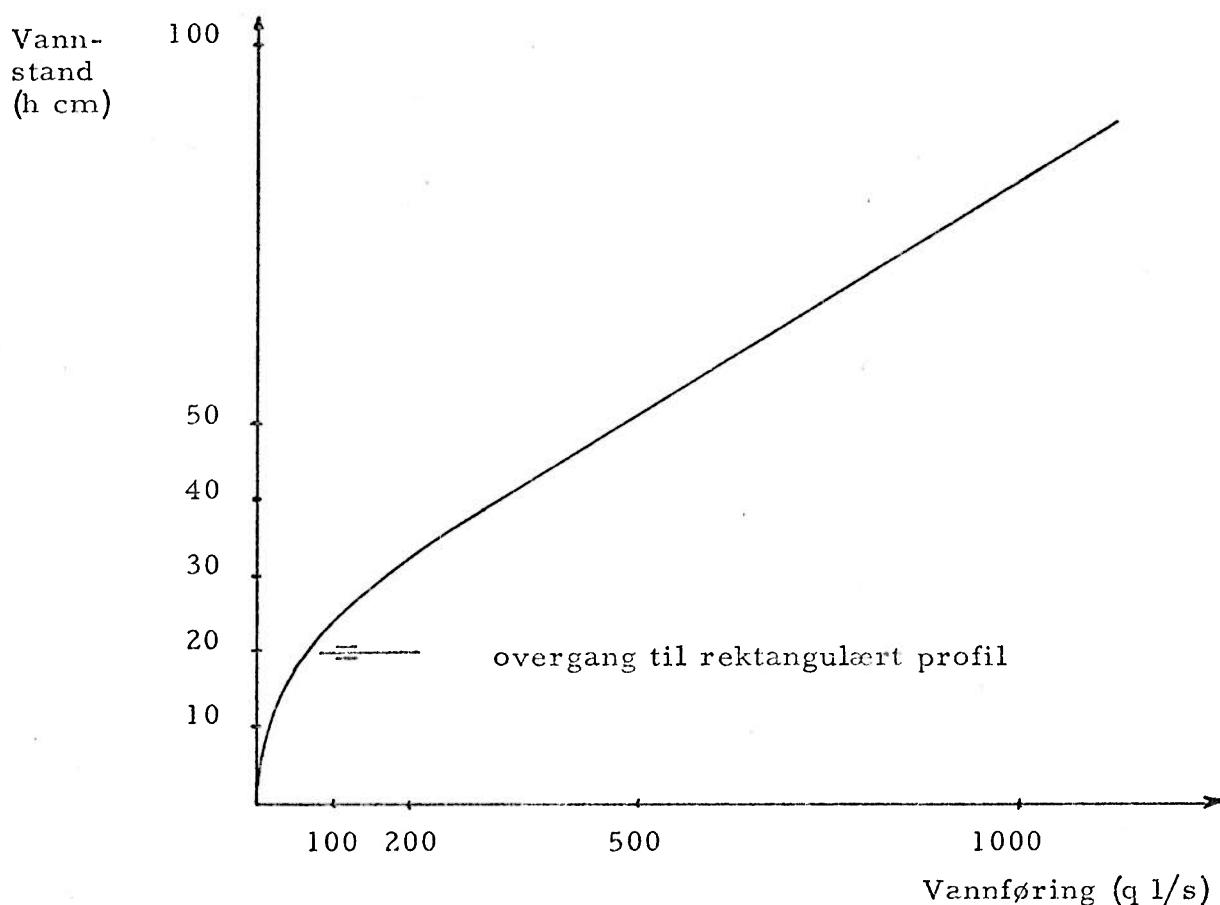


Fig. 2. Vannføringskurve for kanalmåledam med bredde  $b = 100$  cm.

## 2. Limnigrafer

Limnigrafer gir en kontinuerlig registrering av vannstanden. Det vanligste registreringsmedium hittil har vært opptegning av en kurve på et registreringspapir. Disse har en så måttet lese av manuelt og dette er et møysoemmelig arbeid. Kurveleserbord har hjulpet noe på dette, men medfører likevel en ekstra operasjon. Det ideelle ville være å få registrert på et medium som er direkte akseptabelt i en EDB-maskin.

Det er kommet flere limnigrafer (nivåmålere) av denne type. Ved Hydrologisk avdeling i NVE har vi testet 3 av de mest aktuelle typer og det er simulert ca. 10 års drift av disse. Til grunn for valg av type lå følgende momenter:

- 1 Driftsikkerhet
- 2 Mest hensiktsmessige registreringsmetode
- 3 Utsikter til mest ekspeditt service
- 4 Pris

Ut fra en samlet vurdering av disse momenter ble vi stående ved firmaet Sigurd Sørums limnigraf. Det kan i denne sammenheng nevnes at instrumentet er bestilt til andre PRA-prosjekter av dosent Bengt Rognerud, NLH og firma Østlandskonsult A/S.

Limnigrafen som betegnes "Levepunch" kan drives både av batteri og direkte tilkoblet lysnettet. Foruten batteri består instrumentet av to hoveddeler: Signalomvandler og punchenhet (Fig. 4, 5 og 6). Signalomvandleren som er forbundet med flottøren lagrer informasjon (forandring i vannstand) som sendes og punches ut av punchenheten ved hver tidsangivelse. Våre instrumenter vil operere med tidsintervall på 5 minutter. Instrumentet bruker en 5 kanals tape som er direkte akseptabel i EDB-maskinen.

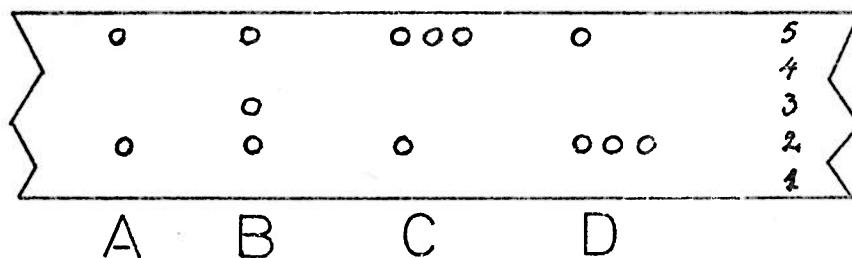


Fig. 3. 5-kanals tape "Sørumtype" med forskjellige punchekombinasjoner.

På fig. 3 er kombinasjon A et tidsmerke og det vil punches for hvert 5 minutt ved våre instrument. B viser et tidsmerke med en visiteringspunch i kanal 3. Denne settes manuelt hver gang det er tilsyn med limnigrafen eller etter annen rutine. Den manuelle punch er viktig for tidsjustering og korrigering av dataene. Kombinasjon C er tidsmerke med en positiv vannstandsændring på 2 cm. D viser det samme men med 2 cm negativ vannstandsændring siden forrige tidsmerke.

Instrumentet reagerer på vannstandsændringer på 1 cm. Dette angis ved en punch etter tidsmerket for hver cm forandring siden forrige tidsmerke. En periode med konstant vannstand vil komme ut på tapen med bare tidsmarkeringer. Dette er en gunstig egenskap med tanke på forbruk av tape.

Fig. 4. Sørums limnograf-Hoveddelene.

- A Puncheenhed
- B Signalomvandler
- C Batteri
- D Flottør

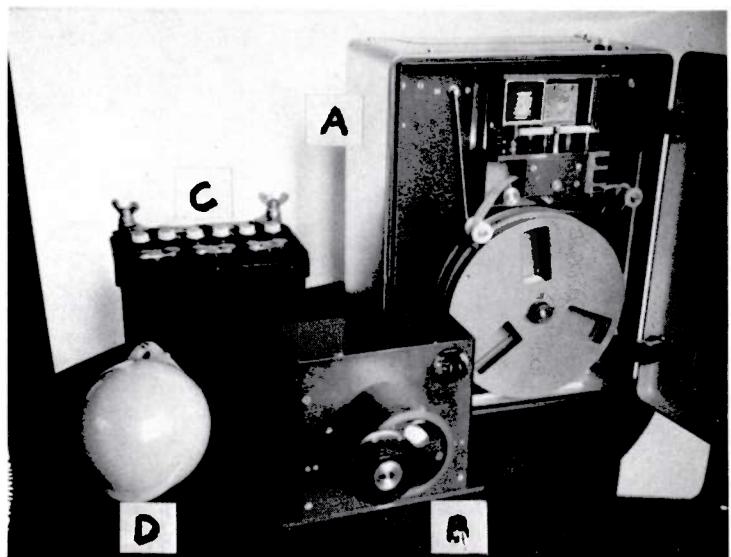


Fig. 5. Frontpanelet med puncheenhet og taperullene.

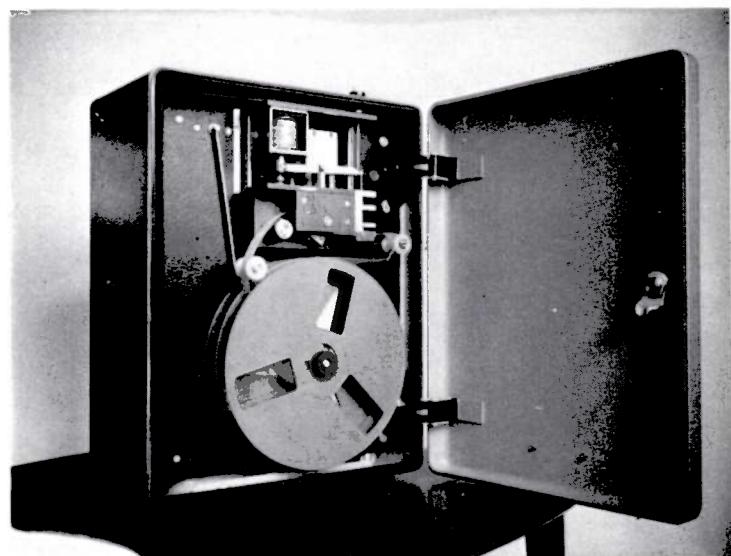
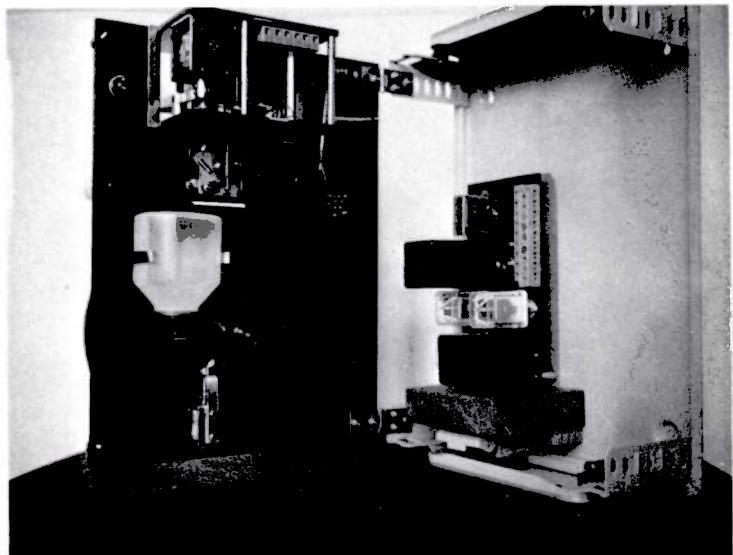


Fig. 6. Forskjellige elektroniske enheter i limnografen.



### 3 Pluviografer

Disse gir en kontinuerlig registrering av nedbøren og er spesielt beregnet på korttidsnedbørundersøkelser. Registreringsmediet kan variere; vi vil etter hvert benytte to typer i vår undersøkelse: Plumatic med registrering på magnetbånd og Fuess hevertpluviograf med registrering på papir.

Den siste gir en kontinuerlig registrering av nedbøren på en papirrull med varighet ca. 30 døgn. Papiret har en fremdrift på 20 mm/time og dette gir såpass stor tidsoppløsning at man kan arbeide med intensiteter ned til 5 minutters varighet. (Fig. 7).

Plumatic har registrering på magnettape og bygger på vippeprinsippet. Vippen tipper over for hver 0,2 mm nedbør og i det vippen tipper over blir det generert en impuls som registreres på magnetbåndet. Instrumentet har en tidsoppløsning på 1 minutt. Det foreligger ikke noe foto av utgaven som nå er under utvikling og som vi vil gå til innkjøp av. Disse instrumentene vil bli levert våren 1973.

Alle 12 felter vil bli utstyrt med en Plumatic med stor oppløsning og videre supplert med Fuess pluviografene for å få arealnedbøren best mulig bestemt. Noen av feltene har såpass stor høydeforskjell at den orografiske effekten kan gjøre seg gjeldene. Videre er den konvektive nedbøren (sommerbygene) ofte av svært lokal karakter. Selv om feltene er små kan vi likevel finne markerte forskjeller. Vi vil søke å ta hensyn til disse to effektene ved hjelp av de supplerende pluviografer.

Nedbør og avløp er våre absolutt viktigste data. De er henholdsvis input og output i vårt system. De blir de eneste størrelser vi måler i de fullt utbygde områdene. Vi skal også studere urbaniseringens innvirkning på avløpet ): klarlegge karakteristiske forandringer i nedbør-avløpsprosessen etter hvert som et område utbygges. For å kunne gjøre dette og ved utvikling av en modell for urbant avløp, trenger vi informasjon om andre hydrologiske størrelser: grunnvann, markvann og fordampning.

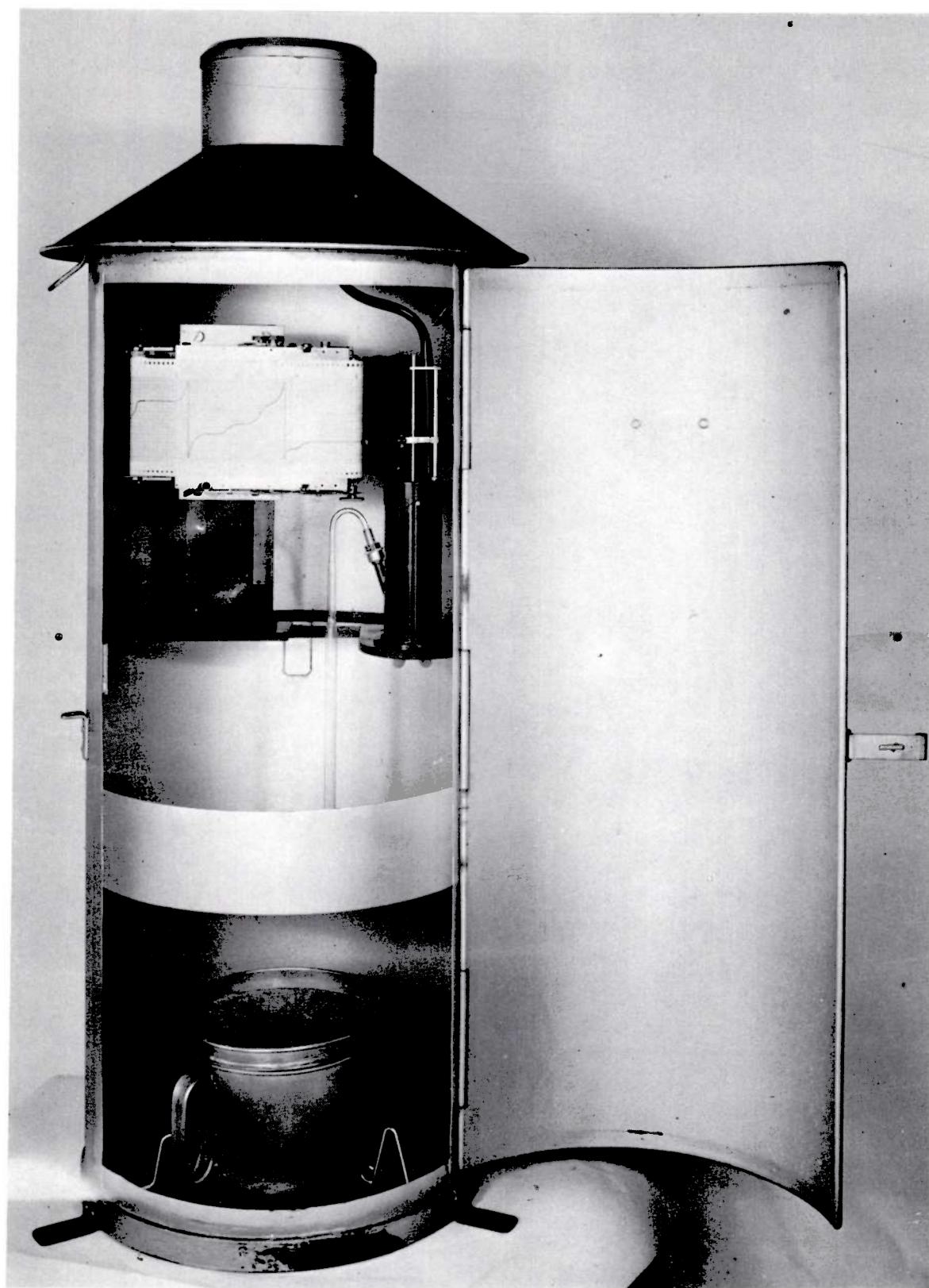


Fig. 7. Fuess hevertpluviograf.

#### 4 Grunnvannslimnografer

For å følge grunnvannspeilets nivåendringer anvendes igjen flottørprinsippet (Fig. 8). En borer ned et rør med sandspiss et stykke ned i grunnvannet og via en flottør som flyter på vannflaten overføres grunnvannspeilets bevegelse til en limnograf. I våre målinger vil vi bruke en Seba grunnvannslimnograf med vertikal-trommel. Denne gir en kontinuerlig registrering av grunnvannets bevegelse på et registrerpapir. Limnografen er forsynt med utvekslinger og reverseringsspindel som gjør det mulig å få inn nivåvariasjoner inntil 500 cm. Tidsoppløsningen er 0,5 mm/time og papirets varighet er ca. 30 dager. Grunnvannsbevegelsene er langsomme og det er tilstrekkelig med nevnte tidsoppløsning for behandling av resultatene. Det vil bli plassert en grunnvannslimnograf i hvert av hovedfeltene i A-områdene. Arealoversikt og verdier fra kontrollfeltene fåes fra supplerende peilebrønner. Det taes her manuelle peilinger av grunnvannstanden og disse sees så i relasjon til den kontinuerlige variasjon som er registrert på limnografen.

#### 5 Markvannsmåler

Med markvann menes vanninnholdet i den umettede sone): området mellom jordoverflaten og grunnvannspeilet. Denne komponenten spiller en vesentlig rolle i vannbalanseregnskapet og fuktighetsforholdene i denne sone er ganske avgjørende for det momente overflateavløp. Sterk uttørring (lite vanninnhold) i denne sone gjør at den har en stor magasineringsevne. Dette virker dempende på overflateavløpet og en får en liten avløpskoeffisient. Høyt fuktighetsinnhold gjennom hele sonen (eventuelt metning) gjør at den ikke kan ta opp mer vann.

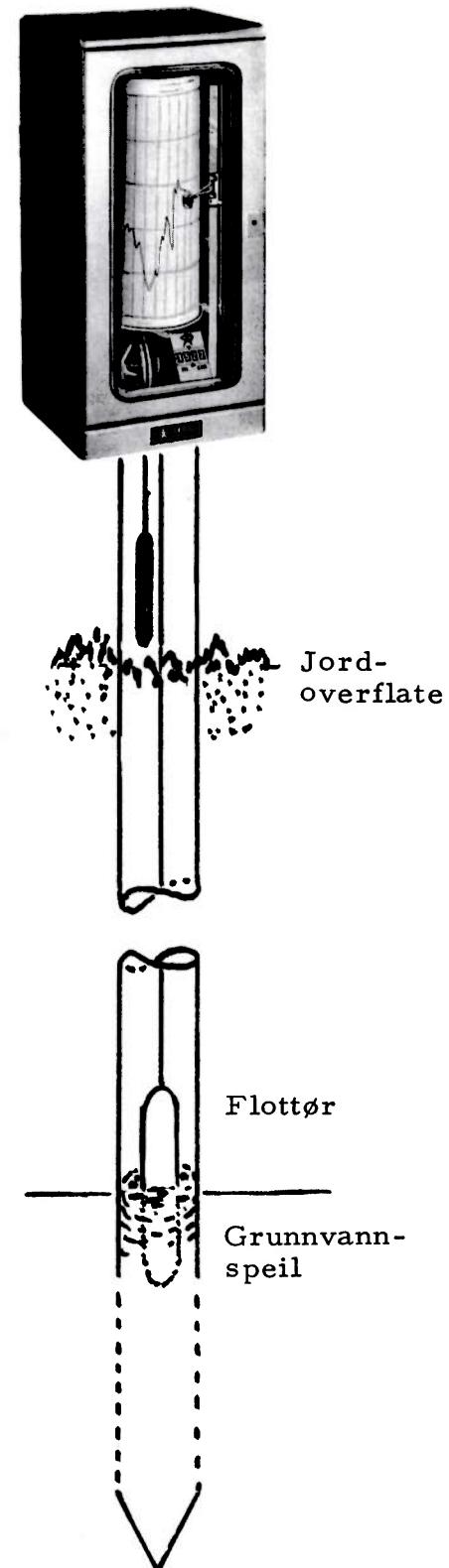


Fig. 8. Prinsipp for grunnvannslimnograf.

Flatene virker nærmest som u gjennomtrengelige og en får rask avrenning med høy avløpskoeffisient. Disse forhold kan virke betydelig inn på totalavløpet fra et urbant område og også på avløpsforløpet.

Til måling av vanninnholdet i den umettede sone vil vi bruke et nøytronmeter. Prinsippet ved disse målinger er at en radioaktiv kilde senkes ned gjennom stasjonære rør i bakken (Fig. 9). Hurtige nøytroner sendes ut fra kilden til den omliggende jorden. Når nøytronene treffer atomer bøyer de av. Ved kollisjoner med hydrogenatomer (vann) mister de energi og blir langsomme. Noen (avhengig av vanninnhold) av disse langsomme nøytroner vil treffe en lithium glass-scintillator. Den sender ut lysglimt som via en fotomultiplikator blir omgjort til pulser som registreres på en scaler. Slike målinger taes f. eks. for hver 20 cm ned gjennom røret. Ved hjelp av tetthetsmålinger i profilet og kalibreringskurve for kilden kan vanninnholdet i sonen bestemmes. Arealverdier vil vi søke å få ved å plassere ut rør på de mest representative punkter i feltet.

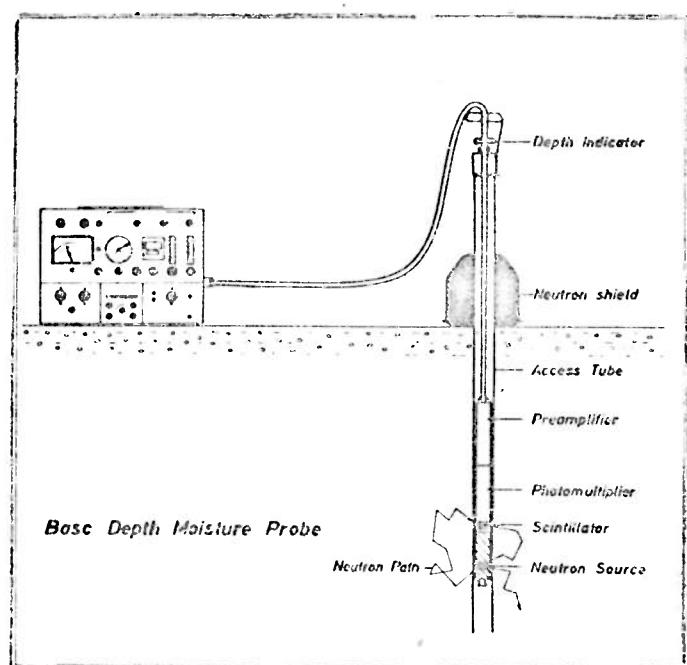


Fig. 9. Prinsippet ved markfuktighetsmålinger

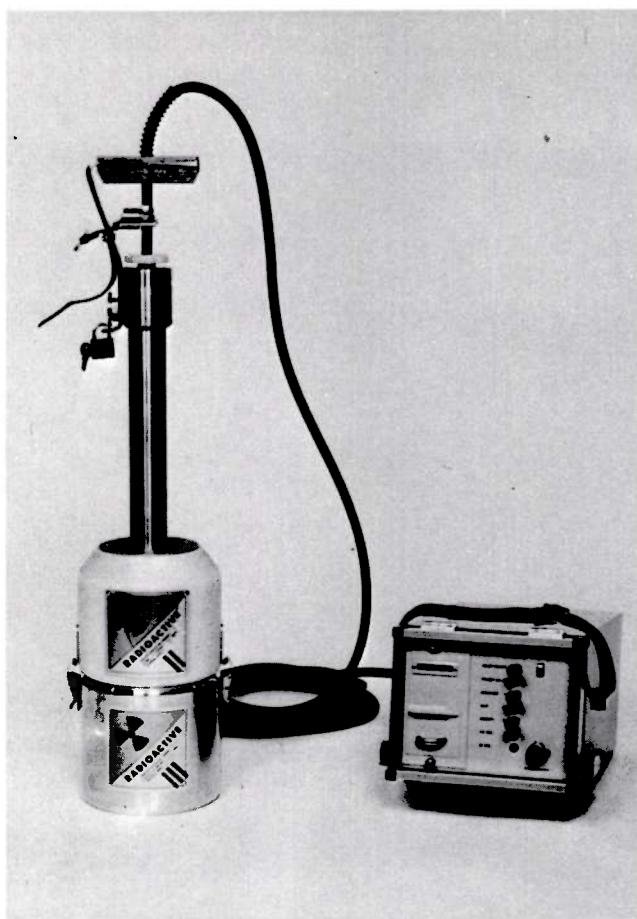


Fig. 10. Nøytronmeter. Tetthets- og fuktighetsprobe til venstre.  
Scaler type ISX 100 Miniscaler til høyre

## 6 Fordampningsmålere

Dette er den siste av komponentene innen vannets kretsløp vi vil ta med i våre undersøkelser. Fordampning deles gjerne i 3 kategorier:

- Fordampning fra fri vannflate.
- Potensiell evapotranspirasjon.
- Aktuell evapotranspirasjon.

Det er den aktuelle evapotranspirasjon man ønsker mål for, men denne er meget vanskelig å måle. De to første størrelser lar seg derimot relativt enkelt måle. Disse verdier ligger i et vist relativt forhold til den aktuelle fordampning. Vi vil koncentrere oss om målinger av fordampningen fra fri vannflate. På et punkt i hvert av A-områdene vil vi måle denne størrelsen ved hjelp av et Thorsrud evaporimeter. (Fig. 12). Dette er også standard-

instrument ved andre fordampningsundersøkelser her i landet. For å få et begrep om arealverdier av fordampningen vil vi benytte supplerende målinger med de enklere Anderssons evaporimetere (Fig. 11). Disse vil bli observert parallelt med hovedinstrumentene - Thorsrud evaporimetrene.

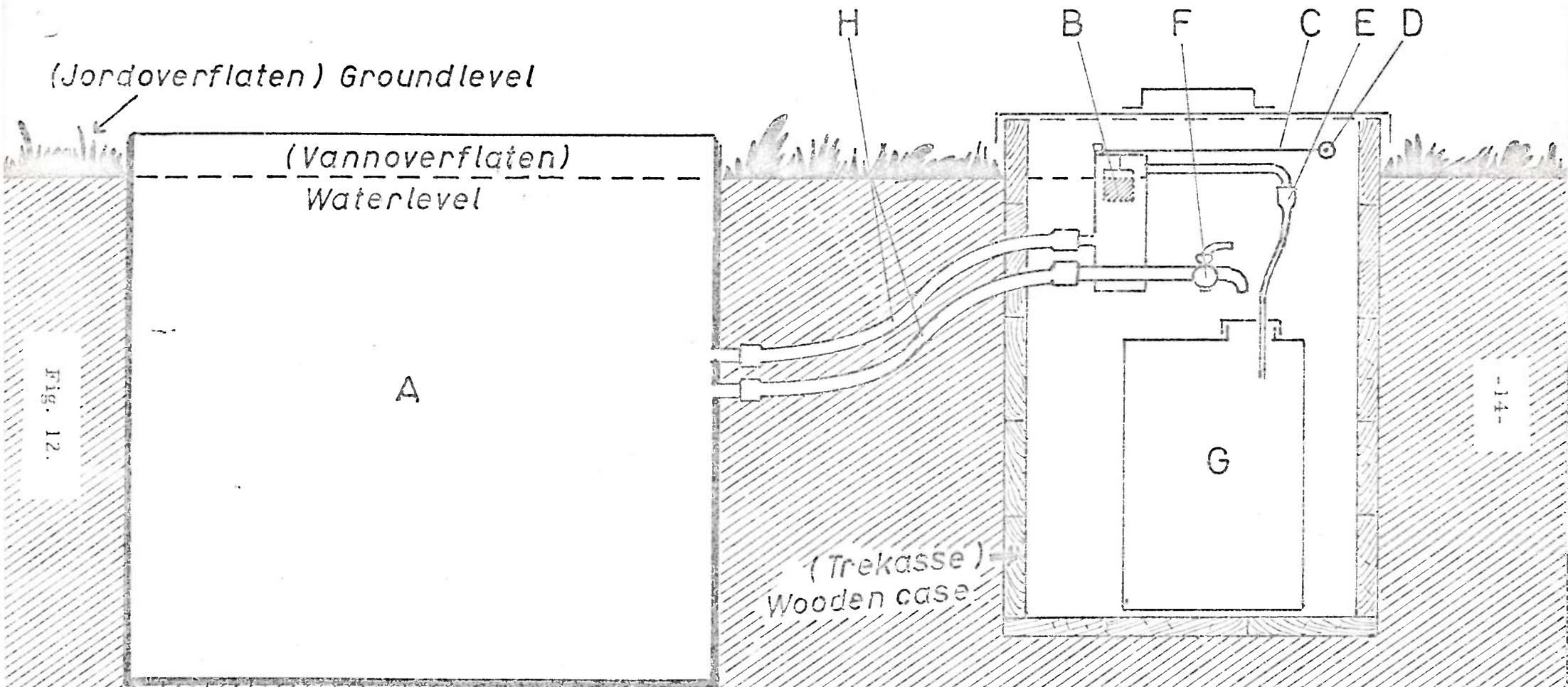
I to av feltene vil vi beregne den aktuelle evapotranspirasjon. En automatisk klimastasjon i hvert av de 2 feltene vil gi oss de nødvendige klimadata. Fra disse stasjonene vil vi få kontinuerlige registreringer av strålingsbalanse, vindstryke, lufttemperatur og relativ luftfuktighet. På grunnlag av disse data og utarbeidede formler (f. eks. Penmans formel) kan fordampningen beregnes. Disse to klimastasjonene er ikke bestilt enda.

Med de instrumenter som er nevnt og de data man får fra disse skulle man være sikret det nødvendige materialet for en grundig behandling av prosjektets hovedoppgaver. I tillegg kan det bli aktuelt med enkelte detaljstudier; f. eks. måling av avløpet i en kortere periode fra små, spesielle typeområder. Det kan i denne sammenheng bli snakk om parkeringsplasser, små sterkt urbaniserte cityområder etc. Disse typer målinger vil kanskje vise seg nødvendig for helhetsvurderingen av de øvrige data.



Fig. 11. Anderssons evaporimeter.

# THORSRUD EVAPORIMETER



A: Evaporation Pan.

B: Floater.

C: Pointer.

D: Balancing point.

E: Overflow pipe.

F: Crane for adjusting waterlevel.

G: Tank for gathering overflow of water.

H: Connection between evaporimeter pan and floater-box.

#### IV Litteratur i tilknytning til Urban Hydrologi - oversiktsrapport

Det er lagt stor vekt på å skaffe tilveie litteratur med tilknytning til urban hydrologi. I alt har en pr. i dag samlet nærmere 50 artikler omkring emnet og disse vil danne grunnlaget for en større rapport: "Urban Hydrologi. En litteraturgjennomgang". Referensene representerer utviklingen i urban hydrologi samtidig som de gir et godt bilde av hvor man står i dag.

En håper med denne litteratuoversikt å få gitt et bredt bilde av hva urban hydrologi er. Oversikten vil bli bygd opp omkring hovedkapitlene:

- 1 Urban hydrologi
- 2 Urbaniseringens innvirkning på et hydrologisk regime
- 3 Klimaets innvirkning på Urban hydrologi
- 4 Nødvendige bakgrunnsdata for avløpsberegninger
- 5 Avløpskoeffisienter
- 6 Beregningsmetoder for avløp fra urbane områder

Det er et stort arbeid å komme gjennom alle disse referensene. Arbeidet vil imidlertid bli høyt prioritert fremover da vi mener det er viktig å få fram en slik status - rapport så fort som mulig.

Oslo, 20. aug. 1972

Sven-Erik Hetager  
Sven-Erik Hetager  
statshydrolog

Arne Tollan  
førstehydrolog