NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK

VASSDRAGSDIREKTORATET

HYDROLOGISK AVDELING

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I ROMSDALEN

DEL I

OPPDRAGSRAPPORT

8 - 89

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

OPPDRAGSRAPPORT 8-89

Rapportens tittel:	Dato: Mai 1989
GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I ROMSDALEN - DEL I	Rapporten er: Åpen
	Opplag: 30

Saksbehandler/Forfatter:	Ansvarlig:
Østen A. Tilrem Grunnvannskontoret	Øystein Aars

Oppdragsgiver:

A/S MØRE OG ROMSDAL KRAFTSELSKAP

Sammendrag:

Grunnvannsregiment i elveslettene langs Rauma beror i betydelig grad på vannstanden i elva. Påvirkningen opptrer opptil 220 m fra elva. Grunnvannet påvirkes også av lokal snøsmelting om våren og av høstregnet.

Den planlagte utbygging vil medføre høyere vintervannføring i elva og lavere sommervannføring. Den økte vintervannføring vil redusere isoppstuvingen på elvestrekningen Remmem-Stavem. Nedstrøms av Remmem vil den høyere vintervannføring sannsynligvis forsterke isoppstuvingen. (Tvede og Wold, 1987).

Den samlede virkning ovenfor Remmem av økt vintervannføring og minsket isoppstuving, med hensyn til vannstanden i elva og dermed også for grunnvannsnivået, vil være at den naturlige vannstand om vinteren tilnærmet opprettholdes. Nedenfor Remmem derimot vil den samlede virkning være at vintervannstanden vil bli høyere enn i naturlig tilstand.

Kornfordelingsanalysen viser at jordbunnen består av teleutsatte jordarter. Den høyere vintervannstand nedenfor Remmem vil derfor fremme teledannelse i dette området med mulig forsinket våronn og årsvekst som følge.

Det antas at senkningen av grunnvannsnivået den planlagte utbygging vil medføre i vekstperioden (maks 25-30 cm), ikke vil få negative følger for årsveksten, tatt i betraktning de gunstige/optimale forhold man har for kapillær vanntilførsel opp til rotsonen i det materiale jordbunnen stort sett består av.

Med hensyn til vannuttak fra brønner vil forholdene nedenfor Remmen bli gunstigere om vinteren enn før. Ovenfor Remmem kan forholdene muligens endres noe i gunstig eller ugunstig retning alt avhengig av de lokale isoppstuvingsforhold i elva før og etter utbygging.

FORORD

Hydrologisk avdeling, Grunnvannskontoret (VHG) har siden høsten 1977 forestått grunnvannsundersøkelser i Romsdal og Lesja etter oppdrag fra A/S Møre og Romsdal Kraftselskap. Undersøkelsene er blitt foretatt i forbindelse med planer om utbygging av Rauma.

På det nåværende tidspunkt er utbyggingsplanene av mindre omfang enn opprinnelig planlagt, idet utbyggingen av øvre Rauma ikke lenger er aktuell. Idag omfatter utbyggingsplanene således bare Verma og Ulvå og er basert på Samla plan for vassdrag (Rauma kommune, 1986).

I 1980 ble det skrevet en foreløpig rapport som omfattet hele undersøkelsesområdet og data for perioden høsten 1977 til ut året 1978 (Krogh, 1980).

Denne rapport omhandler bare Romsdalen nedenfor Ulvå og tar for seg perioden 1978 - 87. Rapporten er i to deler. Denne del I er den generelle del med beskrivelser, analyser og vurderinger. Del II er et databilag og inneholder målinger og observasjoner ordnet og fremstilt i grafisk form.

Oslo, april 1989

Arne Tollan

avdelingsdirektør

INNHOLD

		Side
1	INNLEDNING	3
2	GENERELT OM GRUNNVANNSUNDERSØKELSER VED VASSDRAGS-REGULERINGER	4
2.1	Observasjon av grunnvannsstand	4
2.2	Løsavsetningenes geologi	5
2.3	Teledybde	5
3	GENERELT OM ANALYSE AV GRUNNVANNSOBSERVASJONER	5
3.1	Geolimnigram	6
3.2	Korrelasjons- og regresjonsanalyse	7
3.3	Varighetskurver	10
3.4	Snittdiagram og kotekart	11
3.5	Jordbunnens geologi	11
4	RAUMAVASSDRAGET	14
4.1	Geologi	15
4.2	Klima	16
4.3	Hydrologi	21
5	OPPLEGG FOR GRUNNVANNSUNDERSØKELSENE I ROMSDAL	23
6	ANALYSE AV OBSERVASJONSMATERIALET	39
7	DRØFTING AV OBSERVASJONSMATERIALET	41
7.1	Grunnvannsstand og jordbunnstekstur	41
7.2	Snø- og teledybde	54
8	OPPSUMMERING	59
8.1	Reguleringens innflytelse på vannstanden i Rauma	59
8.2	Reguleringens innflytelse på grunnvannsstanden langs Rauma	64
	REFERANSER	76

1 INNLEDNING

I samband med planene om kraftutbygging i Rauma/Ulvå har Grunnvannskontoret ved Hydrologisk avdeling (VHG) etter oppdrag fra A/S Møre og Romsdal Kraftselskap (MRK) utført grunnvannsundersøkelser i Romsdal og Lesja. Undersøkelsene ble satt igang sent høsten 1977. Både i Romsdalen og i Lesja foregikk det på dette tidspunkt grunnvannsmålinger i regi av Grytten kraftverk og Lesja forsøksring. Noen av disse tidligere målepunkter er ført videre i den nå foreliggende undersøkelse.

Grunnvannet i de nærmeste områder langs Rauma blir idag utnyttet, idet mange gårder og boliger har sin vannforsyning fra brønner. Brønnene ligger gjerne nær elva og elvevannstanden kan ha betydelig innvirkning på vannstanden i dem. Videre ligger mesteparten av den dyrkede mark langs elva og grunnvannsmagasinet kan derfor antas å ha en viss betydning for vannforsyningen til jordbruksvekstene.

Hensikten med denne rapporten er å belyse i hvilken utstrekning vannstanden i Rauma påvirker grunnvannsstanden på elveslettene langs vassdraget før og etter regulering. Av tidligere rapporter fra Grunnvannskontoret i forbindelse med Rauma vises til Krogh (1980). De opprinnelige utbygningsplaner for Rauma er nå redusert, idet området ovenfor Ulvå ikke er tenkt regulert. Rapporten omhandler derfor bare grunnvannsmålingene tatt nedenfor Ulvå.

De foretatte grunnvannsundersøkelser gir materiale som viser hvordan forholdene er i naturlig tilstand. Materialet kan også brukes til å beregne grunnvannsnivået etter en eventuell regulering ut fra prognosert vannføring i elva etter reguleringen. Slike prognoser har imidlertid en relativ bred usikkerhetsmargin, og beregninger basert på dem bør derfor etterprøves på grunnlag av direkte observasjoner over en viss tid etter at en eventuell utbygging har funnet sted.

2 GENERELT OM GRUNNVANNSUNDERSØKELSER VED VASSDRAGSREGULERING

Vassdragsinngrep med økning eller minskning av vannføringen vil påvirke grunnvannet i løsavsetningene nær vassdraget. Eksempelvis får man endringer i grunnvannsnivå, avrenningsmønster, oppholdstid og somme tider i vannkvaliteten.

Det er ønskelig at man på forhånd kan forutsi inngrepenes virkning på grunnvannsregimet. Man kartlegger derfor løsavsetningenes geologi på stedet og hvordan elva virker inn på grunnvannet før og etter regulering.

2.1 Observasjon av grunnvannsstand

Kjennskap til sammenhengen mellom grunnvannsstand og elvevannstand skaffer vi oss ved å observere begge over tid. For dette formål plasseres målerør i ett eller flere snitt tvers på elva. Det første røret settes i elvebredden slik at det gir vannstanden i elva.

Rørene drives eller settes ned i grunnen ved hjelp av en vanlig slagboremaskin for fjell, en borerigg eller ved hjelp av skovlbor. Rørene er i seksjoner (1,5 m) som skjøtes sammen etterhvert som de drives ned. Nederste seksjon er et filterrør, 1 m langt med sandspiss. Det brukes tykkveggede rør med indre diameter minst 32 mm. Rørene settes ned til dybder som avhenger av de stedlige forhold, gjerne slik at sandspissen når ca. 1 m under elvas minstevannstand.

Vannstanden i rørene avleses ved hjelp av målebånd med peileklokke (hult lodd) som avgir en lett hørbar lyd når den treffer vannflata. Avlesningshyppigheten beror mye på grunnforholdene. For eksempel vil åpen grunn med raske vannstandsendringer kreve hyppigere avlesninger enn tett grunn. Avlesningene tas vanligvis en gang i uka.

Grunnvannsstanden kan også registreres kontinuerlig med automatisk vannstandsmåler (limnigraf). Dette er selvsagt å foretrekke, men det koster da desto mere.

2.2 Løsavsetningenes geologi

Risikoen for vekstskader på produktiv jord etter reguleringsinngrep kan vurderes etter at løsavsetningens geologi på stedet er kartlagt. Det vil si eventuell lagdeling i jordprofilet og materialets mekaniske sammensetning. Med dette for øye tar man jordprøver i profilet ned til grunnvannsnivået.

Ved risiko/mistanke om ugunstig endring i naturlig vannkvalitet tas også vannprøver for kvalitetskontroll.

2.3 Teledybde

Teledannelse og teledybde kan være betydelig i finkornige jordarter som mo og mjele (kornstørrelse mindre enn 0.2 mm) der vannet om vinteren står høyt nok til at kapillærtransport av vann opp til de øvre jordlag kan finne sted. Det er derfor av interesse å kjenne til den naturlige teledybde på stedet før regulering. Teleybden måles ved bruk av en enkel telegrensemåler som består av et acrylplastrør fylt med indikatorvæske (destillert vann tilsatt methylenblått). Røret settes vertikalt ned i bakken i et ytre beskyttelsesrør. Telefrontens bevegelse nedover i jordprofilet kan lett følges utetter vinteren fordi indikatorvæsken skifter farve etterhvert som temperaturen omkring den synker til under vannets frysepunkt. Det indre røret står løst og løftes opp ved avlesning.

3 GENERELT OM ANALYSE AV GRUNNVANNSOBSERVASJONER

Ved vurderingen av observasjonsmaterialet og en mulig sammenheng mellom vannstanden i elva og grunnvannsforholdene langs denne, må man ha for øye påvirkningen av de klimatiske faktorer som kan spille inn. Nedbør som fører til økt vannføring i elva, vil samtidig ved direkte infiltrasjon også heve grunnvannsnivået. Omvendt

vil tørke føre til lavere vannstand både i elva og i grunnen. I disse eksemplene varierer både elva og grunnvannet, helt eller delvis uavhengig av hverandre, som følge av en ytre felles påvirkning. I slike tilfeller søker man å isolere og skille ut den direkte innvirkning av den aktuelle klimatiske faktor.

I tillegg er det også andre forhold å ta hensyn til i en helhetsvurdering av i hvilken grad grunnvannsnivået varierer med elvas vannstand. Grunnvannets strømningsretning, nivåforskjellen mellom elvevannstand og grunnvannsstand og den naturgitte drenering av grunnvannsmagasinet er faktorer som må tas med for å kunne forutsi i hvilken grad endringer i elvevannstanden påvirker grunnvannsregimet.

Som grunnlag for vurderingene nyttes de innsamlede data, data fra Hydrologisk avdelings regulære målestasjoner for vannstand og vannføring i vassdraget, observasjoner fra Meteorologisk institutts værstasjoner, samt prognosert vannføring i elva etter reguleringsinngrepet.

Observasjonene tilrettelegges tradisjonelt i form av geolimnigrammer, korrelasjonstabeller og regresjonsligninger, varighetskurver og snittdiagrammer. Enkle dynamiske strømnningsmodeller basert på EDB er også etterhvert kommet i bruk i analysen og prognosering av grunnvannets respons på reguleringsinngrep. Forøvrig analyseres jordprøvene etter standard prosedyrer for kornfordeling og porøsitet.

3.1 Geolimnigram

Geolimnigrammet viser grunnvannsstanden som funksjon av tiden, det årlige variasjonsmønster går da uten videre fram (fig.1). Grunnens evne til å lede vann samt dreneringsforholdene kan også bedømmes ut fra geolimnigrammet. For eksempel vil steile og store stigninger ofte skyldes at elva stuver opp grunnvannet, eller at området mottar mye vann fra nedbør og tilsig fra en dalside. Spisse topper

indikerer høy permeabilitet og gode dreneringsforhold. Avrundete topper tyder på at grunnen er mindre permeabel eller at dreneringsforholdene er dårlige. Økende avstand fra elv eller sjø bidrar til å flate ut geolimnigrammet.

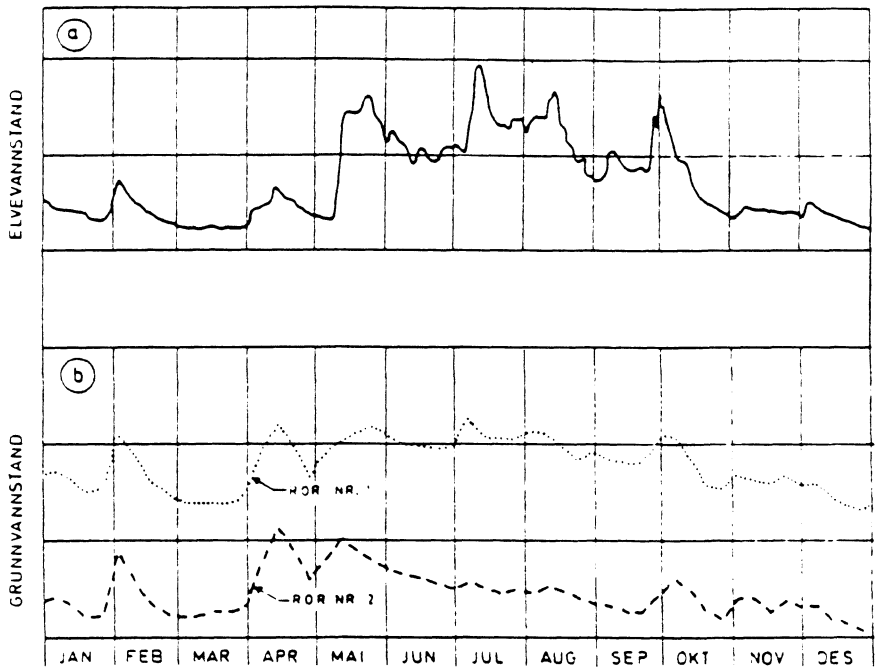


Fig. 1. Figuren viser limnigram av vannstanden i elv (a) og av grunnvannsstanden ved to målerør (b).

Geolimnigrammet vil videre være til nytte når det gjelder vurderingen av en eventuell samvariasjon mellom grunnvannsstanden og elvevannstanden. Det sammenlignes med limnigrammet for elva og graden av samvariasjon vurderes.

Nedbørens innvirkning på grunnvannsstanden ved direkte infiltrasjon kan vurderes ved å sammenholde geolimnigrammet med nedbør- og temperaturregistreringene ved nærmeste værstasjon.

3.2 Korrelasjons- og regresjonsanalyse

Korrelasjonsdiagrammet er et punktdiagram hvor korresponderende grunnvannsstander og elvevannstander er plottet opp (fig. 2).

Viser punktdiagrammet et entydig og rettlinjet forløp, beregnes regresjonsligningen. Samvariasjonen kvantifiseres ved å beregne korrelasjonskoeffisienten (R). På grunnlag av disse beregninger kan man slutte seg til om det er en signifikant samvariasjon mellom grunnvannsnivået og vannstanden i elva, og/eller om andre faktorer gjør seg gjeldende. For eksempel: Kvadratet av korrelasjonskoeffisienten (R varierer mellom +1 og -1) angir den del av variasjonene i den avhengige variable (her grunnvannsstanden) som motsvarer variasjonene i den uavhengige variable (her elvevannstanden). Resten av variasjonene i grunnvannsstanden, dvs. $(1 - R^2)$, må skyldes andre faktorer. Slike faktorer omfatter direkte infiltrasjon av nedbør, fordunstning og uttørking av de øvre jordlag, plantenes forbruk av vann, tilsig fra høyereliggende områder og sig til lavereliggende områder.

Er korrelasjonen god (høy R), brukes regresjonsligningen til å estimere grunnvannsnivået slik det sannsynligvis vil bli etter at regulering har funnet sted.

En relasjon med knekk eller krumlinjet forløp, vil komplisere de matematiske beregningene. I slike tilfeller søker man å tilpasse to og om nødvendig flere rette linjestykker til punktgrupperingene. Man får da et tilsvarende antall regresjonsligninger.

Det er viktig å ha klart for seg at det statistiske begrep korrelasjon ikke forteller noe om hva som er årsak og hva som er virkning, kun hvorvidt to hendelser eller fenomener varierer i takt (el. utakt) med hverandre, dvs. om det er en samvariasjon tilstede og hvor utpreget denne i så fall er. Om den ene hendelsen forårsaker den andre, eller om begge hendelsene er forårsaket av en tredje hendelse, må klarlegges ut fra kjennskap til de fysiske prosesser som er involvert og deres årsaks/virknings mekanisme.

Svakheten ved regresjonsanalysen slik som brukt her, er at man ikke tar hensyn til faseforskyvningen som følge av grunnvannsstandens forsinkede reaksjon på endringene i elvevannstanden.

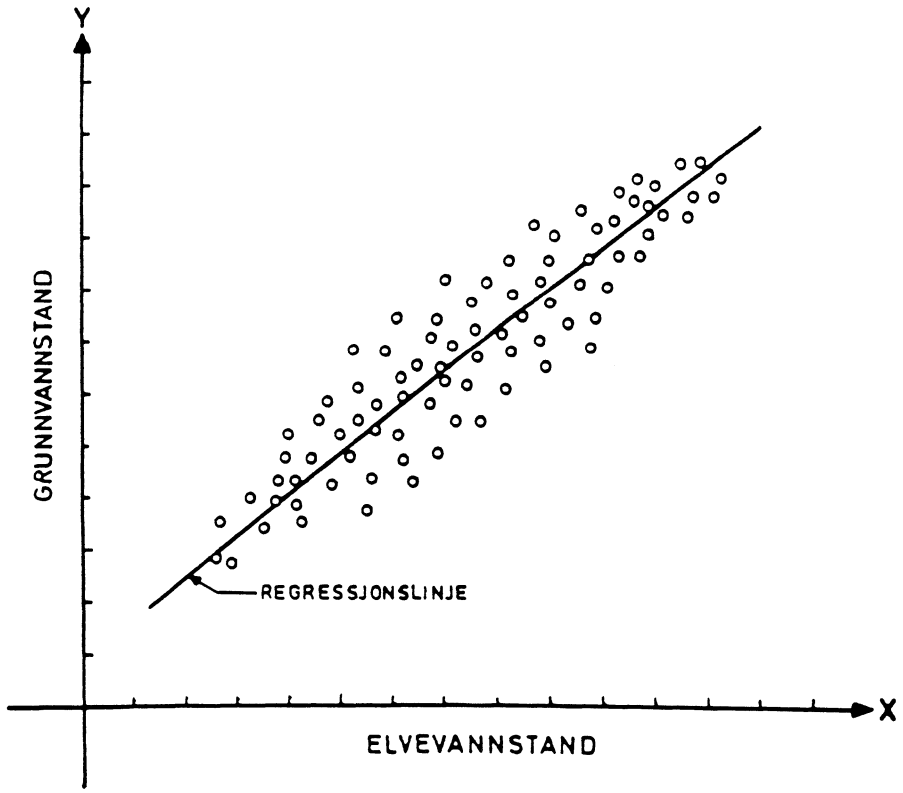


Fig. 2. Punktdiagram. Grunnvannsstanden plottet mot elvevannstanden.

Forsinkelsen fører til større spredning i punktdiagrammet og dermed til en dårligere korrelasjon enn hva som egentlig er tilstede. Det er imidlertid ikke mulig å ta hensyn til faseforskyvningen så lenge observasjonene tas manuelt med flere dagers mellomrom, og ikke kontinuerlig med automatisk registrering. Ved særlig betydningsfulle grunnvannsundersøkelser legges det derfor opp til automatisk registrering både av elvevannstanden og av grunnvannsstanden.

Punktdiagrammet (fig. 2) kan forøvrig på en ren grafisk måte tjene til å bestemme den endring i grunnvannsnivået en viss endring i elvevannstanden vil forårsake. Man dekker punktdiagrammet med en transparent kopi og forskyver så kopien langs den horisontale akse tilsvarende endringen i elvas vannstand. Man forskyver så langs den vertikale akse inntil punktgrupperingene på de to diagrammene faller sammen. Den vertikale distanse kopien må forskyves, gir endringen i grunnvannsnivået. Metoden kan brukes uansett om samvariasjonenen er rettlinjet eller krumlinjet, sålenge punktgrupperingene kan bringes til å falle sammen på en tilfredsstillende måte.

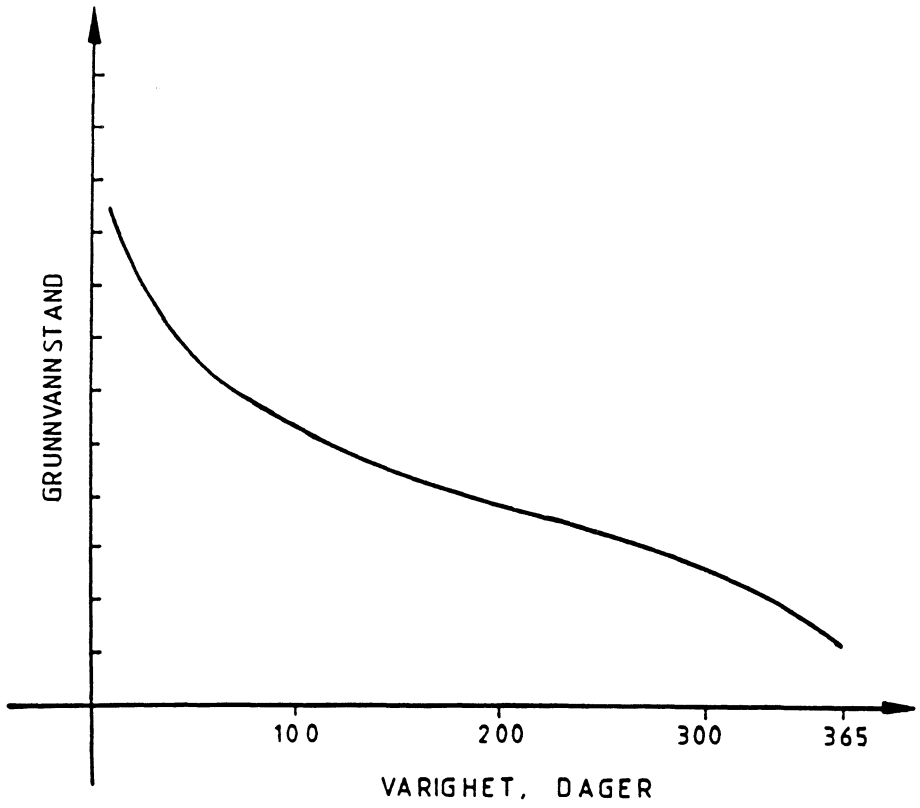


Fig. 3. Varighetskurve. Antall dager er gitt vannstand overskrides i løpet av et midlere år.

3.3 Varighetskurver

Varighetskurven viser antall dager, eller prosent av tiden, en gitt vannstand har opptrådt eller vært overskredet (fig.3). Den settes som regel opp på årlig basis. Andre perioder kan nyttes såsom sesongkurver eller månedskurver. Varighetskurven rangerer dataene på en oversiktlig måte. Man kan lett finne ut hvor mange dager vannstanden kan forventes å opptre mellom eller over gitte verdier. For eksempel vil varighetskurven for grunnvannsnivået i vekstsesongen (mai-august) være et godt hjelpemiddel for å bedømme plantenes tilgang på vann. Man skal imidlertid merke seg at varighetskurven ikke gir noen opplysning om til hvilken tid i perioden de forskjellige vannstander opptrer.

3.4 Snittdiagram og kotekart

Snittdiagrammet viser grunnvannsspeilets gradient i snittet (fig.4). Flere snitt plassert etter hverandre langs elva vil gi grunnlag for opptegning av kotekart av grunnvannsnivået. Slike kotekart gir opplysning om retning og helning av grunnvannsstrømmen. Det kreves et forholdsvis tett nettverk av observasjonspunkter.

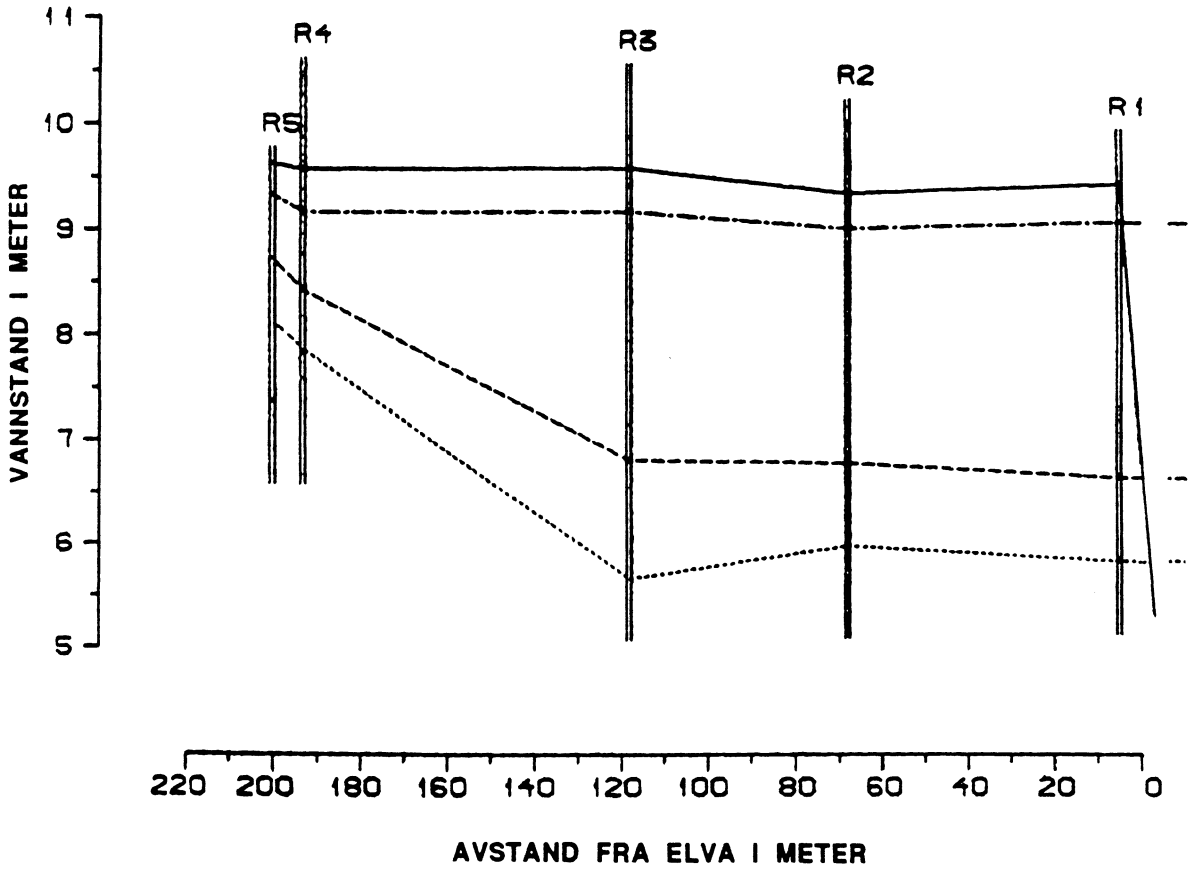


Fig. 4. Grunnvannssnitt med 5 målerør. Grunnvannsspeilets gradient ved høyeste, midlere og minste grunnvannsstand.

3.5 Jordbunnens geologi

Jordprøvene analyseres med hensyn til humusinnhold og kornfordeling. Porøsiteten (vannlagringsevne) og permeabiliteten (vannledningsevne) anslås, enten ved forsøk eller ved hjelp av empiriske tabeller. Disse opplysningene gir grunnlag for til en viss grad å

vurdere markvannskapasiteten og jordas tørkestyrke/tørkesvakhet i relasjon til plantenes vannforbruk, samt risikoen for teledannelse. Se fig. 5 og tabellene 1-4.

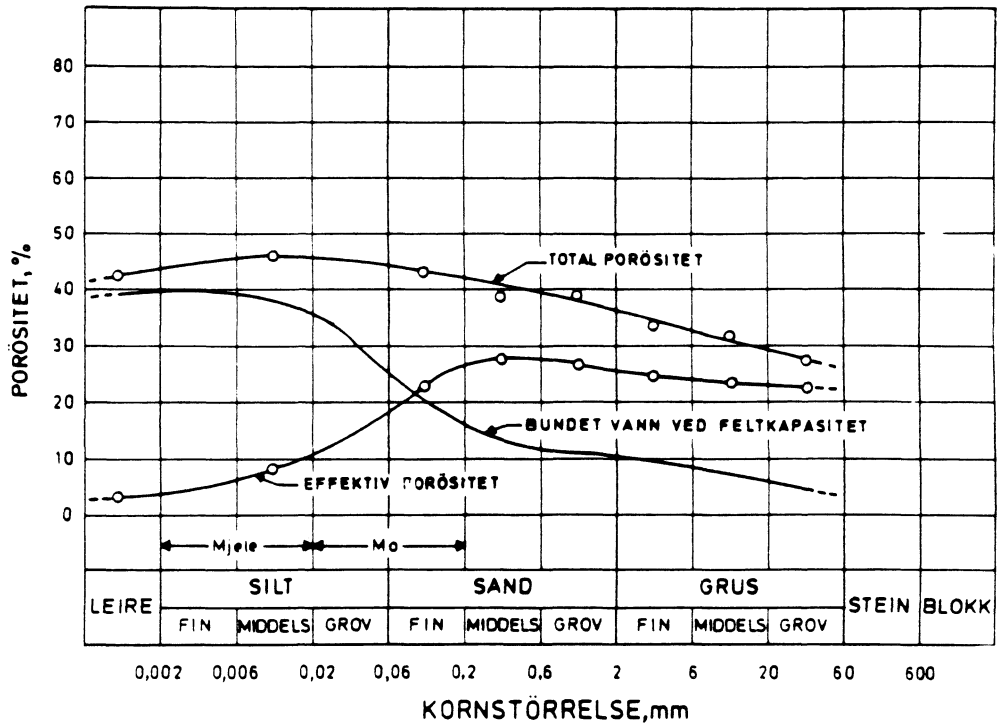


Fig. 5. Kurvene viser total porøsitet, effektiv porøsitet og bundet vann i løsmateriale med ulik kornstørrelse.

Tabell 1. Kapillær stigehøyde (Beskow, 1935).

Materiale	Kornstørrelse	Stigehøyde i naturlig materiale	
		Løs pakning	Tett pakning
	mm	cm	cm
Grus, fin	2 - 6		
Sand, grov	0.6 - 2	3 - 12	4 - 15
" middels	0.2 - 0.6	10 - 35	12 - 50
" fin	0.06 - 0.2	30 - 200	40 - 350
Silt, grov	0.02 - 0.06	150 - 500	250 - 800

Tabell 2. Kapillær stigehastighet (Atterberg, 1903).

Materiale	Kornstørrelse	Kapillær stigehøyde, cm				
		Antall døgn				
	mm	1	2	8	18	30
Grus, fin	2 - 5	2.2	2.4	-	-	-
Fin sand/ grov silt	0.05 - 0.10	53	57	85	97	100
Silt, grov	0.02 - 0.05	115	136	166	177	180
Silt, middels	0.01 - 0.02	48	92	193	209	245
Leire	0.001 - 0.002	5.5	-	-		

Tabell 3. Representative verdier for porøsitet (Todd, 1980).

Materiale	Kornstørrelse	Total porøsitet	Effektiv porøsitet
	mm	%	%
Grus, grov	20 - 60	28	23
" middels	6 - 20	32	24
" fin	2 - 6	34	25
Sand, grov	0.6 - 2	39	27
" middels	0.2 - 0.6	39	28
" fin	0.06 - 0.2	43	23
Silt	0.002 - 0.06	46	8
Leire	< 0.002	42	3
Myr		92	44

Tabell 4. Representative verdier for permeabilitet (Todd, 1980).

Materiale	Kornstørrelse	Permeabilitet
	mm	cm/s
Grus, grov	20 - 60	1.7×10^{-1}
" middels	6 - 20	3.1×10^{-1}
" fin	2 - 6	5.2×10^{-1}
Sand, grov	0.6 - 2	5.2×10^{-2}
" middels	0.2 - 0.6	1.4×10^{-2}
" fin	0.06 - 0.2	2.9×10^{-3}
Silt	0.002 - 0.06	9.3×10^{-5}
Leire	< 0.0002	2.0×10^{-7}
Myr		6.6×10^{-3}

4 RAUMAVASSDRAGET

Rauma har sitt utspring i Lesjeskogsvatn, som ligger på 612 m o.h., og renner i vest-nordvestlig retning til den løper ut i Romsdalsfjorden ved Åndalsnes. Nedbørfeltet er her 1223 km². Elva har en lengde på ca. 75 km. Rauma har to store bielver, nemlig Ulvå (155 km²) og Verma (108km²). Figur 6 viser kartskisse over Raumavassdraget.

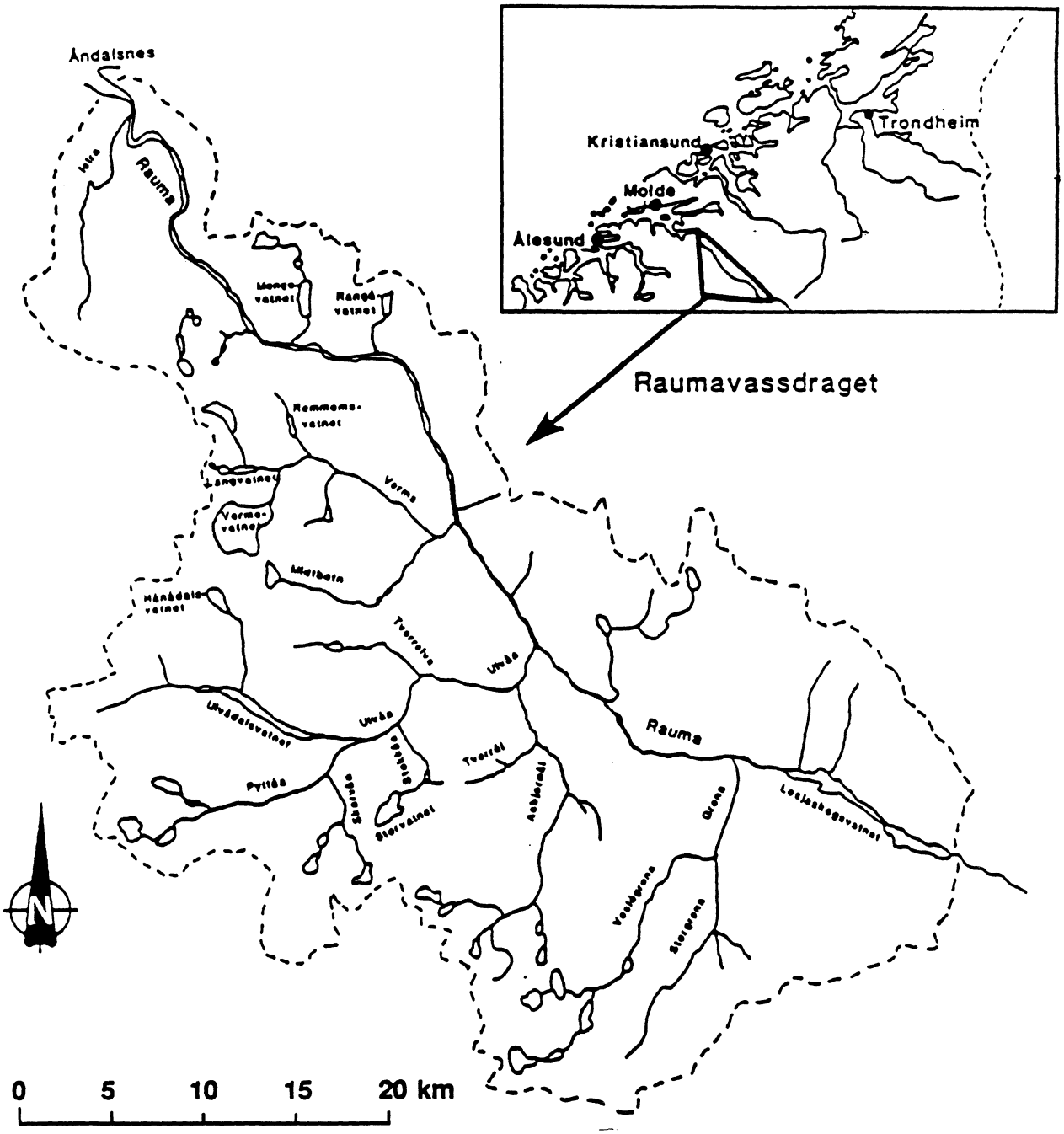


Fig. 6. Raumavassdraget.

4.1 Geologi

Raumavassdraget ligger innenfor det store gneisområdet på Nordvestlandet. Dette er bergarter av grunnfjellalder dannet på store dyp i samband med jordskorpebevegelser. I de vestlige fjellstrøk finner man soner med kvartsitt og skifer.

Raumas nedbørfelt består av et storkupert høyfjellsområde som er dypt nedskåret av Romsdalen. Den nedre del av Romsdalen har en utpreget U-form, mens den øvre del og de fleste sidedalene er vide og åpne. I fjellområdene når toppene opp i 1700-2000 m o.h. I vest og nord har man et velutviklet alpint landskap med mange botnbreer. I sørøst er fjellandskapet preget av store, slake og avrundede former.

De mest utbredte løsavsetninger i feltet er morene-, breelv- og elveavsetninger, skred og blokkhav. Det ligger store bunnmorenedekker i de vestlige sidedalene. Ellers finner man et stort antall morenerygger i de vestlige strøk på begge sider av Romsdalen. Enkelte steder dannet smeltevannselvene israndterrasser eller brefrontdeltaer. Et av disse lå nederst i Romsdalen ved Åndalsnes. Idag ser man erosjonsrestene etter dette breelvdeltaet som ble avsatt opp mot isavsmeltningstidens havnivå, som her sto om lag 100 m over dagens havnivå.

Dalbunnen i de lavere deler av Romsdalen er idag for en stor del dekket av postglasiale løsavsetninger. Umiddelbart etter at innlandsisen trakk seg tilbake var Romsdalen en trang fjordarm hvori smeltevannsstrømmer fra isen førte med seg store mengder løsmasser. De finere kornfraksjonene som leire og silt ble avsatt lengst ute i fjorden, mens sand, grus og stein ble avsatt nærmest brefronten. Landhevningen etter at innlandsisen forsvant, var relativt hurtig og medførte at de øverste marine avsetninger raskt ble hevet over havnivået og dermed utsatt for intens erosjon. Erosjonsmaterialet

ble transportert nedover av bekker og elver og avsatt nærmere fjorden eller resedimentert på dypt vann. Etter istiden er de viktigste jordartene dannet ved elve-, skred- og forvitringsprosesser, samt ved myrdannelser. De største elveavsetningene opptrer som elvesletter langs Rauma på de slakere partier av elva. Ellers finner man i Romsdalen grovere elvemateriale i de kjegleformede avsetninger der sideelver og bekker kommer ned fra dalsidene (elvevifter/bekkevifter). Disse danner overgangsformer til skredkjegler. De største skredavsetningene er lokalisert i dalsidene i de midtre og nedre deler av dalen. (Rauma kommune, 1986).

4.2 Klima

Klimaet i nedre Romsdal er i hovedsak maritimt. Etter hvert som man går oppover dalen, blir klimaet mer kontinentalt samtidig som den økende høyden gir mer og mer fjellklima også i dalbunnen. Topografien kan gi store forskjeller i lokalklimaet.

Normal årsnedbør ved Åndalsnes er knapt 1300 mm og oppe ved Lesjaskogsvatn er den 500 mm. Fordelingen over året er noe forskjellig i den nedre og øvre del av dalen. Ved Åndalsnes er det minst nedbør om våren og tidlig sommer, og mest om høsten og tidlig vinter (høstnedbør). Ved Lesjaskogsvatn er det minst nedbør sen vinter og om våren, mest om sommeren og høsten (sommer og høstnedbør).

Ved Åndalsnes varierer de månedlige middeltemperaturer mellom 15^0 og -1^0 i løpet av året, og ved Lesjaskogsvatn mellom 13^0 og -10^0. Om vinteren kan det forekomme minimumstemperaturer ned til -25^0 nederst i dalen, og ned til -45^0 i den øvre del. Maksimumstemperaturer over 30^0 kan forekomme i nedre del av Romsdalen om sommeren.

Midlere verdier av observert nedbør og temperatur i Romsdalen er gitt i tabell 5 og 6, og i figur 7 til 11. Veiledende verdier for fordunstning er gitt i tabell 7.

Tabell 5. Midlere måneds- og årsnedbør i Normalperioden 1931-60 og observasjonsperioden 1978-87 målt i mm.

STASJON: 6135-31 ÅNDALSNES HØYDE OVER HAVET: 25 M

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	Året
1931-60:	120	122	107	93	60	73	91	95	132	150	114	118	1275
1978-87:	125	74	69	73	31	54	75	103	160	131	145	128	1168

STASJON: 6155-31 VERMA HØYDE OVER HAVET: 247 M

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅRET
1931-60:	77	86	68	47	26	39	60	52	63	77	74	90	759
1978-87:	97	50	40	45	12	36	46	59	79	78	100	88	730

STASJON: 6177-31 LESJASKOG HØYDE OVER HAVET: 621 M

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅRET
1931-60:	45	40	30	25	20	40	60	55	50	45	40	50	500
1978-87:	57	30	24	26	9	35	48	44	41	44	63	54	475

Tabell 6. Midlere måneds- og årstemperatur i Normalperioden 1931-60, og observasjonsperioden 1978-1987 i °C.

STASJON: 6117-41 HJELVIK I ROMSDAL HØYDE OVER HAVET: 21 M

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅRET
1931-60:	0.4	-0.1	1.5	5.1	8.9	11.8	14.3	13.9	10.4	6.9	4.5	2.7	6.7
1978-87:	-0.9	0.0	1.9	4.4	9.3	11.7	13.3	12.7	9.2	7.1	3.3	0.6	6.1

STASJON: 6177-41 LESJASKOG HØYDE OVER HAVET: 621 M

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅRET
1931-60:	-9.6	-8.5	-4.6	0.2	6.1	9.4	11.8	11.3	7.0	1.8	-3.5	-6.6	1.2
1978-87:	-11.9	-9.8	-4.9	-0.1	6.1	9.7	11.4	10.1	5.7	2.0	-4.6	-9.4	0.4

Tabell 7. Midlere fordunstning i mm fra fri vannflate i Lesja og i Valldal. Observasjoner fra Meteorologisk Institutt.

STASJON: LESJA HØYDE OVER HAVET: 572 M

	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	ÅRET
1968-70:	65.1	81.9	69.1	66.0	33.0	314

STASJON: VALLDAL HØYDE OVER HAVET: 50 M

	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	ÅRET
1969-72:	63.6	57.0	50.4	51.2	30.0	253

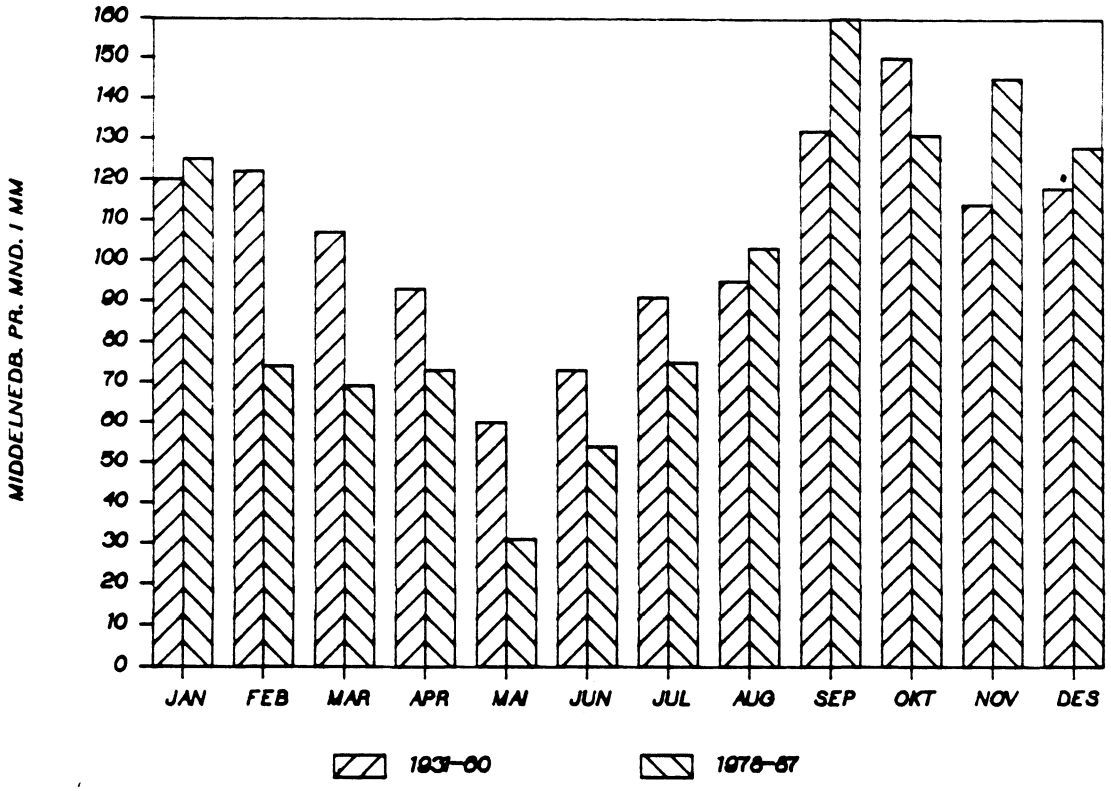


Fig. 7. Midlere månedsnedbør ved 6135 Åndalsnes i normalperioden 1931-60 og observasjonsperioden 1978-87 (jfr. tabell 5).

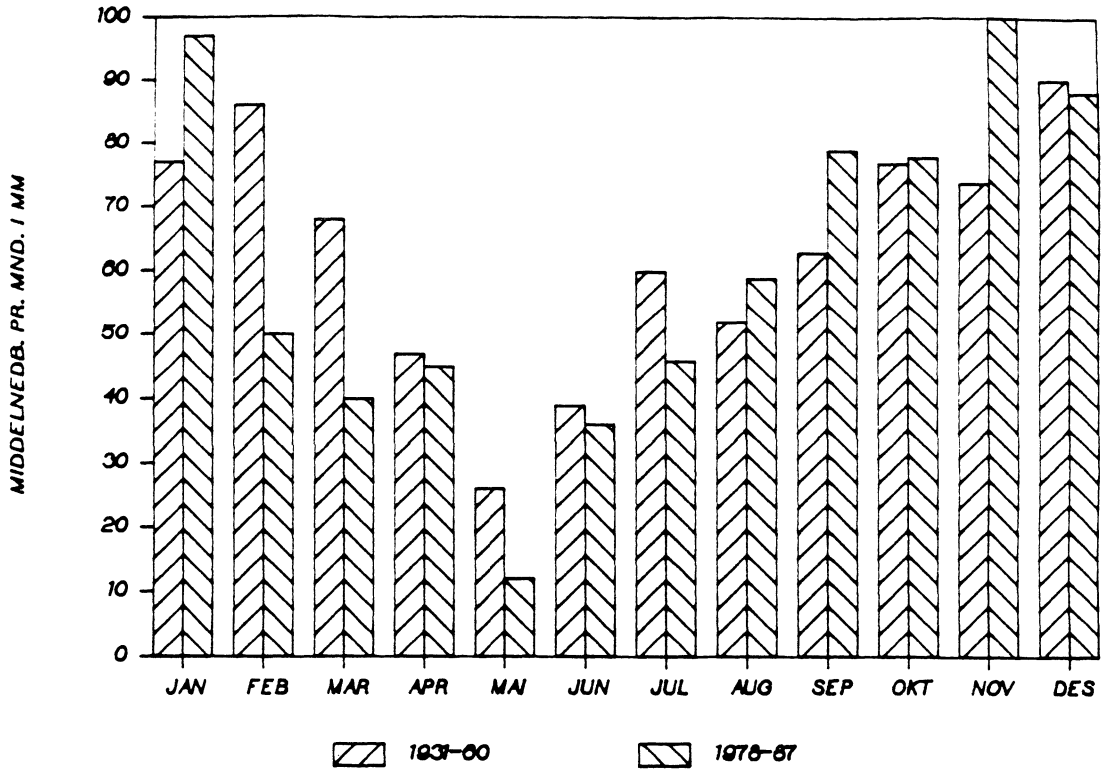


Fig. 8. Midlere månedsnedbør ved 6155 Verma i normalperioden 1931-60 og observasjonsperioden 1978-87 (jfr. tabell 5).

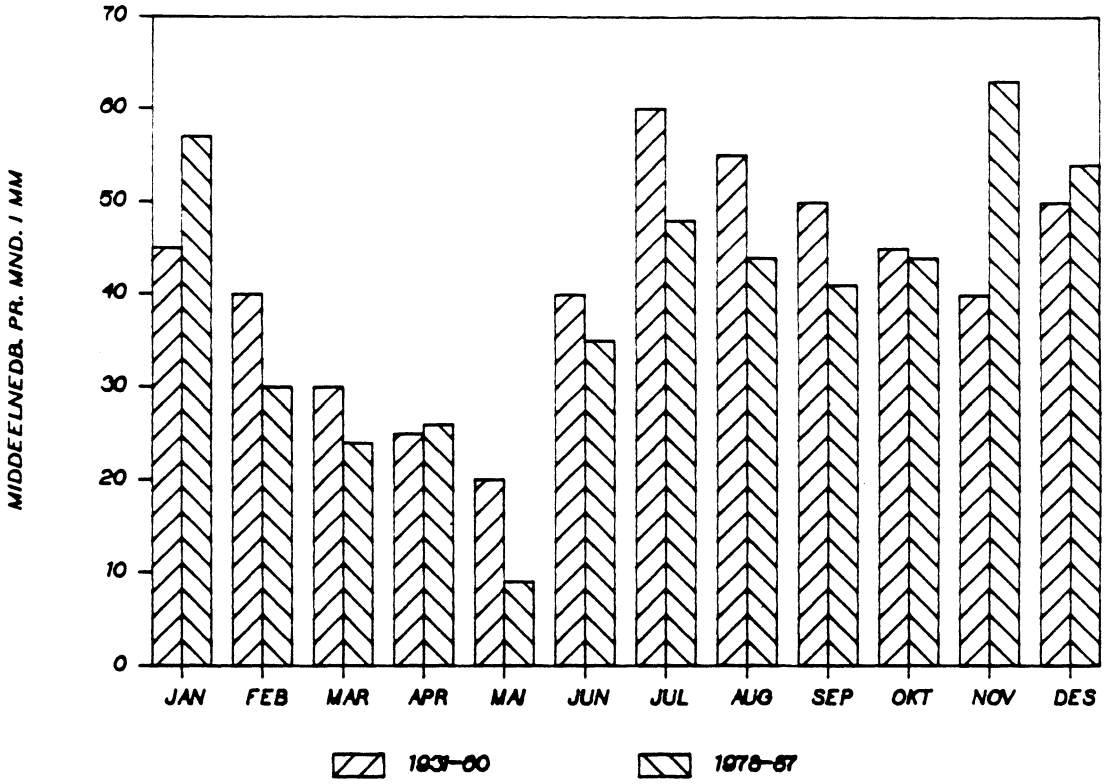


Fig. 9. Midlere månedsnedbør ved Lesjaskog i normalperioden 1931-60 og observasjonsperioden 1978-87 (jfr. tabell 5).

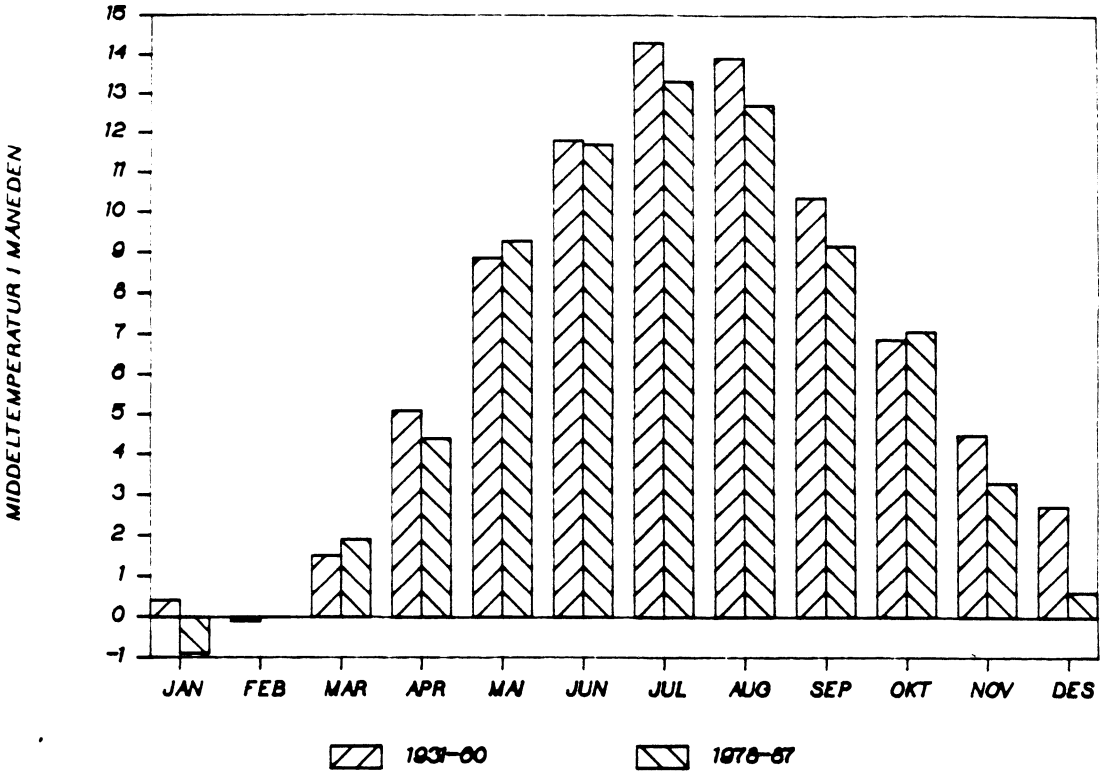


Fig. 10. Midlere månedstemperatur ved 6117 Hjelvik i Romsdal (sterkt influert av kystklima) i normalperioden 1931-60 og observasjonsperioden 1978-87 (jfr. tabell 6).

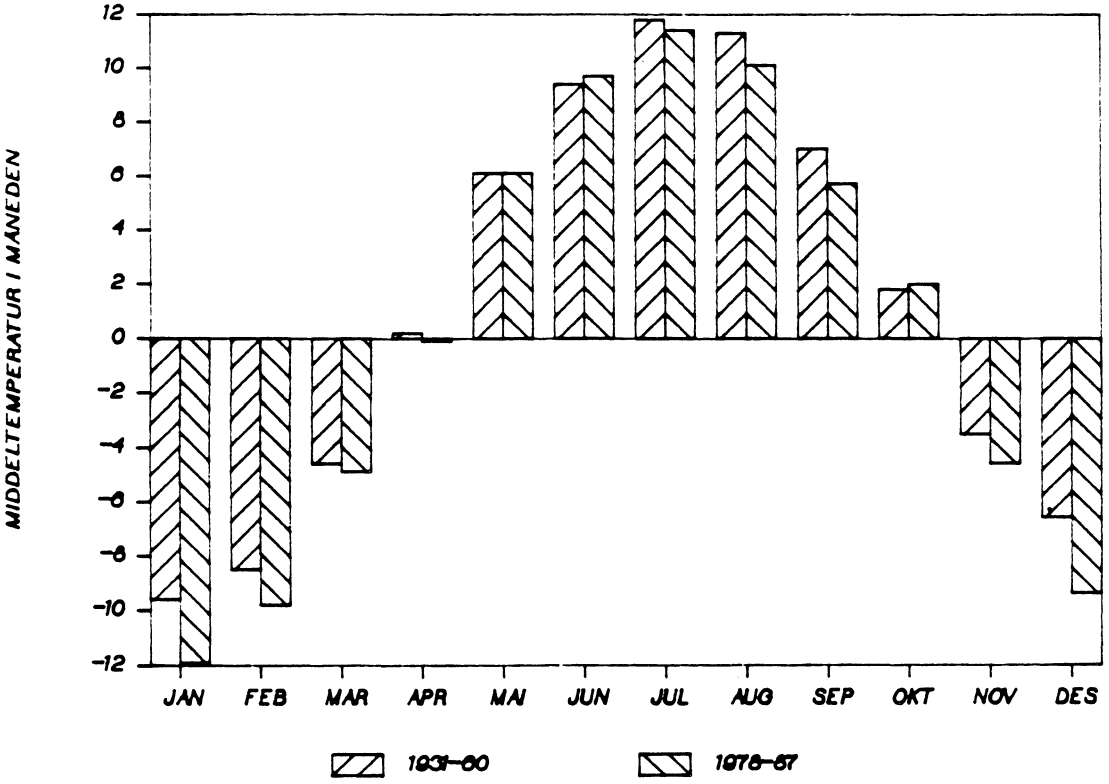


Fig. 11. Midlere månedstemperatur ved 6177 Lesjaskog i normalperioden 1931-60 og observasjonsperioden 1978-87 (jfr. tabell 6).

4.3 Hydrologi

Vannnføringsforholdene i nedre del av Rauma karakteriseres ved hjelp av vannmerkene 1978 Horgheim og 1911 Venge. Horgheim vannmerke ble opprettet i 1912 og har et nedslagsfelt på 1142 km^2. Det ligger ca 4 km oppstrøms av Grytten kraftverk. Umiddelbart nedenfor utløpet av Grytten kraftverk ble det i 1972 opprettet et nytt vannmerke 1911 Venge for å registrere forandringen i nedre Raumas vannføringsregime som følge av overføringen fra Mardøla. Begge vannmerkene (VM) er idag automatisert med limnigraf.

Raumas naturlige avløpsmønster kan beskrives som følger:

Elva er islagt fra medio desember til slutten av mars. Stigende vannføring på grunn av snøsmeltning fra april til ut mai. Maksimal vannføring i juni. Avtagende vannføring i månedene juli og august. Noe økt vannføring på grunn av høstregnet fra medio september til ut oktober. Igjen avtagende vannføring i november og desember. Tidsperiodene er mediane verdier som kan variere noe fra år til år.

Observert midlere månedsvannføring ved VM 1978 Horgheim er gitt i tabell 8 og figur 12.

Nedenfor utløpet av Grytten kraftverk påvirkes vintervannføringen av driftsvannet som blir overført fra Mardøla. Vannføringen i juli og august påvirkes lite da kraftverket som regel ikke kjøres i disse to månedene. Vanlig vintervannføring gjennom kraftverket er 12-15 m^3/s.

Tabell 8. Midlere måneds- og årsavløp ved VM 1978 Horgheim i Normalperioden 1931-60 og observasjonsperioden 1978-87 i m^3/s

STASJON: 1978-0 Horgheim

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	Året
1931-60:	6.5	6.0	6.4	12	66	128	103	44	31	25	11	8.4	37.4
1978-87:	5.7	5.2	5.1	8.7	72	111	67	34	26	28	15	6.8	32.1

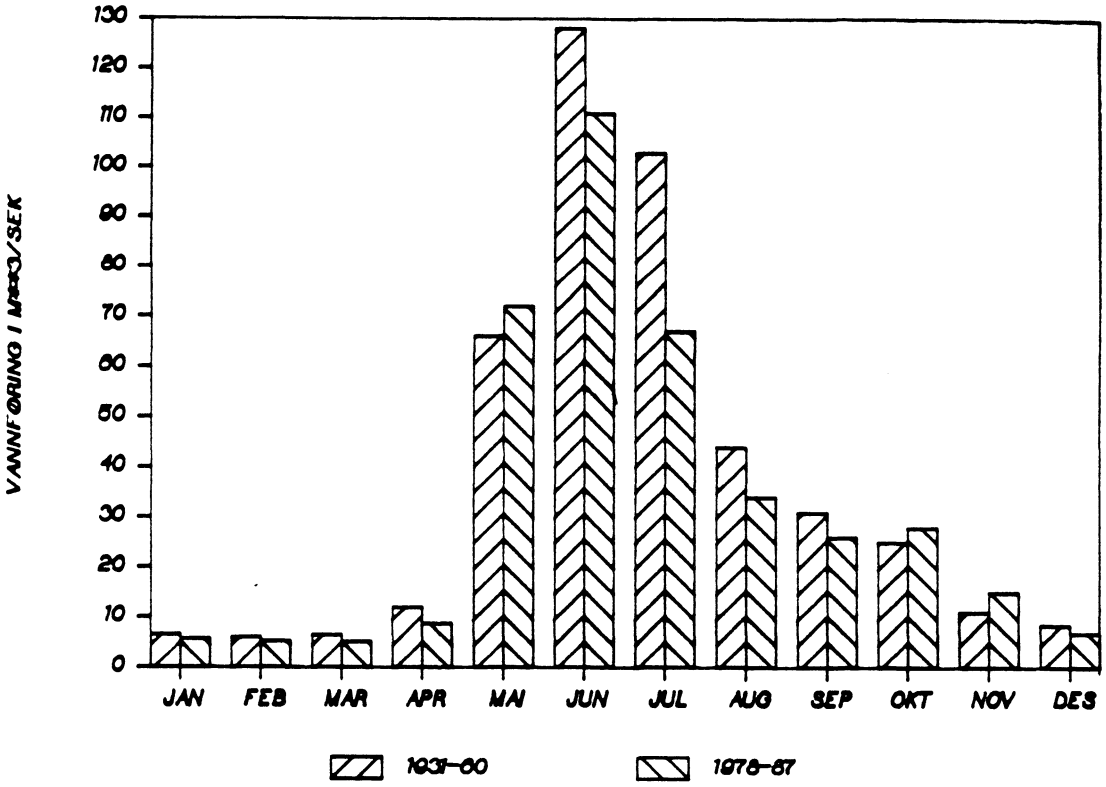


Fig. 12. Midlere månedsvannføring ved VM 1978 Horgheim i normalperioden 1931-60 og observasjonsperioden 1978-87 (jfr. tabell 8).

5 OPPLEGG FOR GRUNNVANNSUNDERSØKELSENE I ROMSDAL

Forut for opprettelsen av målepunktene ble det foretatt befaring. På befaringene deltok foruten Grunnvannskontorets representant en ingeniør fra Møre og Romsdal Kraftselskap, tillitsmannen for grunneierne samt en representant fra jordstyrekontoret i Rauma. Grunneierne ble kontaktet og skriftlig tillatelse innhentet til å foreta målinger på deres eiendommer.

På noen steder er det foretatt målinger i rør satt ned i gårdsbrønner. Andre steder er målerørene drevet ned i grunnen. Disse rørene er påsatt sandspiss med filter. Elvevannstanden var opprinnelig tenkt målt fra fastmerke oppsatt på vegbruer. Dette har vist seg å være upraktisk. En bedre løsning har vært å nytte Hydrologisk avdelings automatiske målestasjoner (VM) i vassdraget, 1911 Venge og 1978 Horgheim.

Det har vært ansatt fast observatør til å foreta vannstandsavlesningene i rørene og etterse installasjonene. Vannstanden har vært avlest to ganger pr. uke ved hjelp av målebånd med peileklokke. Observasjonene er hver måned sendt inn til Grunnvannskontoret hvor de er blitt kontrollert og lagt inn på EDB-arkiv.

Ved kontrollbefaringer foretatt av Grunnvannskontorets tjenestemenn er det kontrollert at målestedene har vært i orden og at observasjonene har vært riktig utført.

Det er tatt jordprøver ved de fleste målepunktene. Jordprøvene er tatt slik at en gitt prøve skal være representativ for jordmaterialet ned til den dybde hvor den er tatt, enten regnet fra overflaten eller fra foregående prøve i samme jordprofil. En har sett bort fra det øverste humusrike lag i denne sammenheng. Jordprøvene er tatt med et 70 mm dia. skovlbor.

Teledybde og snødybde har vært observert ved Sletta og Sæterbø. Snødybden er målt med en enkel plastskala eller ved hjelp av vanlig tommestokk.

Tabell 9 og figur 13 gir en liste og oversikt over målestedene og deres beliggenhet. Situasjonsskisse av hvert målested er vist på sidene 26-38.

Tabell 9. Liste over målestedene.

STED	MÅLEPUNKT	ID NR	MÅLEPERIODE
GRØTTØR BRU	TIDEVANN	432500-84	9.1977- 9.1988
SOGGE BRU	VST	432517-84	9.1977- 5.1981
ØSTIGARD	RØR	432620-81	9.1977- 9.1988
SLETTA	RØR 1	432630-81	"
	RØR 2	432631-81	"
	RØR 3	432632-81	"
	RØR 4	432633-81	"
	TELEDYBDE	432634-85	"
	SNØDYBDE	432635-88	"
HOLE	RØR 1	432670-81	"
	RØR 2	432671-81	9.1977- 4.1984
	RØR 3	432672-81	9.1977-10.1983
FIVA	RØR 1	432650-81	9.1977- 9.1988
	RØR 2	432651-81	"
	RØR 3	432652-81	"
HORGHEIMSEIDET	RØR	432685-81	10.1977- 9.1988
HORGHEIM	RØR	432690-81	9.1977- 9.1988
AMUNDLIEN	BRØNN	432513-82	11.1977- 9.1988
ALNES BRU	VST I ELV	432514-84	9.1977-11.1980
ALNES	RØR 1	432700-81	10.1977- 9.1988
	RØR 2	432701-81	"
	RØR 3	432702-81	"
	RØR 4	432703-81	"
	RØR 5	432512-81	1.1978- 9.1988
MONGE	BRØNN	432509-82	9.1977- 1.1986
	RØR	432710-81	9.1977- 9.1988
L. SKIRI	BRØNN	432506-82	9.1977- 6.1980
V. SKIRI	RØR	432720-81	9.1977- 9.1988
BERSÅS	BRØNN	432503-82	"
FLATMARK	BRØNN	432502-82	"
	RØR 1	432730-81	"
	RØR 2	432731-81	"
STAVEM	BRØNN	432740-82	"
ALMEGJERDET	RØR	432750-81	"
SÆTERBØ	RØR	432770-81	"
	TELEDYBDE	432771-85	"
	SNØDYBDE	432772-88	"
VENGE	LIMNIGRAF	1911-0	1.1977-12.1984
HORGHEIM	LIMNIGRAF	1978-0	1.1977-12.1987
STUGUFLÅTEN	LIMNIGRAF	1861-0	1.1977-12.1987

OVERSIKTSSKISSE

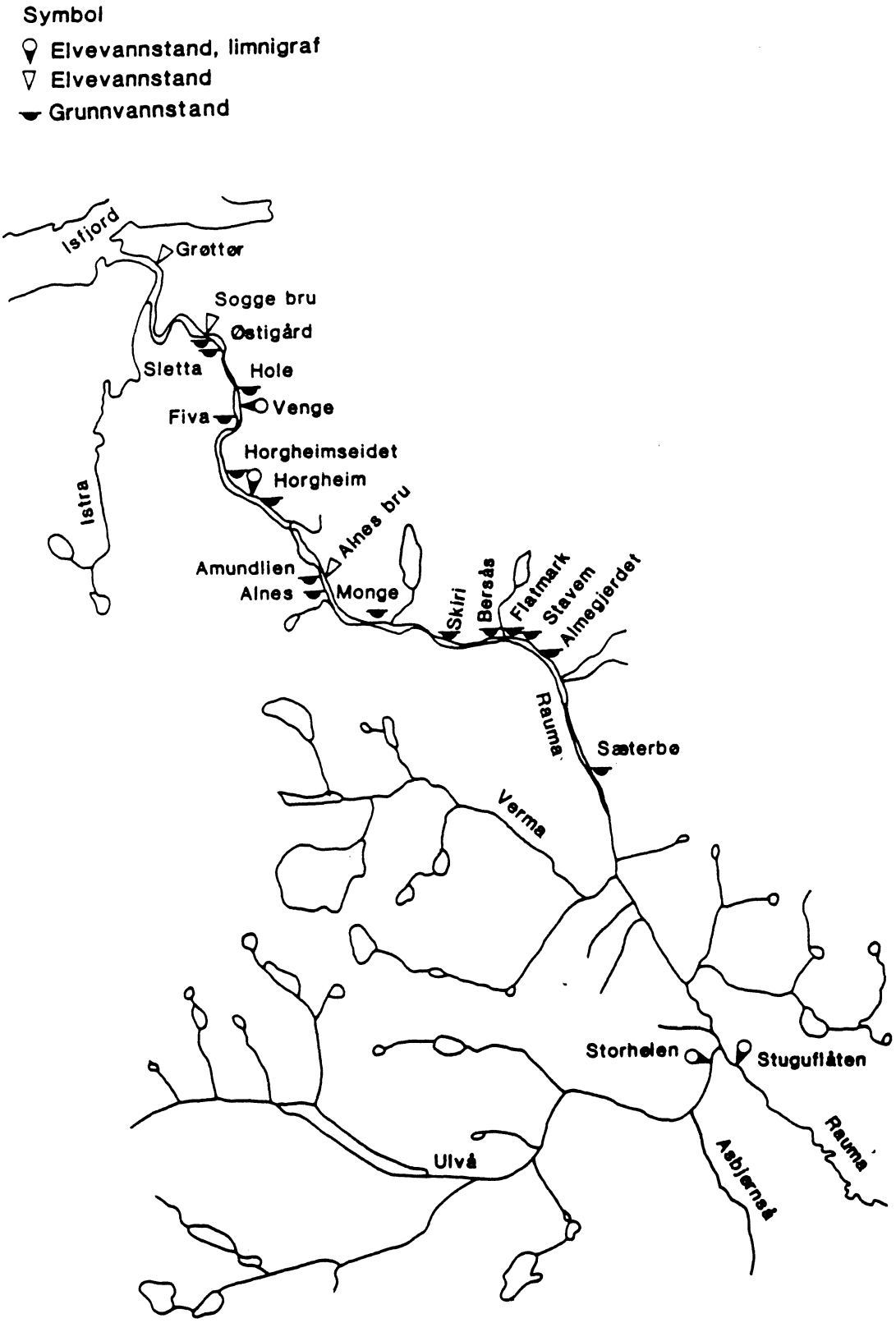
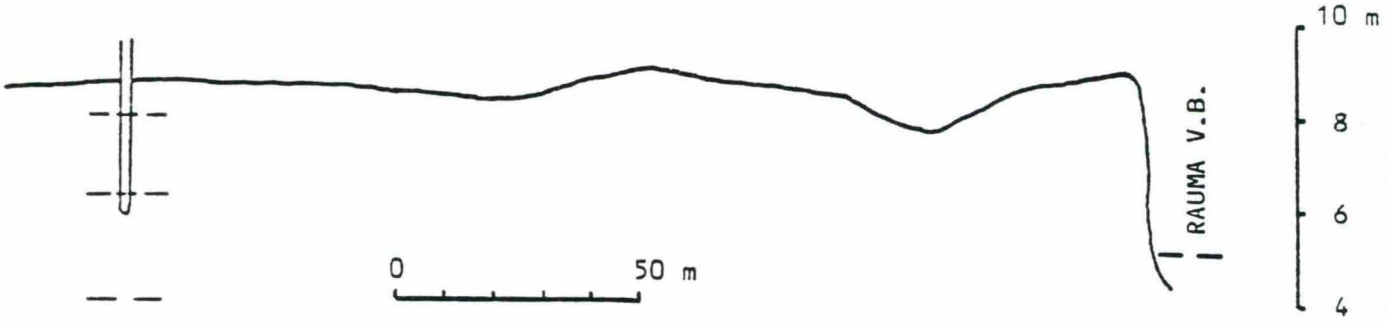
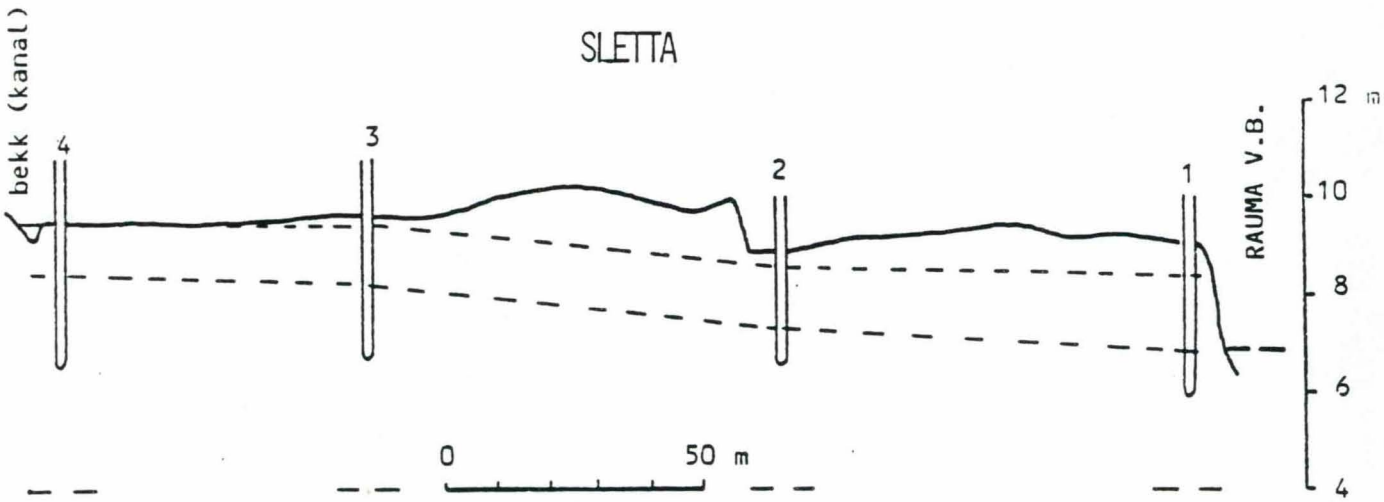


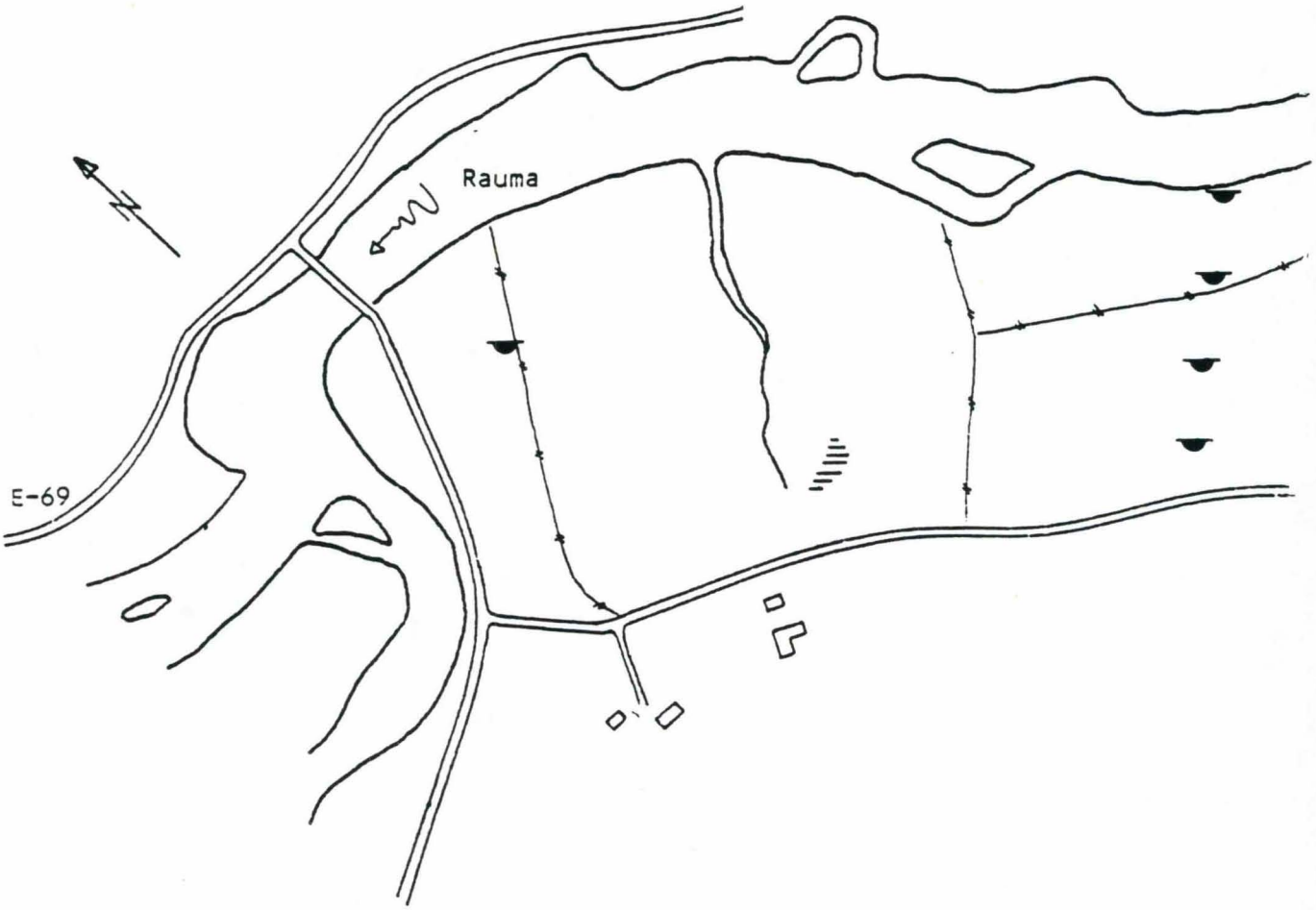
Fig. 13. Oversiktsskisse for Raumavassdraget.

ØSTIGÅRD

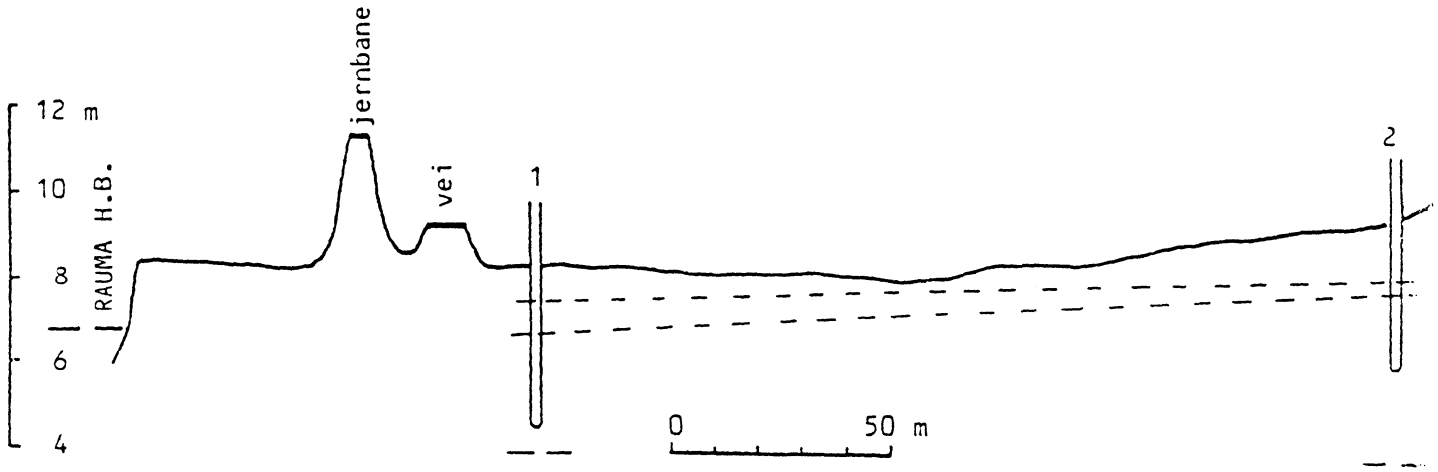


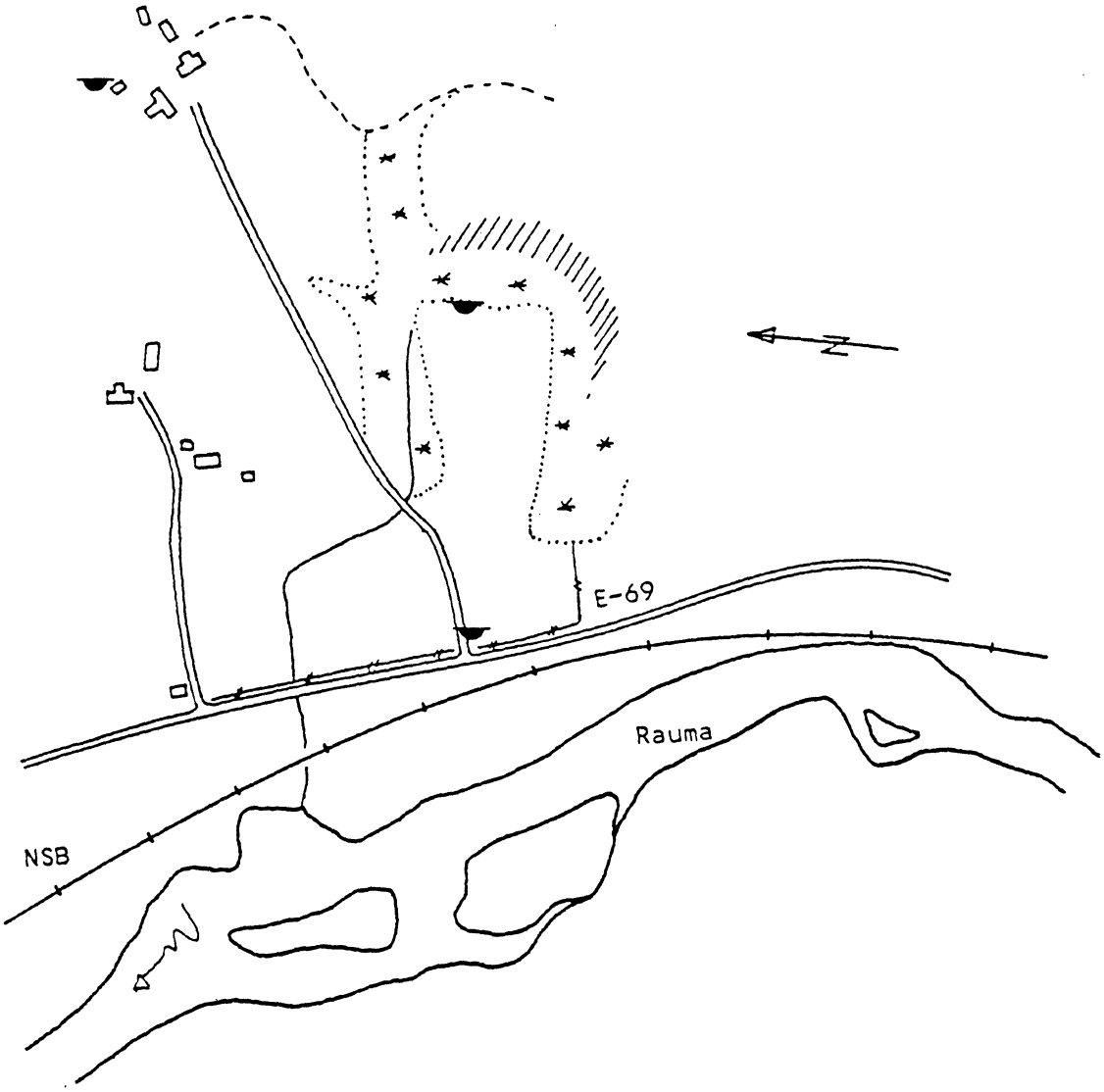
SLETTA



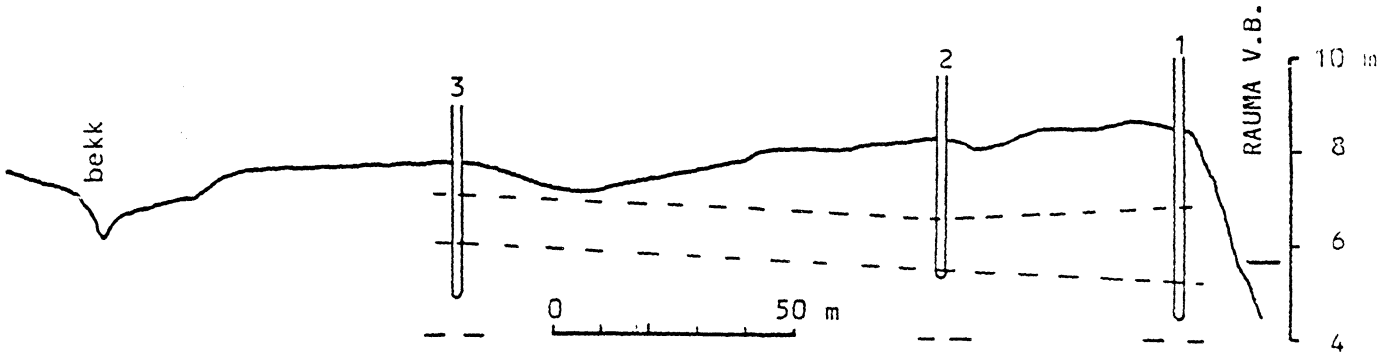


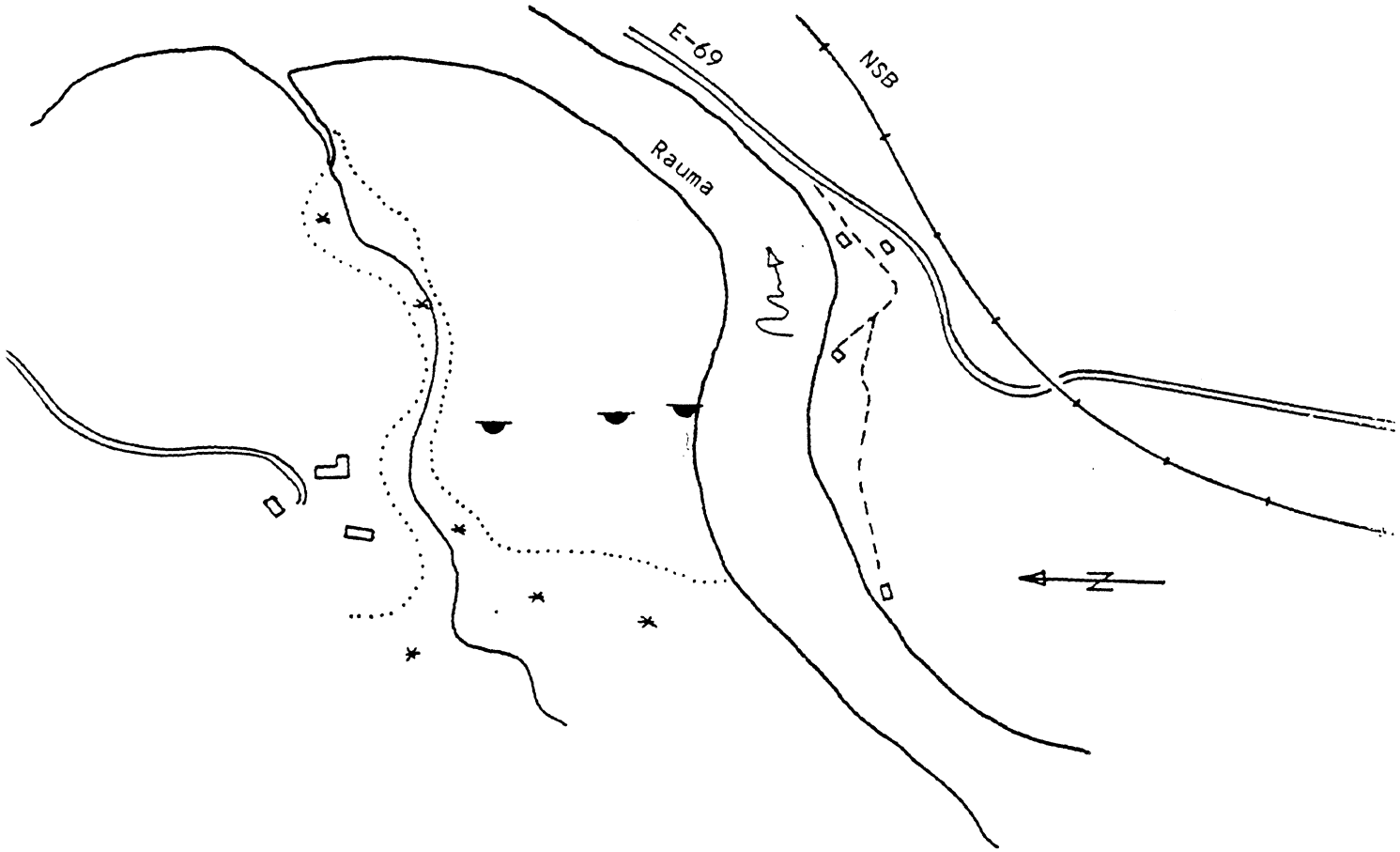
HOLE



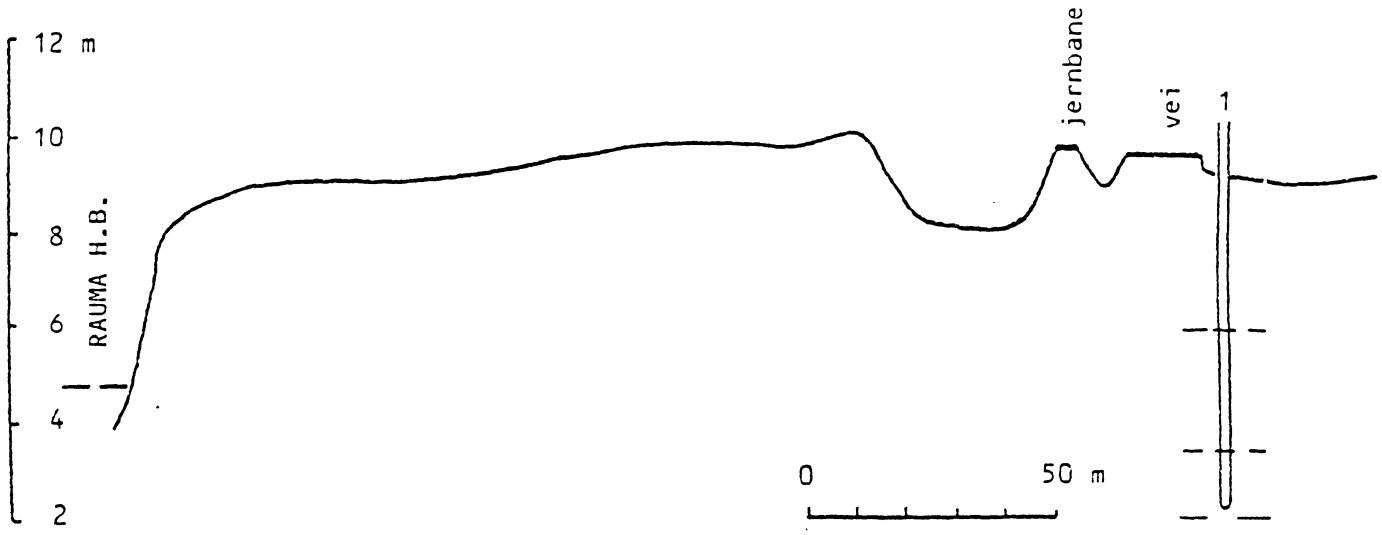


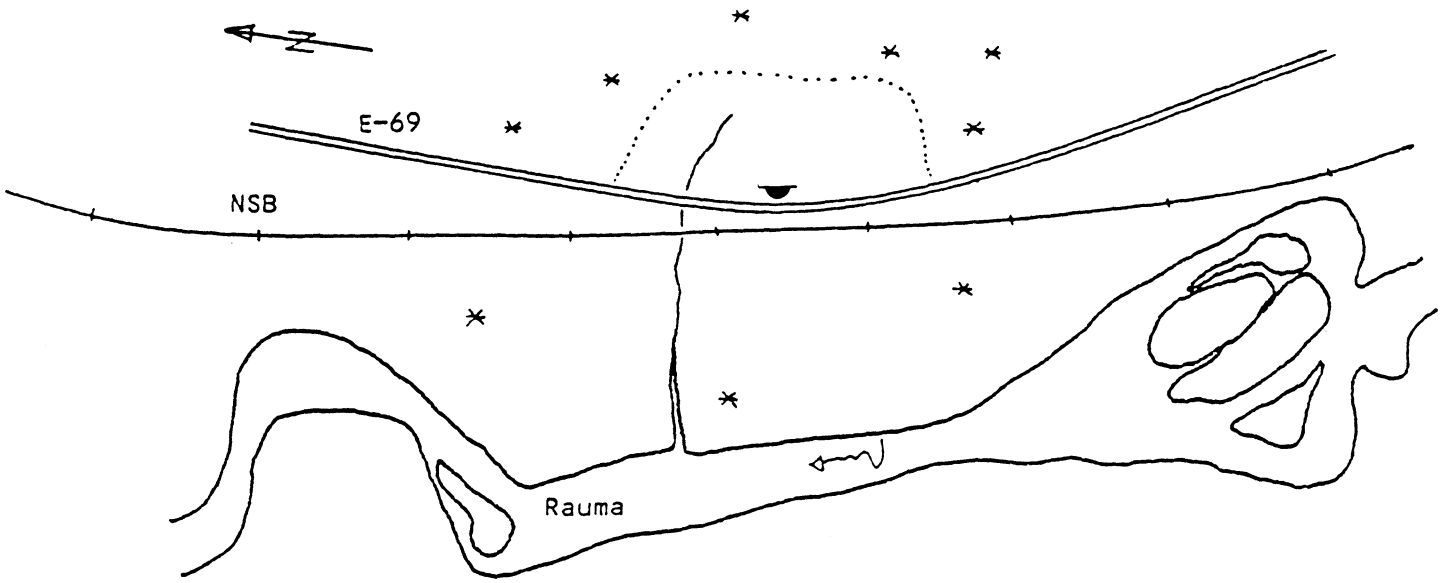
FIVA



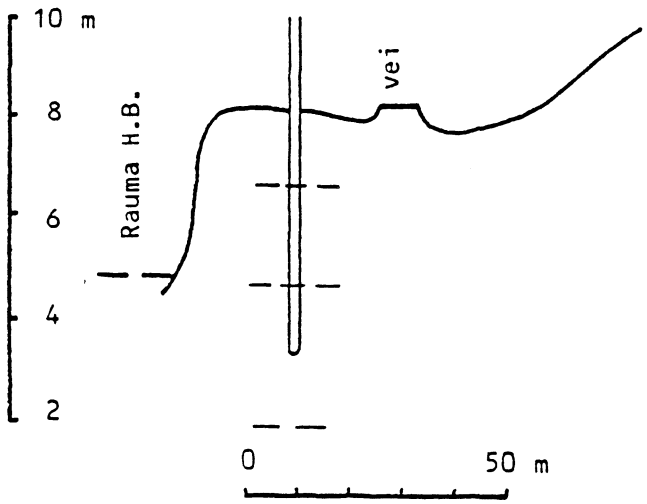


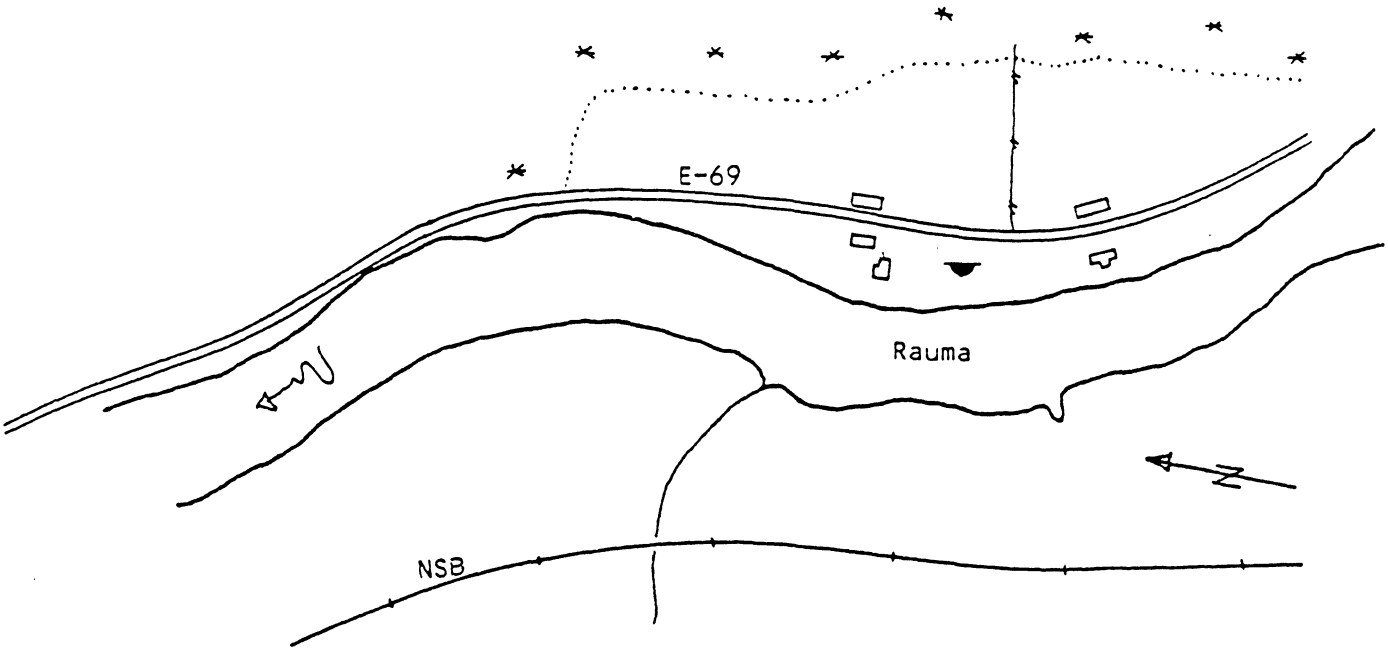
HORGHEIMSEIDET



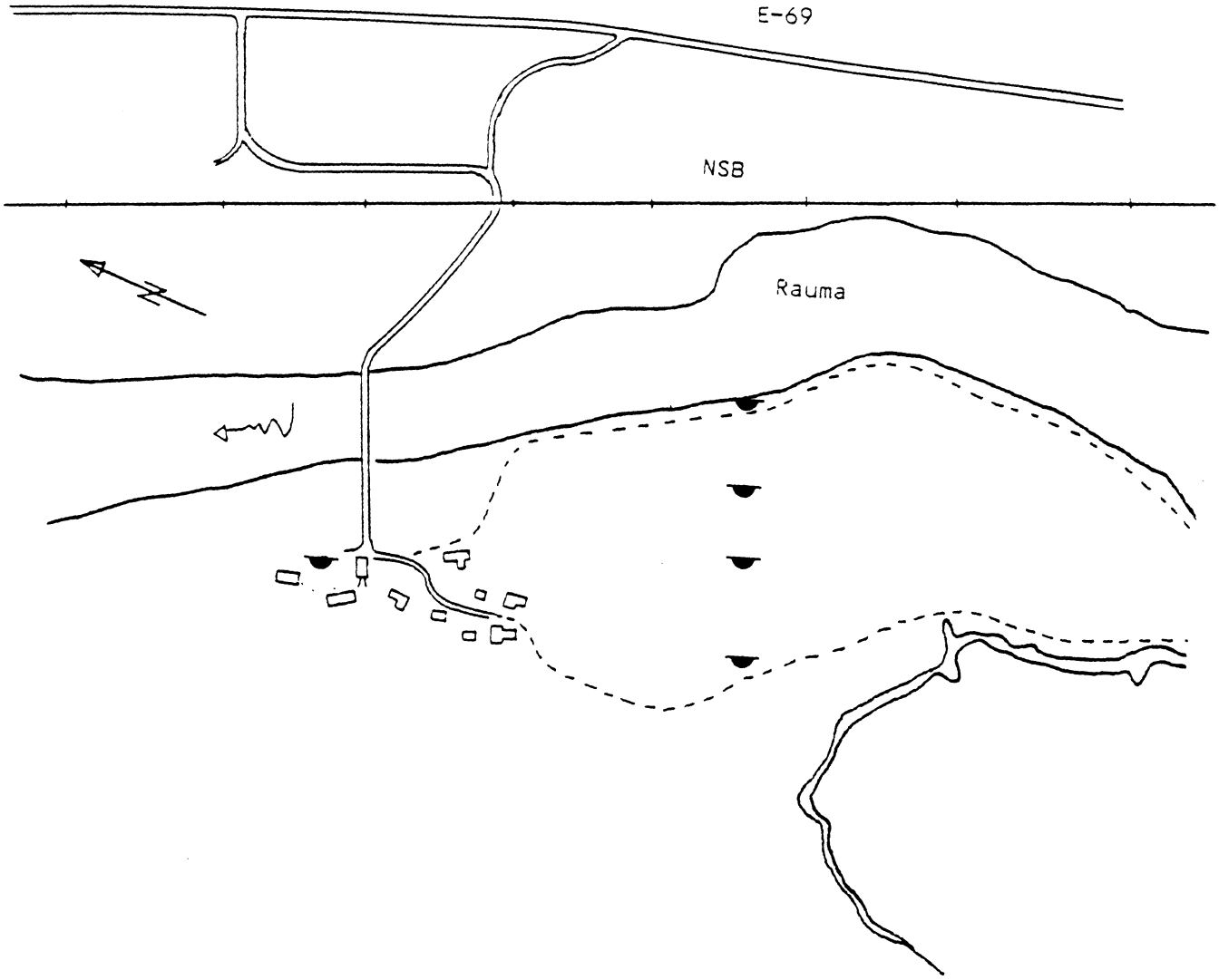


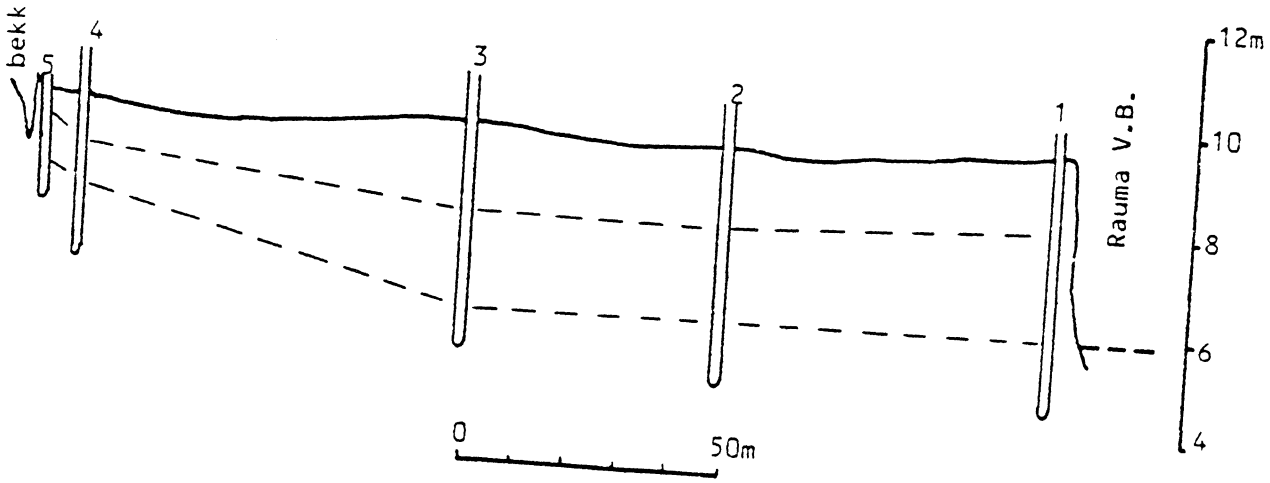
HORGHEIM



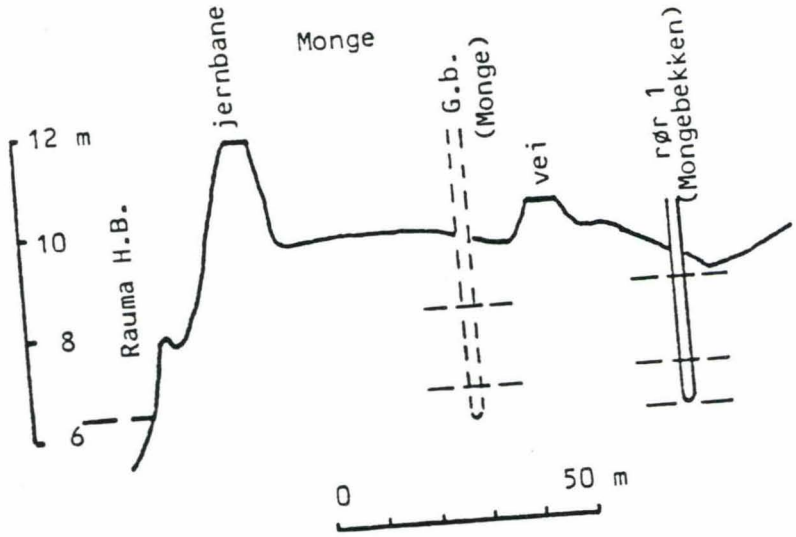


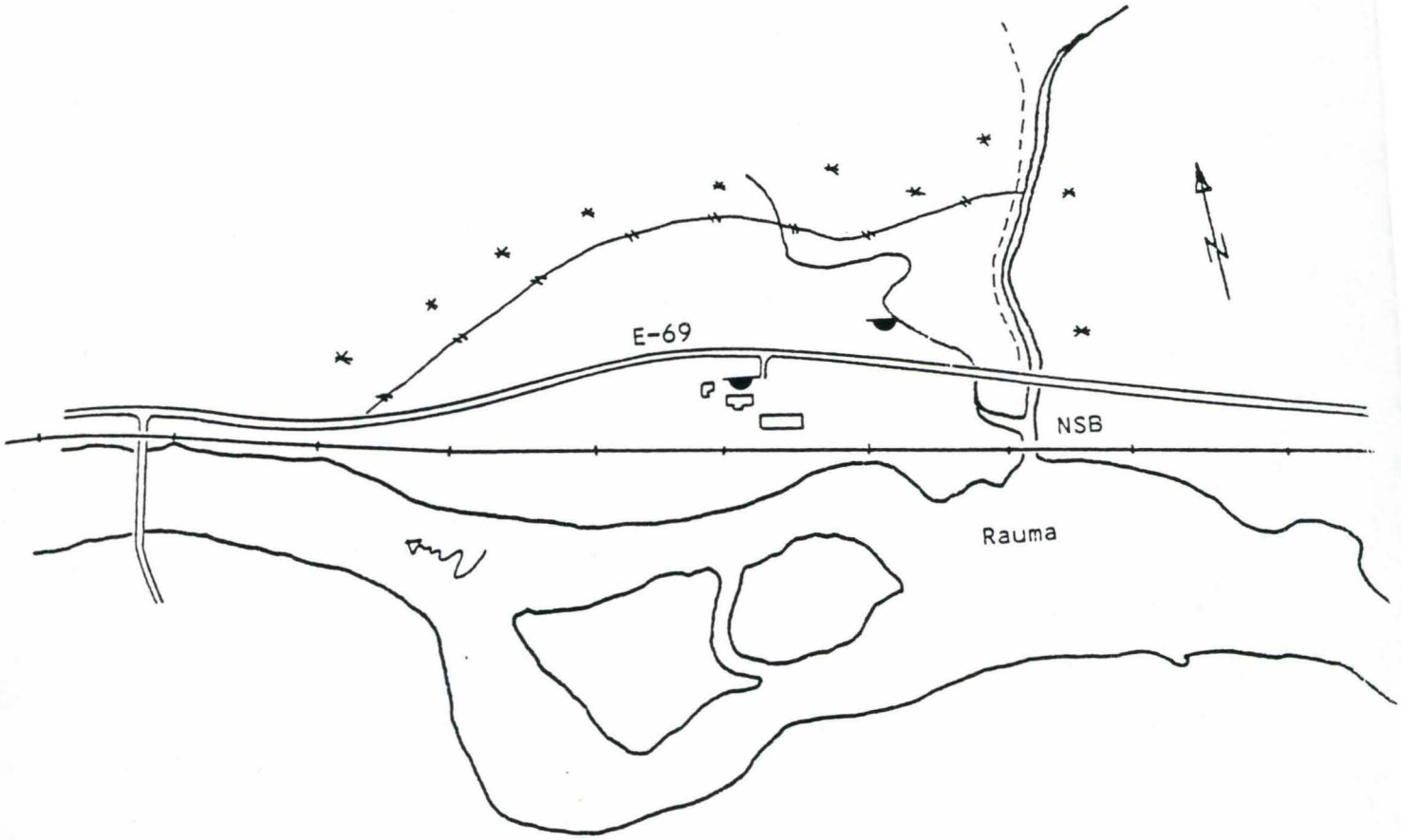
AMUNDLIEN OG ALNES



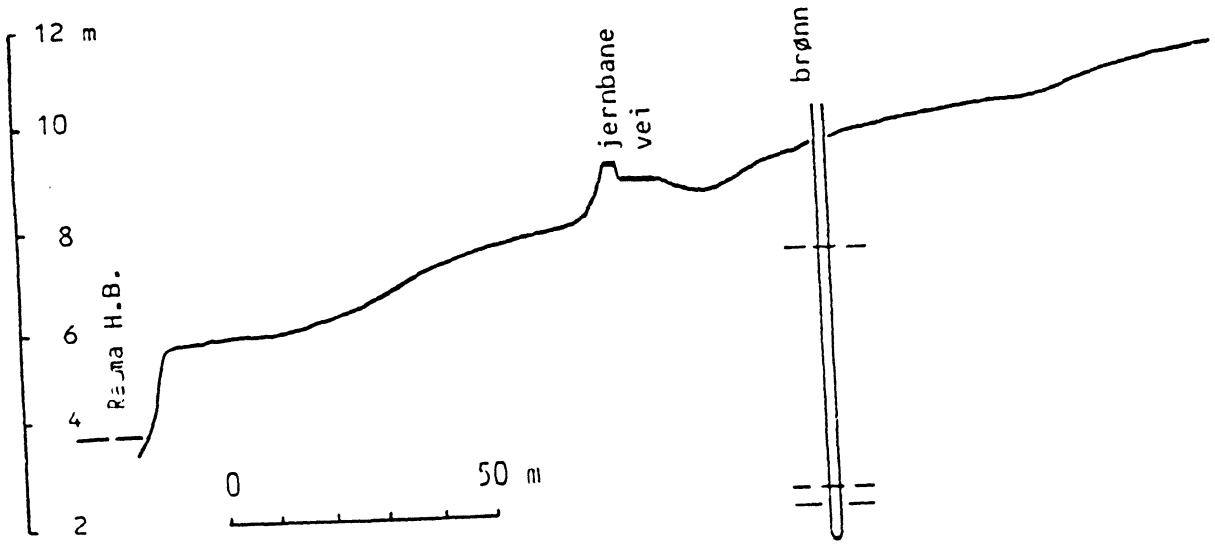


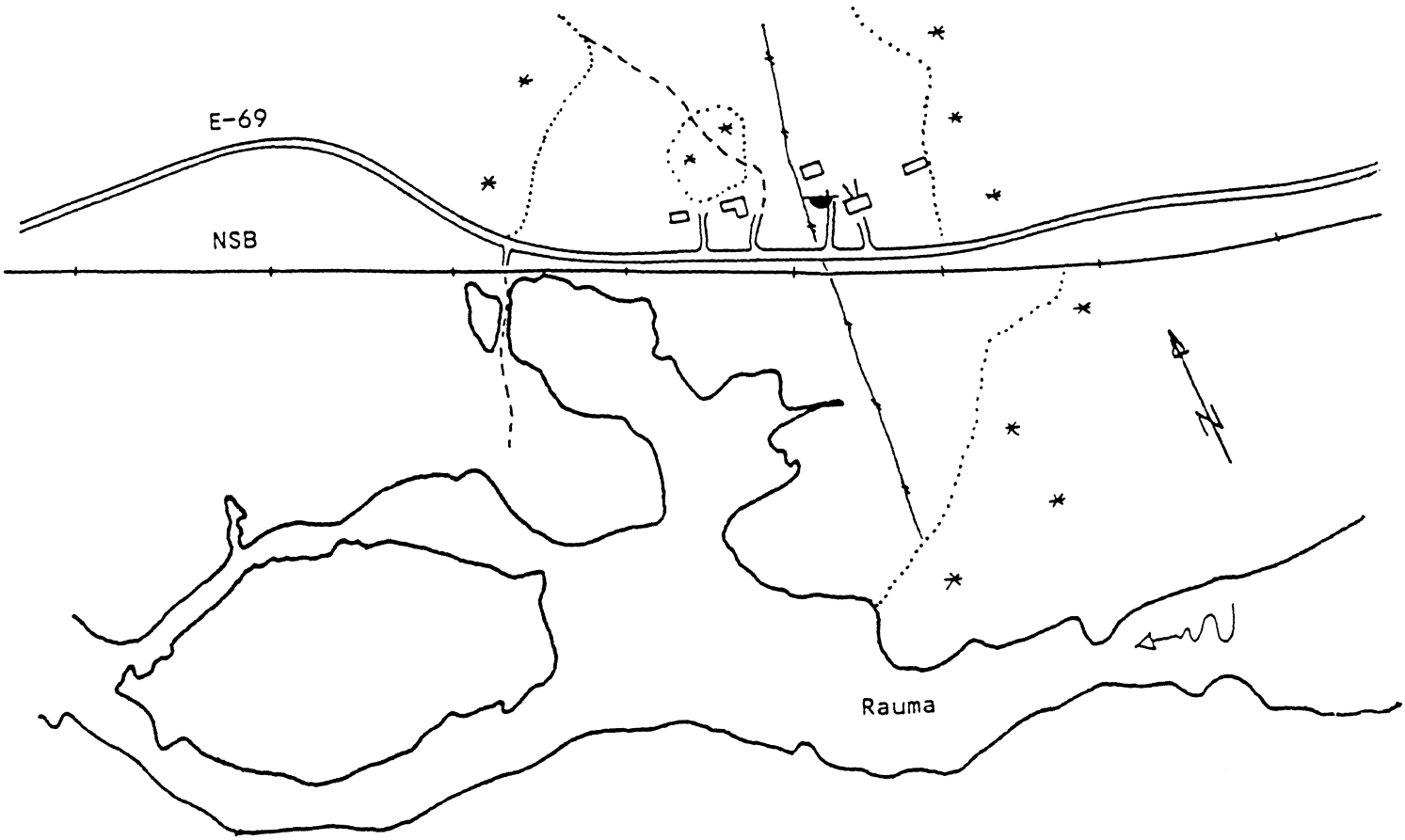
MONGE


12 m
10
8
6
Rauma H.B.
jernbane
Monge
G.b.
(Monge)
vei
rør 1
(Mongebekken)
0
50 m

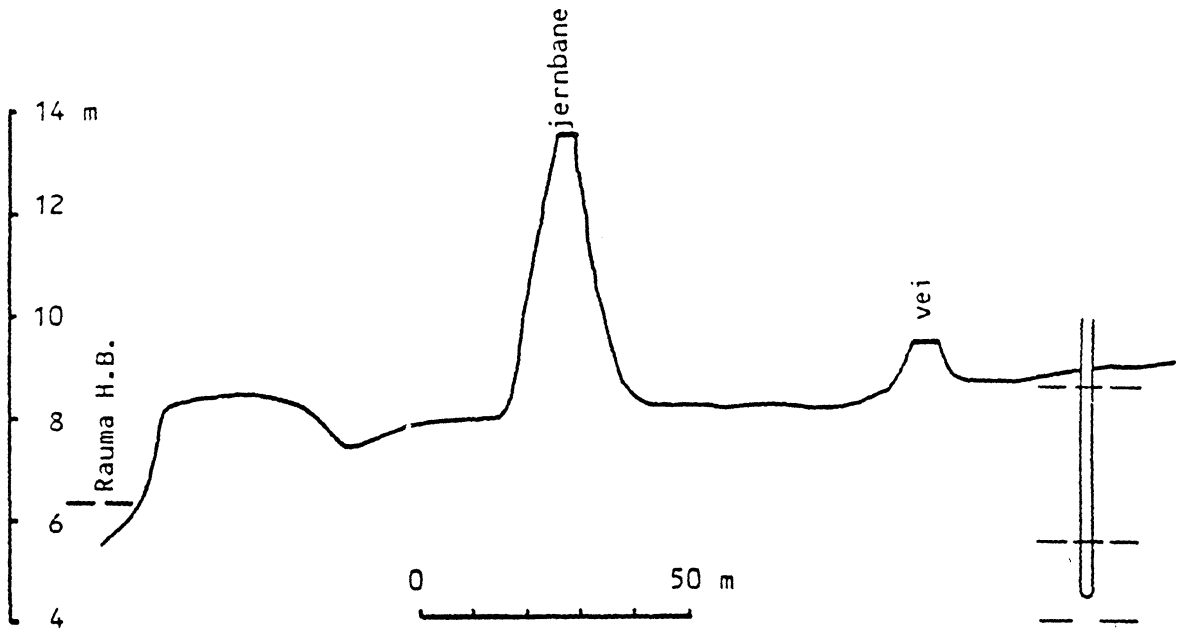

E-69
NSB
Rauma
N

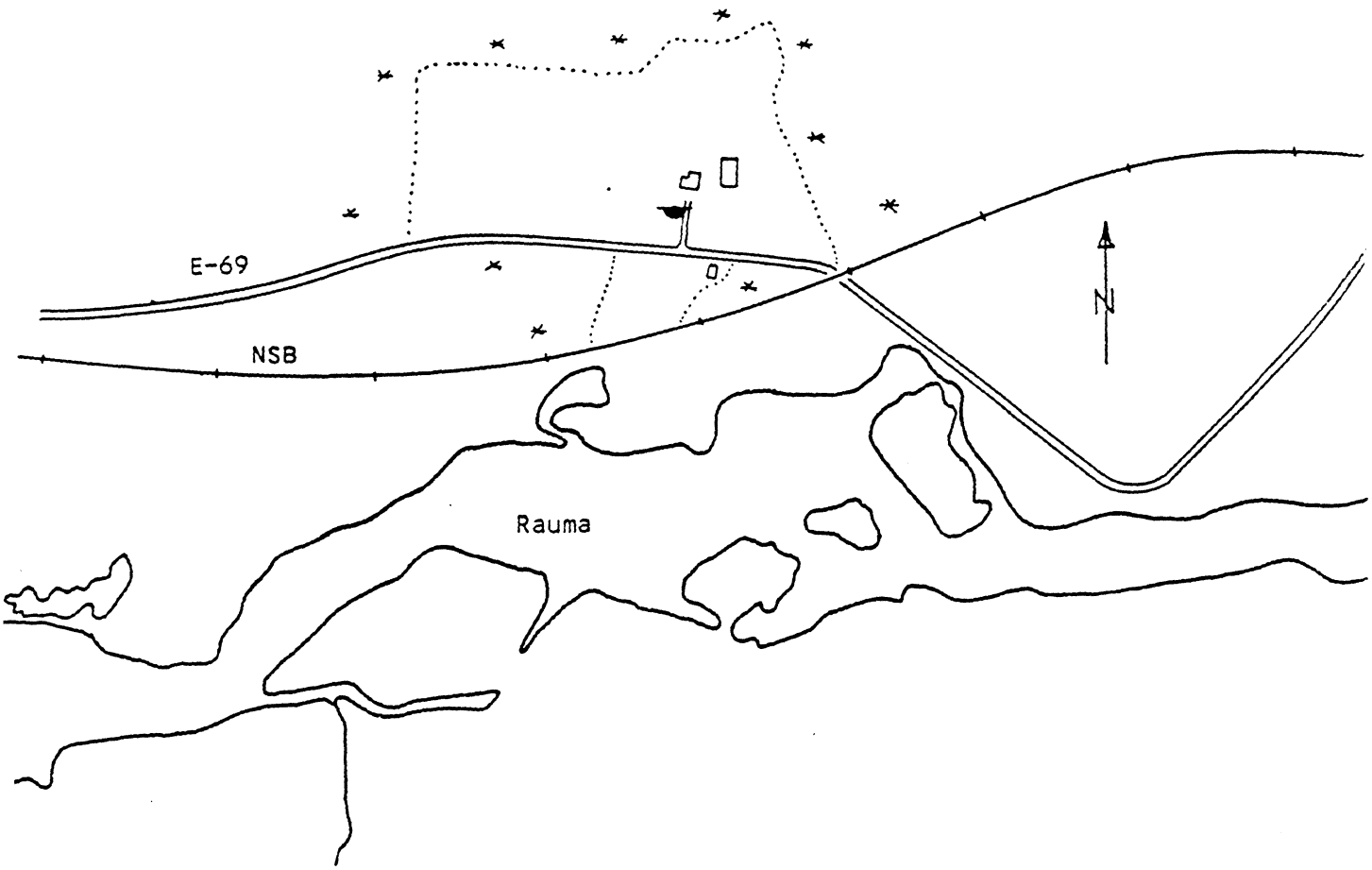
L. SKIRI



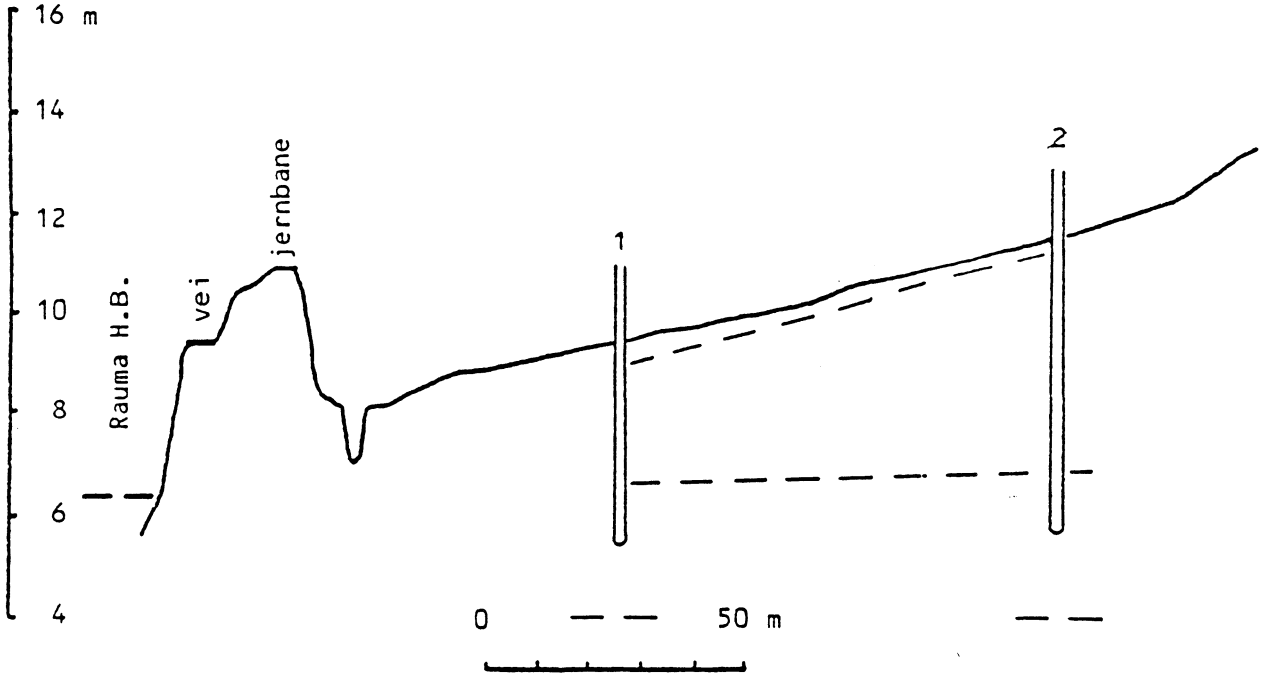


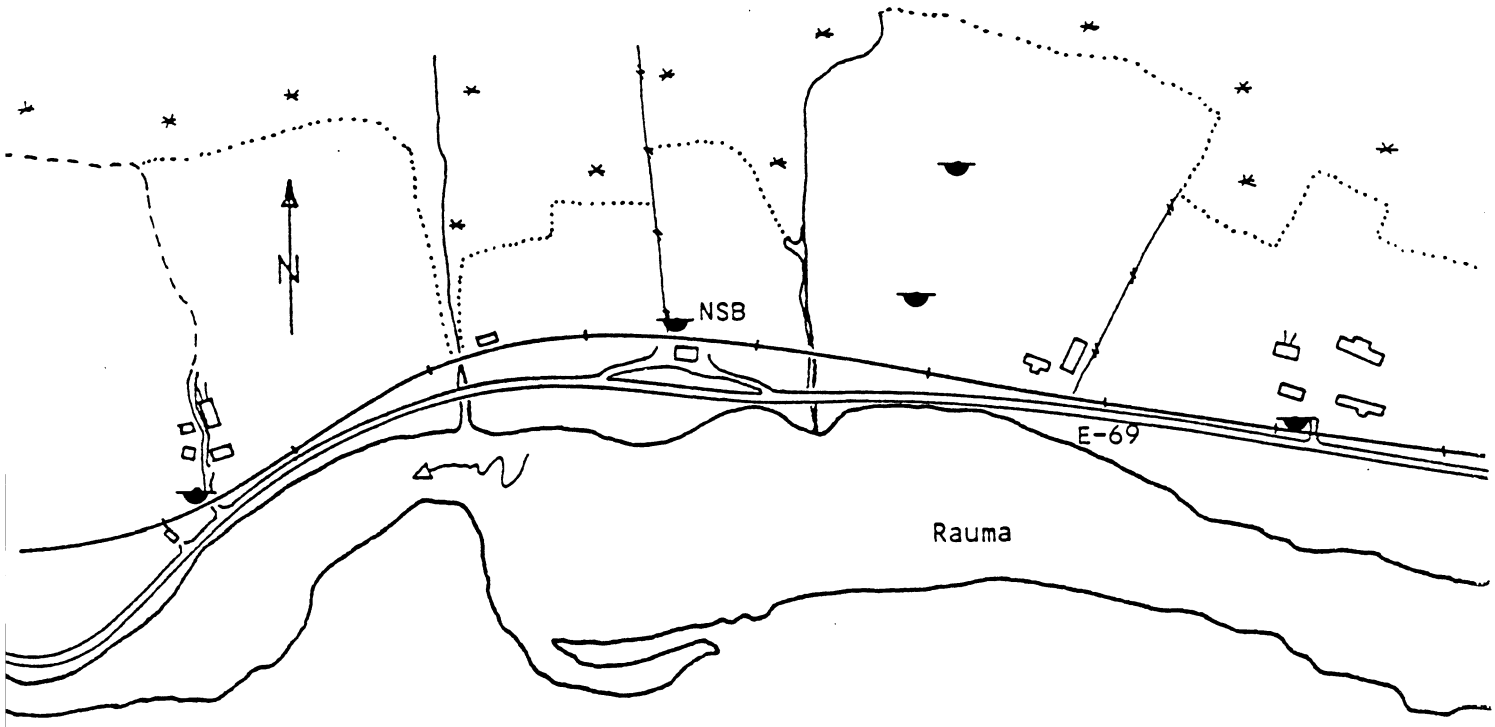
V. SKIRI



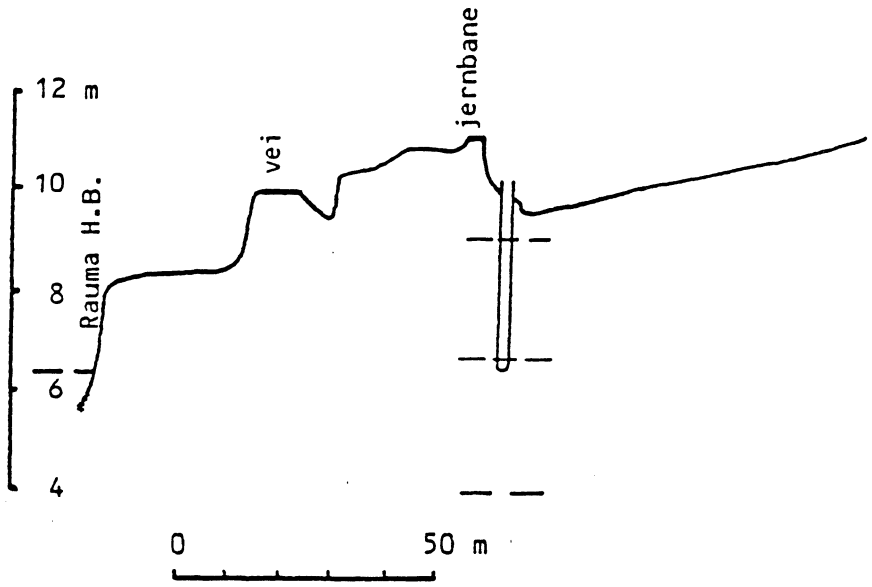


BERSÅS - FLATMARK - STAVEM

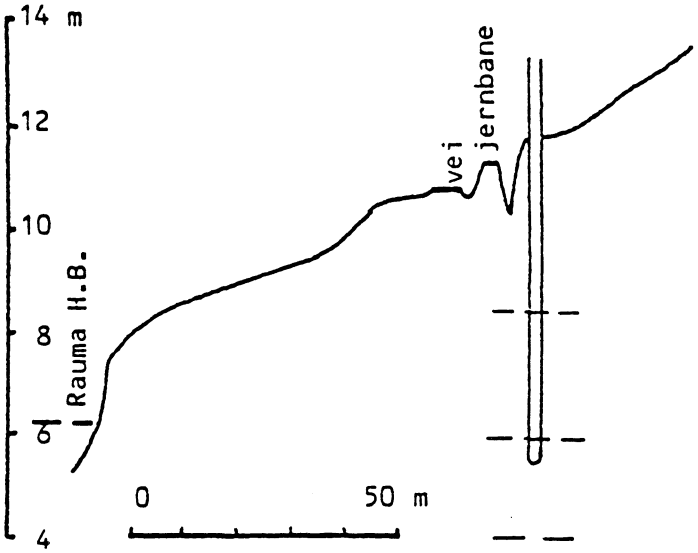




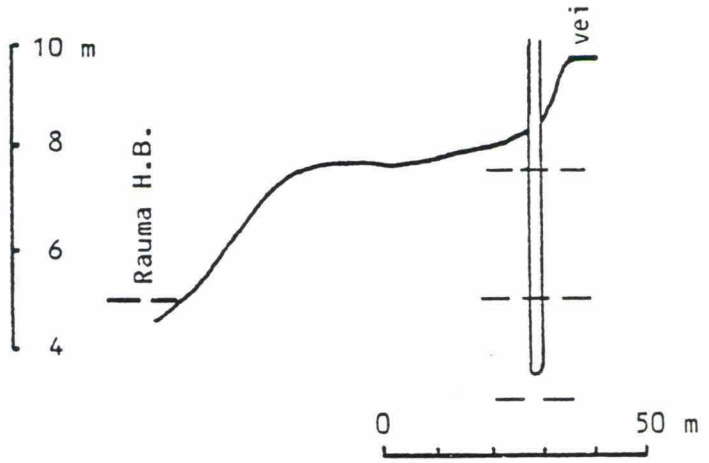
FLATMARK JERNBANESTASJON

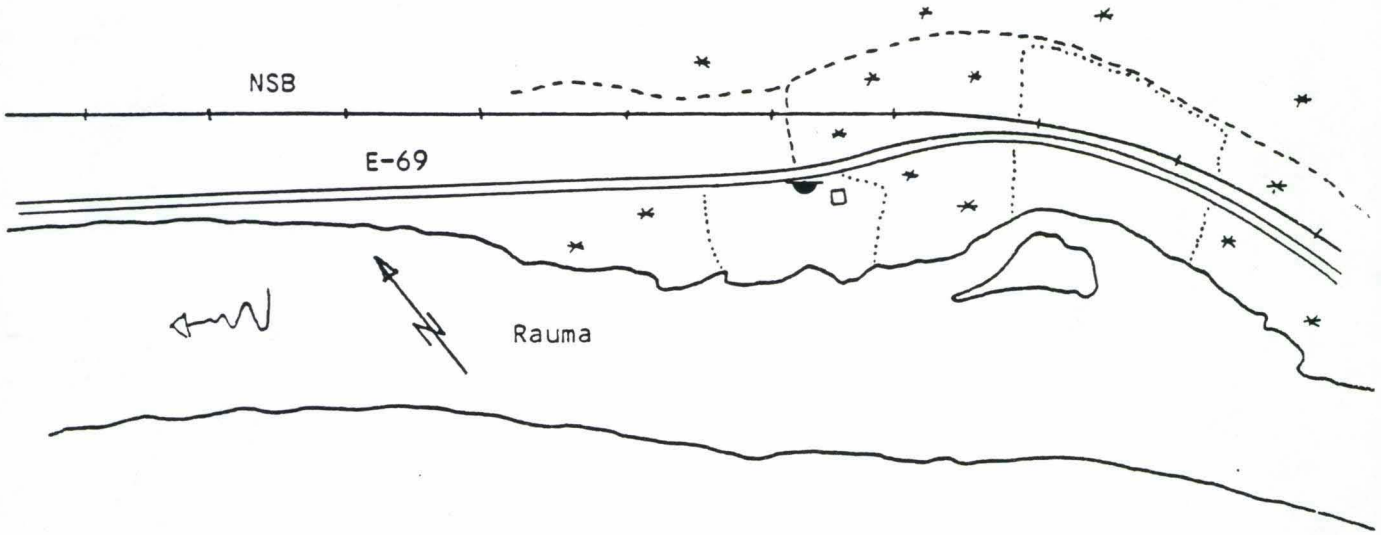


STAVEM

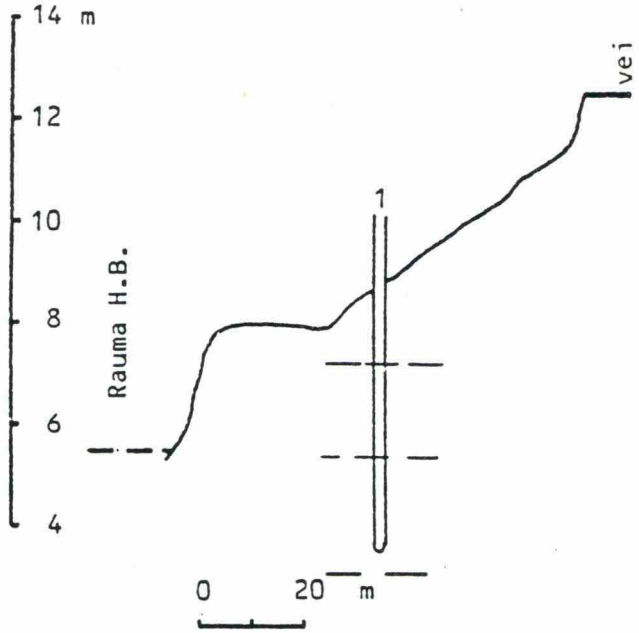


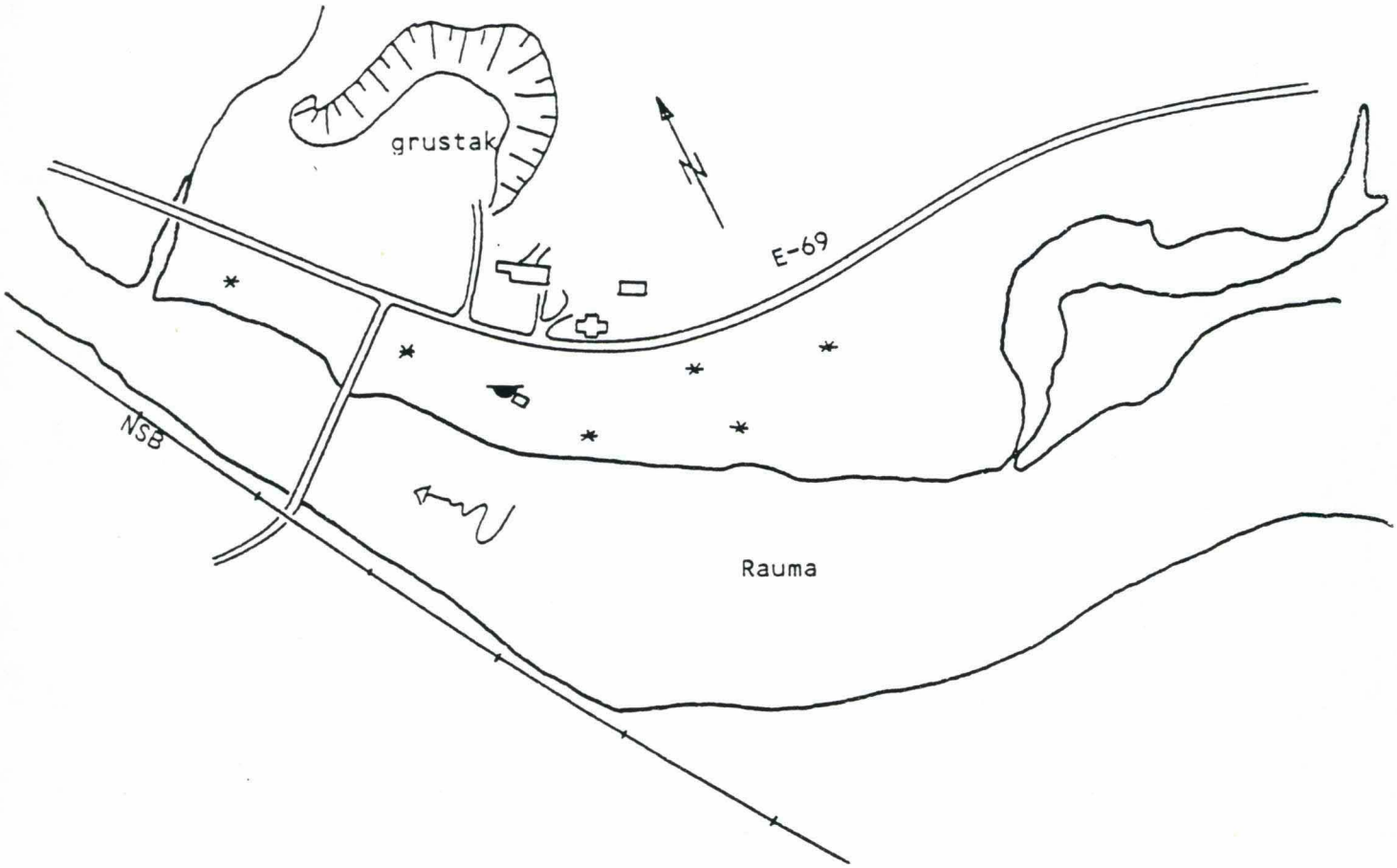
ALMEGJERDET





SÆTERBØ





6 ANALYSE AV OBSERVASJONSMATERIALET

Hensikten med undersøkelsene har vært å kartlegge i hvilken grad en endring i Raumas vannføring vil virke inn på grunnvannsregimet i de nærmeste omgivelser langs elva (elveslettene).

Hvordan grunnvannsmagasinet variere over tid beror i første rekke på innvirkningen fra elva, såsant grunnvannet står i god hydraulisk kontakt med denne. Variasjoner i elvevannstanden forårsaker da samsvarende variasjoner i grunnvannsstanden. Disse endringer vil dempes med avstanden fra elva, samtidig som de forsinkes. Dette betyr nødvendigvis ikke at vann fra elva vil flyte inn i grunnen ved stigende vannstand. Grunnvannsstanden kan også stige som følge av at elva stuver opp tilstrømmende grunnvann.

Hvordan grunnvannsmagasinet varier over tid beror foruten elvas innvirkning også på den direkte effekt av de lokale klimatiske forhold på stedet. De klimatiske faktorer som virker inn er nedbør, temperatur, fordunstning, plantenes vannforbruk, samt snøakkumulering og avsmeltning. Andre faktorer som kan virke inn er vannsig fra høyereliggende områder og vannuttak for vannforsyning.

For å avdekke en eventuell samvariasjon mellom grunnvannsnivået og vannstanden i Rauma, er de observerte grunnvannsstander sammenlignet med vannstanden i elva ved Hydrologisk avdelings automatiske målestasjoner i Rauma. Avstanden mellom den aktuelle stasjon og en del av målerørene kan i noen tilfeller synes lang. Imidlertid har man som regel en meget god samvariasjon med høy korrelasjon selv mellom tildels fjerntliggende punkter i samme vassdrag. Dette har selvfølgelig sammenheng med det forhold at vannføringen i et vassdrag avspeiler den samlede virkning av alle de enkelte klimatiske faktorer som spiller sammen innen vassdragets nedbørsfelt. Vannføringen uttrykker summen av alle faktorenes innvirkning og derfor må nødvendigvis vannføringene på forskjellige steder i en elv normalt vise en høy grad av korrelasjon.

For eksempel er korrelasjons-koeffisienten for Horgheim VM og Venge VM lik 0.96, og for Horgheim VM og Stuguflåten VM hele 0.99. I begge tilfeller en meget høy korrelasjon. Avstanden mellom stasjonene er 10 km og 28 km henholdsvis. At korrelasjonen i dette tilfelle er svakest mellom de to nærmeste stasjonene, Horgheim og Venge, skyldes forstyrrelser forårsaket av Grytten kraftverk som tilfører vann utenfra mellom disse to stedene.

Grunnvannsmålingene ved målestedene nedenfor utløpet fra Grytten kraftverk er sammenlignet med Venge VM som ligger like nedstrøms av kraftverket. Grunnvannsmålingene oppstrøms av Grytten kraftverk er sammenlignet med Horgheim VM.

Analysen av grunnvannsobservasjonene er utført ved hjelp av elvelimnigrammer, bilag A; geolimnigrammer, bilag B; korrelasjonsberegninger, bilag C; og snittdiagrammer, bilag E. I tillegg er brukt observasjoner fra Meteorologisk institutts målestasjoner ved Åndalsnes, Verma og Lesjaskog i vurderingen av de klimatiske faktorers innvirkning på grunnvannsregimet.

Korrelasjonsanalysen fordrer at året deles i en sommerperiode og en vinterperiode slik at sommer og vinter kan betraktes hver for seg. Sommerperioden er satt til månedene mai til september og vinterperioden til månedene november til mars. April og oktober betraktes som overgangsperioder.

Jordprøvene er analysert med hensyn til kornfordeling (tekstur). Hva angår fraksjonsinndelingen vises til figur 5, side 12, hvor både de gamle betegnelsene mo og mjele og den nye betegnelse silt inngår. Prøvene splittes først ved 0.06 mm. Den grovere del siktes så mekanisk ved vanlig våtsikting og den finere del analyseres ved hjelp av automatisk hydrometer. Resultatet er plottet opp på spesielle skjema som gir maks, min og midlere kornstørrelse, samt 25% og 75% fraktilene i de dybder prøven er tatt, se bilag D.

7 DRØFTING AV OBSERVASJONSMATERIALET

Ved drøftingen av observasjonsmaterialet må man ha for øye måten grunnvannsdannelsen skjer på i elveslettene langs Rauma, nemlig:

1. I vinterperioden november til mars kan man, alt etter de stedlige lokale forhold, ha en hevning av grunnvannsnivået på grunn av isoppstuving i elva. Økningen av vannstanden i elva (uten noen korresponderende økning i vannføringen) på grunn av isens oppstuvende virkning, bevirker i sin tur en oppstuvning av grunnvannsnivået i de nærmeste områder av elva. Dette skjer helst på de elvestrekninger der elva flyter langsomt og rolig.

2. Tidlig vår: direkte infiltrasjon samt vannsig fra høyereliggende grunn forårsaket av avsmeltningen av tele og snø.

3. Mai til august: hevning av grunnvannsnivået som følge av høy vannstand i elva med resulterende innsig av elvevann eller oppstuving av tilstrømmende grunnvann.

4. Medio september til ut oktober: direkte infiltrasjon samt vannsig fra høyereliggende områder generert av høstregnet.

7.1 Grunnvannsstand og jordbunnstekstur

Grøtter bru VM (Tidevann VM)

Grøttør bru vannmerke ble opprettet for å måle tidevannets innvirkning på vannstanden i Rauma like oppstrøms av elvas utløp i sjøen. Limnigrammet for vannmerket (bilag A-05) viser at tidevannet helt dominerer vannstanden i elva på dette stedet. Observert maksimal variasjonsbredde for vannstanden er 240 cm.

Riksvegen ble lagt om ved Grøttør bru ca. 1980. Strømningsforholdene på stedet ble da endret.

Sogge bru VM

Vannmerket ved Sogge bru påvirkes også av tidevannet, men i mindre grad enn Grøttør bru VM (bilag A-04). Elva stuves opp bare ved flo sjø. Observert maksimal variasjonsbredde for vannstanden er 230 cm. Målingene ved Sogge bru ble avsluttet mai 1981.

Østigard, grunnvannsrør

Geolimnigram (bilag B-01) og punktdiagram (bilag C-01) viser ingen samvariasjon med Venge VM. Høy grunnvannsstand om høsten tyder på god sammenheng mellom grunnvannsnivået og høstnedbøren. Videre tyder relativ høy grunnvannsstand i mars/april på god sammenheng mellom grunnvannsnivået og avsmeltingen av snø og tele.

Området dreneres sannsynligvis av kunstig dreneringssystem med igjenlagte grøfter. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 50 cm til 225 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-01) viser at grunnen ved målerøret stort sett består av sand og grus ned til en dybde av vel 100 cm. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Sletta, grunnvannssnitt

Rør 1

Geolimnigram (bilag B-02) og punktdiagram (bilag C-02) viser en meget god, litt krumlinjet, samvariasjon med Venge VM. R = 0.98.

Snittdiagram (bilag E-01) viser at grunnvannsstrømmen som regel går mot elva. Bare ved flom og høyvannstand strømmer det vann fra elva inn i grunnen. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 25 cm til 215 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-02) viser at grunnen ned til vel 70 cm stort sett består av grov mo iblandet noe fin sand. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale så som grus og stein.

Rør 2

Geolimnigram (bilag B-03) og punktdiagram (bilag C-03) viser stor spredning og liten samvariasjon med Venge VM. R = 0.65.

Diagrammets entydige nedre begrensning viser at grunnvannets minstenivå bestemmes av vannstanden i elva i den forstand at grunnvannsnivået ikke vil synke under det nivå som elva til enhver tid har. Nedbørens og/eller snøavsmeltningens direkte bidrag til grunnvannsstanden adderes så til dette elvebestemte minstenivå.

Målerør 2 synes overveiende å være preget av sigevann fra høyereliggende grunn som følge av høstregnet og avsmeltningen om våren. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 20 cm til 165 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-03) viser at jordprofilet ned til dybden 40 cm for det meste består av fin sand iblandet noe grov mo. Videre ned til dybden 80 cm har man hovedsakelig mo og finere materiale. Under dette nivå har man et lag elvegrande med grovere materiale som grus og stein.

Rør 3

Geolimnigram (bilag B-04) og punktdiagrammet (bilag C-04) viser ingen samvariasjon med Venge VM og stor spredning i data. Grunnvannsnivået domineres av sigevann fra dalsiden forårsaket av snøavsmeltningen om våren og regn om høsten.

Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 25 cm til 150 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-04) viser at jordprofilet består av mo og fin sand ned til knapt 45 cm. Under dette har man et lag med

fin sand ned til dybden 130 cm. Videre nedover i profilet støter man på et lag elvegrande med grovere materiale som grus og stein.

Rør 4

Geolimnigram (bilag B-05) og punktdiagram (bilag C-05) viser ingen samvariasjon med Venge VM og stor spredning i data. Grunnvannsnivået styres her av bekk som går langs foten av åssiden like forbi målerøret.

Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra bakkenivå til 100 cm under bakkenivå (i regnperioder står foten av røret under vann).

Kornfordelingsskjema (bilag D-05) viser at grunnen ned til dybden 70 cm består av en blanding av mjele/mo/sand, hovedsakelig mo. Videre ned til vel 110 cm har man for det meste fin sand. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Hole, grunnvannssnitt

Rør 1

Geolimnigram (bilag B-06) og punktdiagram (bilag C-06) viser en del spredning i data og moderat samvariasjon med Venge VM. R = 0.83.

Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 35 cm til 175 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-06) viser at grunnen hovedsakelig består av grov mo og fin sand ned til dybden 110 cm. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Rør 2

Geolimnigram (bilag B-07) og punktdiagram (bilag C-07) viser stor spredning i data og ingen samvariasjon med Venge VM. Grunnvannsnivået bestemmes av tilsig fra dalsiden.

Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 145 cm til 220 cm under bakkenivå.

Rør 3

Her har man samme vannstandsforhold som ved målerør 2 (bilag B-08 og C-08).

Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra bakkenivå til 190 cm under bakkenivå.

Fiva, grunnvannssnitt

Rør 1

Geolimnigram (bilag B-09) og punktdiagram (bilag C-09) viser en meget god samvariasjon med Horgheim VM gjennom hele året. R = 0.99.

Punktdiagrammet viser forøvrig at det kan være stor isoppstuving i elva om vinteren ved dette snittet. Oppstuvingen i elva synes til tider å kunne heve vannstanden ved målerøret med opptil 100 cm.

Snittdiagram (bilag E-02) viser at grunnvannsstrømmen ved de lavere og midlere vannstander går mot elva. Ved de høyere vannstander strømmer det vann fra elva inn i grunnen. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 150 cm til 345 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-07) viser at grunnen består av mo og fin sand ned til en dybde av vel 110 cm. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Rør 2

Ved målerør 2 er vannstandsforholdene stort sett som ved rør 1, men avdempet og med noe spredning i data. Geolimnigram (bilag B-10) og punktdiagram (bilag C-10) viser god samvariasjon med Horgheim VM sommerstid. R = 0.93.

Grunnvannsnivået er også her påvirket av elvas isoppstuving. År om annet synes grunnvannsnivået å bli hevet opptil 70-80 cm om vinteren. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 125 cm til 285 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-08) viser at grunnen hovedsakelig består av mo og finere materiale ned til en dybde av vel 115 cm. Under dette nivå finner man et lag elvegrande med grovere materiale.

Rør 3

Geolimnigram (bilag B-11) og punktdiagram (bilag C-11) viser ingen samvariasjon med Horgheim VM. Grunnvannsnivået dirigeres av bekk som passerer like forbi med tilsig fra dalsiden.

Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 55 cm til 185 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-09) viser at grunnen stort sett består av mo ned til en dybde av vel 80 cm. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Horgheimseidet, grunnvannsrør

Geolimnigram (bilag B-12) og punktdiagram (bilag C-12) viser god samvariasjon med Horgheim VM gjennom hele året. R = 0.96.

Elva går i stryk forbi målestedet. Ut fra dette og elveleiets lokale formasjon er det sannsynlig at grunnvannets strømningsretning her går parallelt med elva.

Punktdiagrammet viser forøvrig at det er isoppstuving i elva på stedet om vinteren. Oppstuvingen kan heve vannstanden ved målerøret opptil 60-70 cm. Grunnvannets maksimale variasjonsbredde er fra 270 cm til 590 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-10) viser at grunnen består av sand og grus samt noe grovere materiale ned til en dybde af 55 cm. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovt materiale.

Horgheim, grunnvannsrør

Geolimnigram (bilag B-13) og punktdiagram (bilag C-13) viser god samvariajon med Horgheim VM i sommertiden. R = 0.96.

Om vinteren har man isoppstuving i elva på stedet som virker inn på grunnvannet slik at dette heves opptil 60 cm. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 60 cm til 350 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-11) viser at grunnen består av sand, grus og grovere momateriale, samt litt mo ned til dybden vel 30 cm. Videre nedover i profilet støter man på et lag elvegrande med grovt materiale.

Amundlien, gårdsbrønn

Geolimnigram (bilag B-14) og punktdiagram (bilag C-14) viser en god samvariasjon med Horgheim VM sommerstid. R = 0.95.

Om vinteren har man isoppstuving i elva på stedet. Oppstuvingen hever vannstanden i brønnen med opptil 60 cm. Brønnens vannstand varierer maksimalt fra 270 cm til 500 cm under bakkenivå.

Alnes, grunnvannssnitt

Rør 1

Geolimnigram (bilag B-15) og punktdiagram (bilag C-15) viser en meget god, litt krumlinjet, samvariasjon med Horgheim VM om sommeren. R = 0.95.

Diagrammene viser videre at elva på stedet er isoppstuvet om vinteren. Oppstuvingen kan heve vannstanden opp til 60 cm ved snittet. Snittdiagrammet (bilag E-03) viser at elva stuver opp grunnvannet og derved bestemmer grunnvannsnivået inn til og forbi målerør 3 til enhver tid. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 65 cm til 360 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-12) viser at grunnen består av grov mo og fin sand ned til en dybde av 130 cm. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Rør 2

Geolimnigram (bilag B-16) og punktdiagram (bilag C-16) viser en god samvariasjon med Horgheim VM sommerstid. R = 0.96.

Også her bevirker isoppstuvingen i elva en hevning av vannstanden på opptil 65 cm ved måleröret om vinteren. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 50 cm til 340 cm under bakkenivå.

Man finner her de samme grunnforhold som for målerør 1.

Rør 3

Geolimnigram (bilag B-17) og punktdiagram (C-17) viser en god samvariasjon med Horgheim VM sommerstid. R = 0.96.

Man har også her en hevning av grunnvannet ved måleröret på 50 cm om vinteren forårsaket av isoppstuving i elva. Grunnvannsnivåets maksimale varisjonsbredde er fra 65 cm til 355 cm under bakkenivå. Også her finner man de samme grunnforhold som for målerør 1.

Rør 4

Geolimnigram (bilag B-18) og punktdiagram (bilag C-18) viser liten samvariasjon med Horgheim VM. R = 0.67.

Vannsig fra høyereliggende grunn dominerer grunnvannsnivået her. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 50 cm til 155 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsdiagram (bilag D-13) viser at grunnen består av en blanding av mjele/mo/sand, hovedsakelig mo, ned til en dybde av vel 90 cm. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Rør 5

Geolimnigram (bilag B-19) og punktdiagram (bilag C-19) viser ingen samvariasjon med Horgheim VM. Grunnvannsnivået bestemmes av dreneringsgrøft langs åssiden som passerer like ved målerøret.

Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 30 cm til 155 cm under bakkenivå.

Monge, gårdsbrønn og grunnvannsrør

Gårdsbrønn

Geolimnigram (bilag B-20) og punktdiagram (bilag C-20) viser stor spredning i data, men dog en viss samvariasjon med Horgheim VM. R = 0.74.

Målestedet står på gammel elvevifte dannet av Mongeå i tidens løp. Undergrunnen består derfor sannsynligvis av mye grovkornet materiale med relativt stor permeabilitet. Disse samme forhold har man for alle målestedene opp til Flatmark.

Vinterstid er elva isoppstuvet på stedet. Oppstuvingen virker inn på nivået i brønnen som år om annet kan heves med opptil 100 cm. Brønnens vannstand varierer maksimalt mellom dybdene 290 cm og 475 cm under bakkenivå.

Rør

Geolimnigram (bilag B-21) og punktdiagram (bilag C-21) viser liten og ingen samvariasjon med Horgheim VM. Stor spredning i data.

Man har her de samme grunnforhold som omtalt ovenfor for gardsbrønnen. Målerøret går tørt ved lave grunnvannsstander. Grunnvanns-

nivået bestemmes av vannsig fra bekk som går 8-10 m fra måleløret. Marka synes å være kunstig drenert ned til en dybde av 50-60 cm under bakkenivå. Grunnvannet kan til tider bli hevet med opptil 120 cm på grunn av isoppstuving i elva. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 40 cm til 210 cm under bakkenivå.

L. Skiri, gårdsbrønn

Geolimnigram (bilag B-22) og punktdiagram (bilag C-22) viser noe spredning i data, men likevel bra samvariasjon med Horgheim VM. R = 0.88.

Målestedet er på gammel bekkevifte som omtalt ovenfor under Monge. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 260 cm til 700 cm under bakkenivå. Grunnvannsnivået er relatert til vannstanden i Skirihølen. Utløpet av hølen er relativt trangt med derav følgende store vannstandsvariasjoner.

Begrenset observasjonsperiode med relativt få data. Målingene ble avluttet sommeren 1980.

V. Skiri, gårdsbrønn

Geolimnigram (bilag B-23) viser samvariasjon vår og sommer med Horgheim VM, vinter og høst er der ingen samvariasjon. Punktdiagram (bilag C-23) viser stor spredning i data og ingen direkte samvariasjon med Horgheim VM.

Målestedet står på gammel bekkevifte med sannsynligvis grovkornet materiale i undergrunnen. Diagrammene viser at brønnens vannstand påvirkes av isoppstuving i elva om vinteren. Videre domineres vannstanden i brønnen vår og høst av vannsig fra høyereliggende grunn forårsaket henholdsvis av snøavsmeltningen og høstnedbøren.

Punktdiagrammets entydige nedre begrensning (bortsett fra de aller høyeste vannstander) viser dessuten at brønnens minstenivå styres av vannstanden i elva, i den forstand at vannstanden i brønnen ikke vil synke under det nivå som elva til enhver tid har. Snøavsmeltningens og nedbørens direkte bidrag til grunnvannsstanden adderes til dette elvebestemte minstenivå.

Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra bakkenivå til 370 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-14) viser at grunnen hovedsakelig består av sand og noe mo ned til en dybde av knapt 40 cm. Deretter følger et lag med mo iblandet sand ned til vel 70 cm. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Bersås, gårdsbrønn

Geolimnigram (bilag B-24) og punktdiagram (bilag C-24) viser at de samme forhold som omtalt ovenfor under V. Skiri i ennå større grad gjør seg gjeldene her ved Bersås.

Målepunktet her står på en elvevifte dannet av Rangå og Grønfonnå. Man har sannsynligvis grovkornet løsmateriale i undergrunnen. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 60 cm til 400 cm under bakkenivå.

Flatmark, gårdsbrønn (ved jernbanestasjon) og grunnvannsrør

Gårdsbrønn

Geolimnigram (bilag BG-25) og punktdiagram (bilag CP-25) viser at grunnvannsforholdene her er som ved Skiri og Bersås.

Som for Bersås står målepunktet på elvevifte dannet av Rangå og Grønfonnå. Sannsynligvis grovkornet materiale i undergrunnen. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 60 cm til 340 cm under bakkenivå.

Rør 1

Geolimnigram (bilag B-25) og punktdiagram (bilag P-25) viser at grunnvannsforholdene stort sett er som for gårdsbrønnen ved jernbanestasjonen.

Som for brønnen står målepunktet på en elvevifte med grovkornet materiale i undergrunnen. Marka synes å være kunstig drenert ned til en dybde av 50 cm under bakken. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 50 cm til 300 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-15) viser at grunnen hovedsakelig består av sand med noe mo og grus ned til en dybde av vel 60 cm. Videre nedover i jordprofilet til knapt 90 cm har man for det meste mo iblandet sand og mjele. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Rør 2

Geolimnigram (bilag B-27) og punkdiagram (bilag C-26) viser stort sett samme grunnvannsforhold som omtalt ovenfor for gårdsbrønn og målerør 1.

Målestedet står på gammel elvevifte dannet av Rangå og Grønfonnå. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 10 cm til 500 cm under bakkennivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-15) viser at grunnen ned til en dybde av vel 90 cm består av en blandig av mjele/mo/sand med størst innslag av mo. Under dette nivå støter man på et lag elve- grande med grovere materiale.

Stavem, gårdsbrønn

Geolimnigram (bilag B-27) og punktdiagram (bilag C-27) viser de samme grunnvannsforhold som omtalt ovenfor under Flatmark.

Målestedet står på gammel elvevifte dannet av Rangå og Grønfonnå. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 200 cm til 575 cm under bakkenivå.

Almegjerdet, grunnvannsrør

Geolimnigram (bilag B-29) og punktdiagram (bilag C-29) viser god samvariasjon med Horgheim VM hele året. R = 0.90.

Grunnvannsnivået er noe påvirket av isopptuvingen i elva om vinteren. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 40 cm til 350 cm under bakkenivå. Målerøret går tørt de fleste vintre.

Kornfordelingsskjema (bilag D-17) viser at grunnen ned til knapt 130 cm består av en blanding av sand og mo. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

Sæterbø, grunnvannsrør

Geolimnigram (bilag B-30) og punktdiagram (bilag C-30) viser en meget god, litt krumlinjet, samvariasjon med Horgheim VM om sommeren. R = 0.97.

Vinterstid har man isoppstuving i elva som medfører at grunnvannet til tider kan bli hevet opptil 60-70 cm ved målerøret. Grunnvannsnivåets maksimale variasjonsbredde er fra 80 cm til 370 cm under bakkenivå.

Kornfordelingsskjema (bilag D-18) viser at grunnen ned til vel 90 cm stort sett består av en blanding av grov mo og fin sand. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

7.2 Snø- og teledybde

Teledybden og snødybden har vært observert ved Sletta (fig. 14 og 15) og ved Sæterbø (fig. 17 og 18). Det er bare telefrontens dybde som er vist på figurene. Telen smelter hovedsakelig ovenfra og nedover ved varmetilførsel om våren. Smeltefrontens bevegelse nedover i jordprofilet har imidlertid ikke vært notert.

Generelt foregår teledannelse når man har stort varmetap fra markoverflaten som under perioder med barfrost. Snø er en dårlig varmeleder som effektivt minsker jordas varmetap og som derfor hindrer eller reduserer teledannelsen.

Bortsett fra jordbunnens varmeledningsevne og varmeregulerende egenskaper, avhenger teledybden mye av jordas vanninnhold når kulden setter inn. Jo større vanninnholdet er desto mer varme må ledes bort for at et visst jordskikt skal fryse. Dette beror på vannets store varmelagringsevne (varmekapasitet). Telefronten beveger seg derfor langsommere i jordarter med høyt vanninnhold (finkornige jordarter) enn i jordarter som i alminnelighet har et lavt vanninnhold (grovkornige jordarter).

En viktig forutsetning for telens nedtrengen utetter vinteren er tilgang på vann som kan fryse. I denne henseende er kapillærtransport av vann fra grunnvannsreservoaret opp til telefronten av avgjørende betydning. Betingelsen for denne vanntilførsel er at grunnen består av jordarter som har tilstrekkelige mengder sand og finere materiale til å fylle porene mellom det grovere materiale av grus og stein. Spesielt telefarlig jord er alt materiale som består av mjele og mo (silt og fin sand). Ikke telefarlig jord er torv og enssortert sand og grus.

Teledybden på et sted kan variere mye fra år til år beroende på forskjell i temperatur og snødekke.

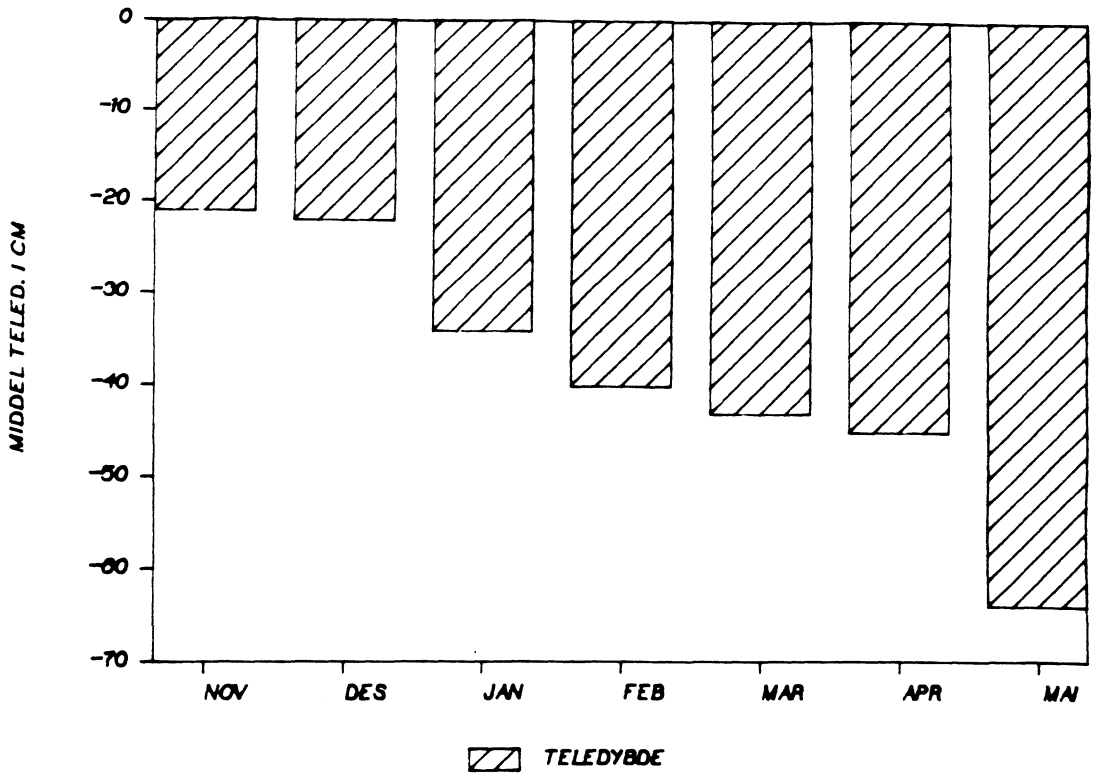


Fig. 14. Midlere teledybde ved målerør 3 ved Sletta i observasjonsperioden 1978-87. Figuren viser telefrontens midlere dybde under bakken gjennom vinteren. Om våren smelter telen hovedsakelig ovenfra og nedover på grunn av tilførsel av varme (overveiende ved varmeledning) når snøen er gått. Denne nedadrettede forplantning av smeltefronten er imidlertid ikke blitt notert. Man ser at telefronten i dette tilfelle, uventet nok, fortsatt har beveget seg nedover i mai selv om avsmeltningen fra oversiden åpenbart er igang. Dette ikke så uvanlige fenomen beror på de stedlige lokale jordbunnsforhold og samspillet mellom dem.
Av betydningsfulle faktorer i denne sammenheng kan nevnes jordart, markvannsinnhold og varmebalansen i jordprofilet, samt hvorvidt smeltevannet i topplaget dreneres bort eller blir stående på stedet.
Midlere snødybde er vist på figur 15. Figur 16 viser punktdiagrammet for målerøret i vinterperioden. Her fremgår det at grunnvannsstanden om vinteren ligger i området 65-120 cm under bakken. Kornfordelingsdiagrammet for målerøret (bilag D-04) viser at grunnen for det meste består av mo og fin sand ned til dybden 55 cm under bakken. Under dette skiktet har man hovedsakelig fin sand iblandet litt mo, samt noe grov sand og grus. Videre nedover i jordprofilet støter man på et lag elvegrande med for det meste grovt materiale som sand og grus.

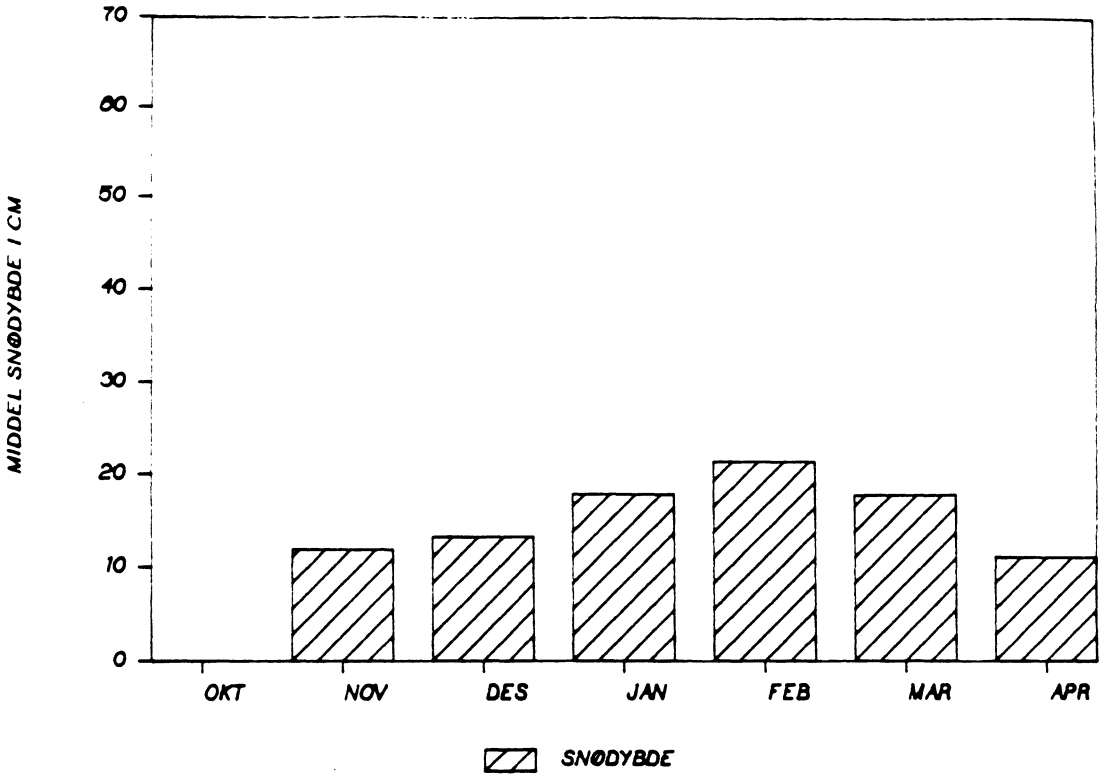


Fig. 15. Midlere snødybde ved målerør 3 ved Sletta i observasjonsperioden 1978-87.

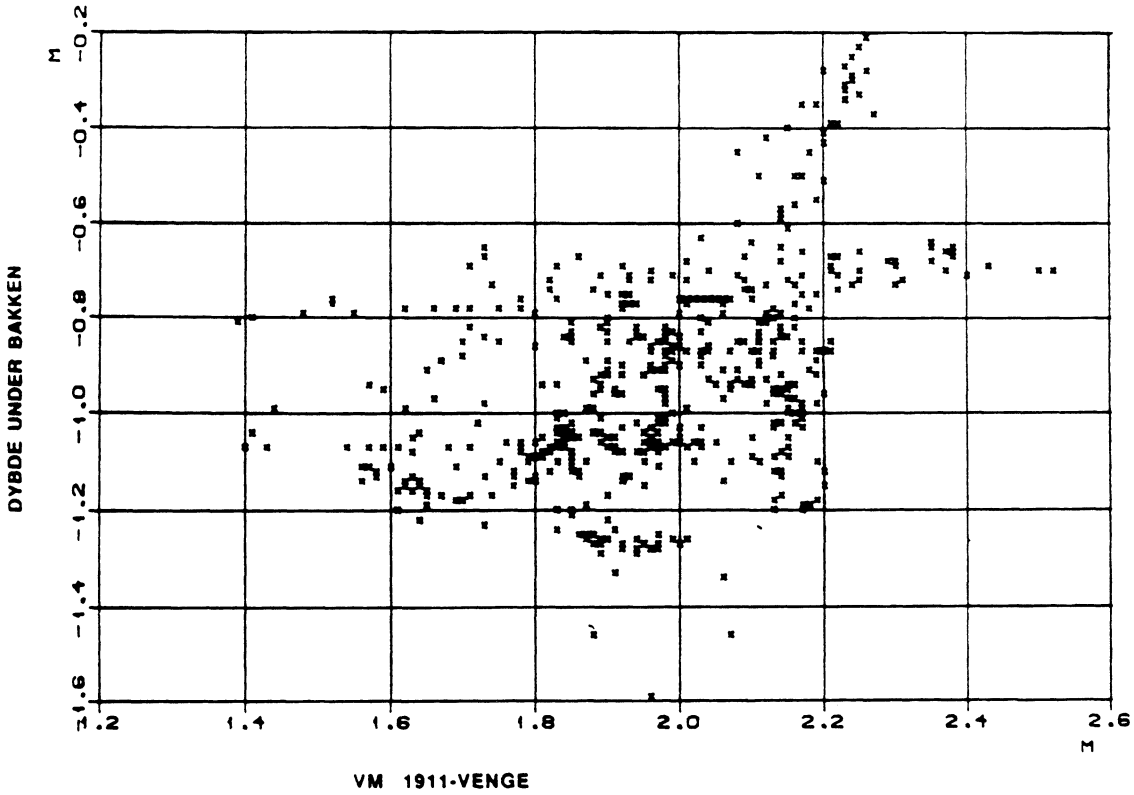


Fig. 16. Punktdigram for vinterperioden for målerør 3 ved Sletta i perioden 1978-84.

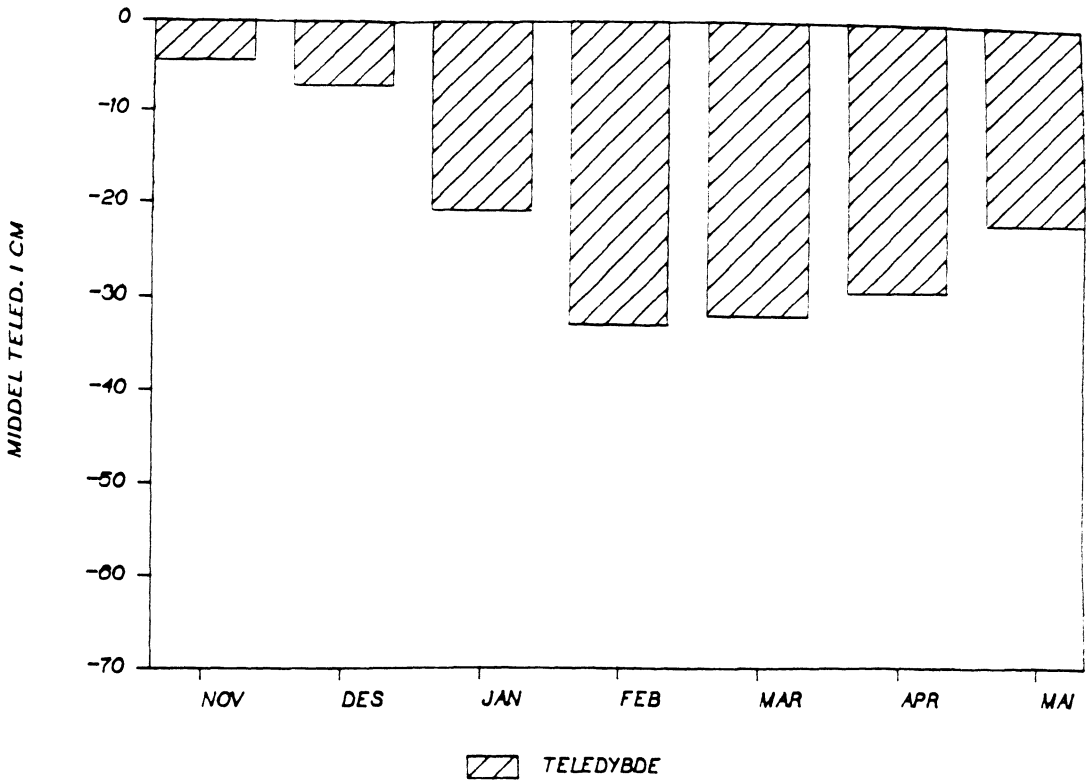


Fig. 17. Midlere teledybde ved målerør ved Sæterbø i observasjonsperioden 1978-87. Midlere snødybde er vist på figur 18. Figur 19 viser punktdiagrammet for måleröret for vinterperioden, her fremgår at grunnvannsstanden om vinteren ligger i området 300-360 cm under bakken. Kornfordelingsskjema (bilag D-18) viser at grunnen ned til vel 90 cm består av en blanding av grov mo og fin sand. Under dette nivå støter man på et lag elvegrande med grovere materiale.

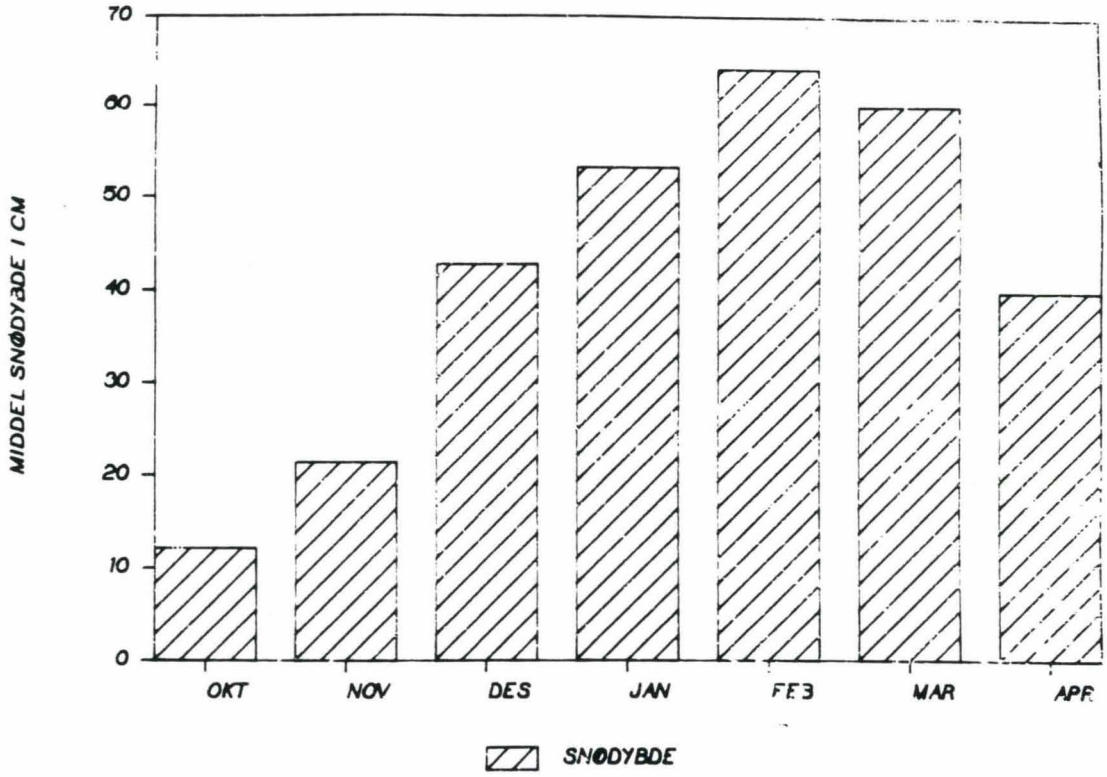


Fig. 18. Midlere snødybde ved målerør ved Sæterbø i observasjonsperioden 1978-87.

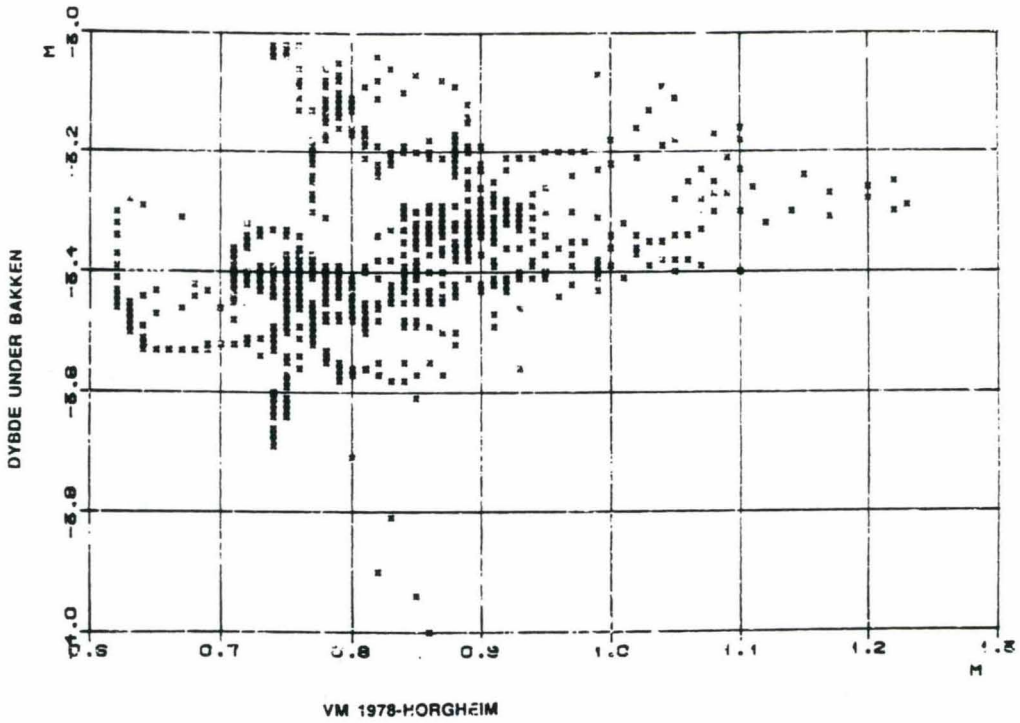


Fig. 19. Punktdiagram for vinterperioden for målerør ved Sæterbø i observasjonsperioden 1978-87.

8 OPPSUMMERING

8.1 Reguleringens innflytelse på vannstanden i Rauma

Figur 20 gir en grafisk fremstilling av vannstanden i Rauma ved VM 1978 Horgheim før og etter utbygging.
Tabell 10 viser ukemidler av vannstand og vannføring på samme sted før og etter utbygging.

Man ser at vannstanden ved Horgheim vannmerke etter utbygging vil ligge over normal vannstand fra begynnelsen av oktober til ut april. Den høyeste økning vil man få i februar med en middelvannstand på 44 cm høyere enn normalt for årstiden. I resten av året, fra begynnelsen av mai til slutten av september, vil vannstanden ligge under normalt. Største avvik fra normal vannstand vil her være ca. 30 cm.

Elvevannstandens avvik fra normalt nivå på andre steder i vassdraget enn ved Horgheim vannmerke, vil være avhengig av hvorvidt elveløpet er snevrere eller videre enn ved vannmerket. Som en indikasjon på dette, kan man bruke den observerte regresjon for de målerør som ligger nær elva. Er regresjonslinjens vinkelkoeffisient større enn 1, er elveløpet på stedet snevrere enn ved vannmerket. Er koeffisienten mindre enn 1, har man det omvendte forhold.

Når det her tales om normal vannstand (el. nivå), menes den vannstand som er normal for årstiden.

Med hensyn til isoppstuvingen i elva etter utbygging vil denne bli mindre eller forsvinne helt på elvestrekningen mellom Remmem og Stavem. På elvestrekningen nedstrøms av Remmem vil isoppstuvingen sannsynligvis bli større enn før utbygging. (Tvede og Wold, 1987).
Figur 21 viser karakteristiske vannstander ved VM 1978 Horgheim i observasjonsperioden 1978-87 og normalperioden 1931-60. Tabell 11 og 12 viser karakteristiske vannstander (middel, maks, min, samt 75% og 25% kvartilene) før og etter utbygging ved VM 1978 Horgheim.

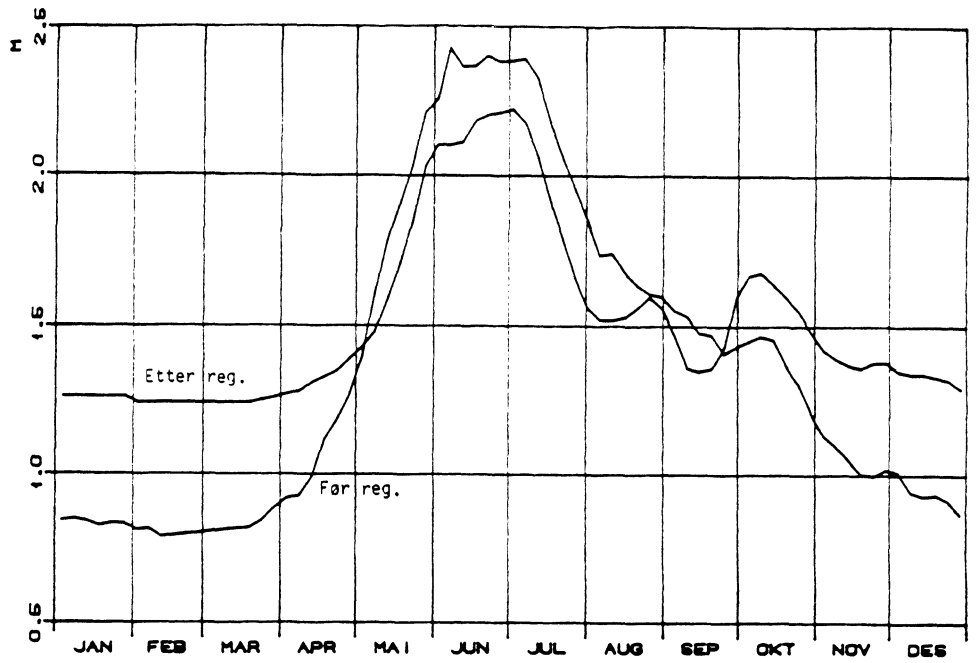


Fig. 20. Midlere vannstand ved VM 1978 Horgheim før og etter utbygging (5-døgnsmidler). Vannstanden før er observerte vannstander i normalperioden 1931-60. Vannstanden etter er basert på regulert vannføring oppgitt av regulanten.

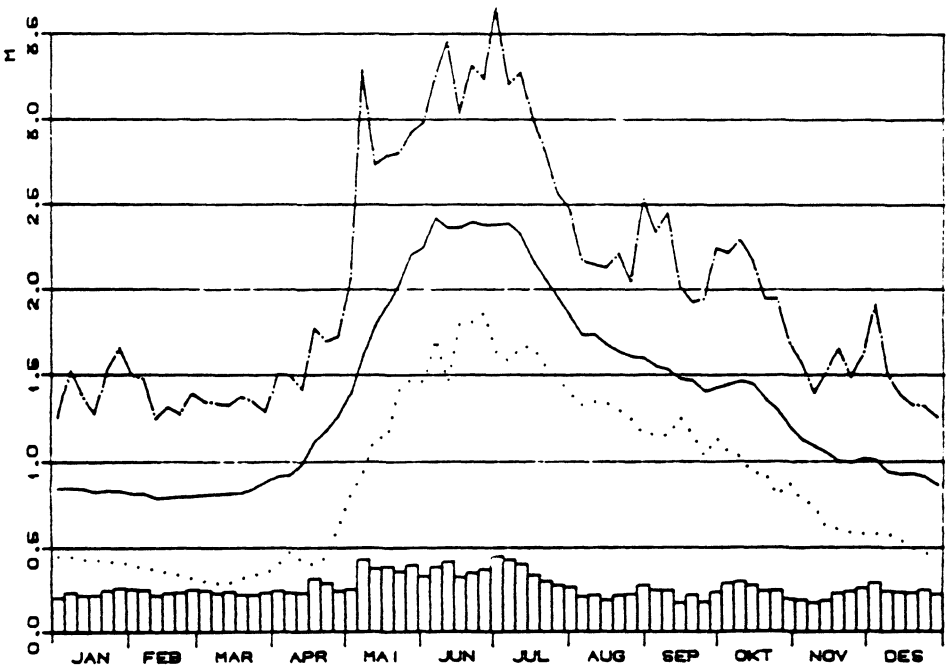


Fig. 21. Midlere karakteristiske vannstander (5-døgnsverdier) observert ved Vm 1978 Horgheim i normalperioden 1931-60.

TABELL 10. Vannmerke 1978 Horgheim i Rauma. Tabellen viser midlere vannstand og vannføring i normalperioden 1931-60, prognosert midlere vannstand og vannføring etter utbygging, samt differens mellom prognosert tilstand og normaltilstand. Det er regnet med isfrie forhold.

Uke nr.	Normalperiode 1931-60		Prognosert etter utbygging		Differens, etter - før	
	H i cm	q i m^3/s	H i cm	q i m^3/s	H i cm	q i m^3/s
1	84	6	126	19	42	13
2	85	6.5	126	19	41	12.5
3	83	6	126	19	43	13
4	83	5.5	126	19	43	13.5
5	82	5.5	126	19	44	13.5
6	81	5.5	124	18	43	12.5
7	79	5	124	18	45	13
8	80	5.5	124	18	44	12.5
9	80	5	124	18	44	13
10	81	5.5	124	18	43	12.5
11	82	6	124	18	42	12
12	83	6	124	18	41	12
13	89	7	126	19	37	12
14	92	7	127	19	35	12
15	98	8	129	20	31	12
16	113	10	133	22	20	12
17	123	18	135	23	12	5
18	141	23	141	13	0	-10
19	167	44	146	29	-21	-15
20	189	73	161	40	-28	-33
21	207	82	180	57	-27	-25
22	224	127	197	74	-27	-53
23	240	140	212	97	-28	-43
24	235	125	209	93	-26	-32
25	240	144	220	109	-20	-35
26	238	134	220	107	-18	-27
27	239	152	224	111	-15	-41
28	232	121	215	101	-17	-20
29	212	90	194	71	-18	-19
30	197	70	177	53	-20	-17
31	182	52	158	38	-24	-14
32	174	54	152	31	-22	-23
33	168	44	153	29	-15	-15
34	163	37	155	33	- 8	- 4
35	160	34	162	38	- 2	4
36	155	32	152	31	- 3	- 1
37	150	29	135	21	-15	- 8
38	146	27	135	21	-11	- 6
39	142	25	139	23	- 3	- 2
40	144	23	165	39	21	17
41	147	28	170	43	23	15
42	140	21	165	39	25	18
43	131	17	159	35	21	18
44	117	12	150	28	33	16
45	110	12	141	26	31	16
46	104	9	138	24	34	15
47	100	8	136	23	36	15
48	102	8	140	25	38	17
49	98	7.5	136	23	38	15.5
50	93	7	134	22	41	15
51	93	7.5	134	22	41	14.5
52	89	6.5	132	21	43	14.5

TABELL 11. Midlere karakteristiske ukevannstander observert ved VM 1978 Horgheim i normalperioden 1931-60 før utbygging. Det er regnet med isfrie forhold.

Uke nr.	Observert vannstand i normalperioden 1931-60				
	H_{max} cm	H_{75} cm	H_{middel} cm	H_{25} cm	H_{min} cm
1	123	99	84	74	45
2	151	97	85	70	43
3	130	95	83	72	42
4	149	99	83	69	42
5	161	96	82	61	40
6	144	98	81	68	38
7	127	92	79	65	35
8	128	97	80	62	33
9	142	96	80	66	31
10	137	94	81	68	29
11	132	96	82	66	30
12	137	97	83	70	33
13	129	105	89	73	35
14	156	109	92	77	45
15	142	113	98	85	43
16	171	141	113	90	40
17	165	139	123	103	57
18	209	150	141	123	79
19	320	180	167	140	101
20	263	208	189	166	117
21	280	228	207	177	146
22	296	247	224	193	160
23	309	268	240	215	169
24	319	253	235	210	168
25	317	257	240	219	183
26	323	262	238	206	180
27	317	269	239	203	163
28	326	260	232	198	168
29	273	234	212	189	161
30	259	212	197	180	149
31	239	205	182	161	138
32	201	193	174	158	132
33	216	180	168	153	134
34	217	178	163	147	128
35	221	175	160	143	118
36	220	167	155	136	116
37	188	162	150	134	127
38	194	157	146	131	118
39	187	154	142	129	106
40	202	156	144	128	108
41	221	152	147	128	100
42	200	156	140	125	97
43	201	143	131	116	82
44	158	130	117	103	89
45	150	120	110	100	76
46	149	117	104	94	62
47	149	117	100	84	60
48	159	116	102	83	58
49	177	117	98	79	58
50	139	109	93	81	58
51	130	113	93	77	50
52	127	110	89	67	45

TABELL 12. Midlere karakteristiske ukevannstander ved VM 1978 Horgheim etter utbygging. Vannstandene er basert på prognoserte ukevannføringer ved VM 1978 Horgeim oppgitt av regulanten. Det er regnet med isfrie forhold.

Uke nr.	Prognosert vannstand etter regulering				
	H_{max} cm	H_{75} cm	H_{middel} cm	H_{25} cm	H_{min} cm
1	168	139	126	115	88
2	192	135	126	110	86
3	179	138	126	116	89
4	196	143	126	116	90
5	208	142	126	109	91
6	193	142	124	114	87
7	177	136	124	112	85
8	178	140	124	108	82
9	192	142	124	114	81
10	184	137	124	112	76
11	179	136	124	109	76
12	181	135	124	111	76
13	171	142	126	110	76
14	192	143	127	113	84
15	179	146	129	118	80
16	196	171	133	116	70
17	167	146	135	106	61
18	209	152	141	128	80
19	267	157	146	124	81
20	216	171	161	136	90
21	245	201	180	160	134
22	248	206	197	163	135
23	264	233	212	189	151
24	273	225	209	190	156
25	273	232	220	201	171
26	281	281	220	192	171
27	279	242	224	186	154
28	291	241	215	190	165
29	249	217	194	180	158
30	230	191	177	166	141
31	210	182	158	147	128
32	170	164	152	137	116
33	193	182	153	143	126
34	203	171	155	146	131
35	213	179	162	153	128
36	207	165	152	141	117
37	168	147	135	125	118
38	153	146	135	125	107
39	178	150	139	131	102
40	219	181	165	158	124
41	232	177	170	158	121
42	219	183	165	157	122
43	220	173	159	144	109
44	192	168	150	135	122
45	179	151	141	126	103
46	187	157	138	130	101
47	192	159	136	125	102
48	202	162	140	126	103
49	217	163	136	123	103
50	186	151	134	123	102
51	175	153	133	117	92
52	178	148	132	112	93

8.2 Reguleringens innflytelse på grunnvannsstanden langs Rauma

Observasjonene viser at grunnvannsnivået i de lavereliggende områder (dvs. elveslettene) langs Rauma i betydelig grad beror på vannstanden i elva. Grunnvannet påvirkes også, om enn i mindre grad, både av den lokale snøavsmeltning om våren og av høstregnet. Begge disse to faktorer forårsaker lokal infiltrasjon og grunnvannssig i retning mot elva fra høyereliggende grunn.

I slutten av mars måned begynner snøsmeltningen å gjøre seg gjeldende, effekten av denne er relativt liten. I mai kommer vårflommen i Rauma med høyvann som varer ved til ut i juli. Vannstanden i elva synker så utover sommeren og høsten til i slutten av september. Elva er på denne måten den dominerende faktor som dirigerer grunnvannsnivået i elveslettene i sommeperioden. Se tabell 13 som gir en oversikt over korrelasjonen mellom grunnvannsnivå og vannstanden i elva. Fra september begynner virkningen av høstregnet å gjøre seg gjeldende. Høstregnets innvirkning på grunnvannsnivået kan være betydelig.

Observasjonene viser at Rauma virker inn på grunnvannstanden opptil en avstand på over 200 m fra elva. Ved Sletta ca. 130 m, ved Hole over 100 m, ved Fiva ca. 100 m, ved Horgheimseidet over 220 m, ved Amundlien over 80 m, ved Alnes 195 m, ved Monge ca. 100 m, ved Skiri ca. 180 m, og ved Almegjerdet over 80 m. Jfr. tabell 14 og vedlegg E.

I høyvannsperioden om sommeren ligger det naturlige grunnvannsnivået de fleste steder relativt høyt. Ved 70 % av målerørene står da grunnvannet mindre enn 70 cm under bakkennivå. Variasjonsbredden gjennom året kan være betydelig. Om vinteren ligger eksempelvis grunnvannsnivået mer enn 2 m under bakken ved 80 % av de samme målerørene som vist til ovenfor. Jfr. tabell 14.

Med hensyn til den økte vintervannføring en eventuell regulering vil medføre (Tvede og Wold, 1987), vil denne forårsake økt vintervannstand i elva. På den annen side vil den økte vannføring også

medføre at den naturlige isoppstuving på den berørte elvestrekning oppstrøms av Remmem (strekningen Remmem - Stavem) minsker eller helt forsvinner, med redusert vintervannstand som resultat. Virkningene går altså i motsatt retning og anslås mer eller mindre å oppheve hverandre hva angår vannstandsforholdene.

Annerledes stiller det seg for elva nedstrøms av Remmem. Her vil man på grunn av den økte vintervannføring både få en høyere vintervannstand og sannsynligvis også større isoppstuving. Den samlede virkning vil være å heve den naturlige elvevannstand betydelig, noe som igjen vil lede til en økning av grunnvannsnivået. Følgene vil være gunstig for vannuttak fra brønner, men negativ med hensyn til teledannelse, såfremt det finnes kapillærvirkning i grunnen som vil medføre transport av vann fra grunnvannsreservoaret og oppover til det øvre jordlag.

For en vurdering av den planlagte utbyggings virkning på grunnvannsnivået er utarbeidet fem tabeller, tabell 15 til 19. Tabell 15 gir de månedlige middelvannstander etter og før utbygging, samt differansen. Bare de målepunkter som har en korrelasjonskoeffisient (R) høyere enn 0.60 er tatt med.

Tabell 16 til 19 gir karakteristiske grunnvannsstander i den laveste periode om vinteren (februar måned) og i den høyeste periode om sommeren (juni måned) før og etter utbygging. Man bør ha i minne at ekstremene H_{max} og H_{min} alltid er usikre i slike beregninger. Det er regnet med isfrie forhold. Det er tatt med de målepunkter som har en praktisk signifikant samvariasjon med elva. (Praktisk signifikans = som kan ha praktisk betydning).

Det ligger i dette at de målepunktene som ikke er tatt med i tabell 16 til 19, ikke har noen nevneverdig samvariasjon med elva. Den planlagte utbygging vil altså være uten praktisk betydning for grunnvannsnivået ved disse målepunktene, se tabell 20.

I bedømmelsen av hva som er praktisk signifikant, tas hensyn til følgende kriterier (se bilag C):

* Spredningen eller usikkerheten i observasjonene, dvs. konfidensintervallets bredde.
* Samvariasjonens forholdsvise del av den totale variasjon, dvs. determinasjons-koeffisienten (R^2).
* Størrelsen av grunnvannsstandens endring (i cm) sammenlignet med elvevannsstandens endring, dvs. regresjonskoeffisienten (regresjonslinjens helning).

Kornfordelingsanalysen av jordprøvene viser at man stort sett har å gjøre med finkornig og dermed teleømfintlig jord ved alle målestedene. Den høyere vintervannstand i elva nedstrøms av Remmem som en utbygging vil medføre, vil føre til at grunnvannsnivået blir hevet og derved komme i nærmere kontakt med det telefarlige materiale. Noe som i sin tur vil fremme økt teledannelse med forsinket våronn og redusert årsvekst som mulig resultat. Dette gjelder for målestedene Sletta, Hole, Fiva og Alnes.

Omfang og grad av eventuelle skadevirkninger som reguleringen måtte medføre for jordbruket forøvrig, er en oppgave for de jordbruks-sakkyndige å vurdere. Det antas imidlertid at den senkning av grunnvannsnivået i vekstperioden som en utbygging måtte føre med seg (maksimalt 25-30 cm), vil være såvidt beskjeden at den ikke vil få noen vesentlig betydning for planteveksten. Her anser man at vannets kapillære stigehøyde og stigehastighet i de jordarter man har å gjøre med, er såpass stor at plantevekstens vannbehov vil bli fullt tilfredsstilt med den grunnvannssenkning det her er tale om (jfr. tabell 1 og 2).

Tabell 13. Tabellen gir resultatet av korrelasjonsundersøkelsen elvevannstand/grunnvannsstand.

Målested	Målepunkt	Korrelasjons-koeffisient, R	Determinasjons-koeffisient, R2
Østigard	R	-	-
Sletta	R1	0.98	0.96
	R2	0.65	0.42
	R3	-	-
	R4	-	-
Hole	R1	0.83	0.69
	R2	-	-
	R3	-	-
Fiva	R1	0.99	0.98
	R2	0.93	0.86
	R3	-	-
Horgheimseidet	R	0.96	0.92
Horgheim	R	0.96	0.92
Amundlien	brønn	0.95	0.90
Alnes	R1	0.95	0.90
	R2	0.96	0.92
	R3	0.96	0.92
	R4	0.67	0.45
	R5	-	-
Monge	brønn	0.74	0.55
	R	-	-
L.Skiri	brønn	0.88	0.77
V.Skiri	brønn	*	-
Bersås	brønn	*	-
Flatmark	brønn	*	-
	R1	*	-
	R2	*	-
Stavem	brønn	*	-
Almegjerdet	R	0.90	0.81
Sæterbø	R	0.97	0.94

Ved de målepunkter hvor korrelasjonskoeffisienten er merket med stjerne (*) bestemmes grunnvannets minstenivå av vannstanden i elva. Det vil si at grunnvannsstanden aldri vil synke under det nivå som elva til enhver tid har. Snøsmeltningens og nedbørens direkte bidrag ved infiltrasjon og vannsig fra høyereliggende grunn vil adderes til dette elvebestemte minstenivå.

Tabell 14. Tabellen gir avstanden fra målerørene til Rauma, forskjell mellom elvevannstand og grunnvannsnivå, samt grunnvannsnivåets observerte variasjonsbredde.

Sted		Avstand fra elv, m	Vannstandsforskjell rør(brønn)-elv, cm	Variasjonsbredde, dybde under bakken, cm
Østigard,	R	210	115	50-225
Sletta,	R1	10	-11	25-215
	R2	96	32	20-165
	R3	173	127	25-150
	R4	230	128	0-100
	bekk	235	197	
Hole,	R1	95	26	35-175
	R2	285	237	145-220
	R3	315	1300	0-190
Fiva,	R1	12	-33	150-345
	R2	60	-28	125-285
	R3	160	24	55-185
	bekk	233	17	
Horgheimseidet,	R	220	-76	270-590
Horgheim,	R	36	13	60-350
Amundlien,	brønn	80	30	270-500
Alnes,	R1	5	-4	65-360
	R2	68	-6	50-340
	R3	118	-6	65-355
	R4	193	180	50-155
	R5	200	217	30-155
Monge,	brønn	60	49	290-475
	R	100	66	40-210
L. Skiri,	brønn	130	-3	260-700
V. Skiri,	R	180	78	0-370
Bersås,	brønn	25	0	60-400
Flatmark,	brønnn	80	179	60-340
	R1	85	190	50-300
	R2	170	356	10-500
Stavem,	brønn	80	97	200-575
Almegjerdet,	R	60	74	40-350
Sæterbø,	R	20	3	80-370

De samsvarende vannstander elv/målerør er nivellert inn i tiden 24 - 27 juli 1978. Elva hadde da noe stigende vannstand og vannstandsforskjellen (kolonne 3) for målerørene nærmere elva enn 40-50 m anslås derfor å være opptil 12 cm for lave (avhengig av avstanden til elva) på grunn av treghet i grunnvannets respons.

Tabell 15. Midlere månedsvannstand ved målepunktene etter og før utbygging med tilhørende differanse.

MÅNED		VANNSTAND I ELV		GRUNNVANNSSTAND		
		VM 1911 Venge	VM 1978 Horgheim	Sletta		Hole
				RØR 1	RØR 2	RØR
JAN	etter	218	126	193	119	141
	før	176	84	209	128	151
	diff	42	42	-16	-9	-10
FEB	etter	215	124	194	120	142
	før	173	80	210	129	152
	diff	42	44	-15	-9	-10
MAR	etter	215	124	194	120	142
	før	175	83	209	129	151
	diff	40	41	-15	-9	-9
APR	etter	225	133	191	118	139
	før	195	107	202	124	147
	diff	30	26	-11	-6	-9
MAI	etter	283	170	169	105	126
	før	305	184	161	100	120
	diff	-22	-14	8	5	6
JUN	etter	360	215	130	87	107
	før	395	237	115	80	99
	diff	-35	-25	15	7	8
JUL	etter	322	193	154	96	116
	før	365	219	138	86	106
	diff	-43	-26	16	10	10
AUG	etter	257	155	179	110	132
	før	280	169	170	105	126
	diff	-22	-14	9	5	6
SEP	etter	238	142	186	115	136
	før	248	149	182	112	134
	diff	-10	-7	4	3	2
OKT	etter	268	161	174	108	129
	før	232	138	188	116	138
	diff	36	23	-14	- 8	-9
NOV	etter	234	139	187	115	137
	før	194	105	202	124	147
	diff	40	34	-15	-9	-10
DES	etter	226	133	190	117	139
	før	183	93	206	127	149
	diff	43	40	-16	-10	-10

MÅNED		GRUNNVANNSSTAND				
		Fiva		Horgheims -eidet	Horgheim	Amund-lien
		RØR 1	RØR 2	RØR	RØR	BRØNN
JAN	etter	292	250	510	284	487
	før	325	275	565	330	527
	diff	-33	-25	-55	-46	-40
FEB	etter	294	252	514	286	489
	før	328	278	569	334	531
	diff	-34	-26	-65	-48	-42
MAR	etter	294	252	513	286	489
	før	325	276	565	332	528
	diff	-31	-24	-52	-46	-39
APR	etter	286	248	503	276	480
	før	300	262	534	305	506
	diff	-14	-14	-31	-29	-26
MAI	etter	258	225	456	236	445
	før	247	217	439	220	433
	diff	11	8	17	16	12
JUN	etter	224	200	400	188	403
	før	206	187	374	164	382
	diff	18	13	26	24	21
JUL	etter	240	212	428	211	423
	før	220	196	396	183	398
	diff	20	16	32	28	25
AUG	etter	270	234	475	252	460
	før	260	225	468	238	447
	diff	10	9	7	14	13
SEP	etter	279	241	492	265	472
	før	274	236	482	258	465
	diff	5	5	10	7	7
OKT	etter	264	229	468	245	452
	før	283	245	496	271	475
	diff	-19	-16	-28	-26	-23
NOV	etter	282	243	495	269	475
	før	308	263	538	307	507
	diff	-26	-20	-43	-38	-32
DES	etter	286	247	503	276	480
	før	318	270	552	320	518
	diff	-32	-23	-49	-44	-38

MÅNED		GRUNNVANNSSTAND				
		Alnes				L.Skiri
		RØR 1	RØR 2	RØR 3	RØR 4	BRØNN
JAN	etter	315	290	310	116	538
	før	352	332	352	128	630
	diff	-37	-42	-42	-12	-92
FEB	etter	317	292	311	118	542
	før	355	336	357	130	639
	diff	-38	-44	-46	-12	-97
MAR	etter	317	292	311	118	542
	før	352	333	354	128	633
	diff	-35	-41	-43	-10	-91
APR	etter	309	283	302	115	522
	før	332	309	329	122	580
	diff	-23	-22	-27	-7	-58
MAI	etter	269	245	264	106	440
	før	253	231	249	103	409
	diff	16	14	15	3	41
JUN	etter	218	200	218	95	340
	før	193	178	195	89	292
	diff	25	22	23	6	48
JUL	etter	243	222	240	100	389
	før	214	196	213	94	332
	diff	28	26	27	6	57
AUG	etter	286	260	279	110	473
	før	270	246	265	106	443
	diff	16	14	14	4	30
SEP	etter	301	274	293	113	502
	før	293	267	286	111	487
	diff	8	7	7	2	15
OKT	etter	279	255	273	108	460
	før	305	278	297	114	510
	diff	-26	-23	-24	- 6	-50
NOV	etter	304	276	296	114	509
	før	334	311	331	123	584
	diff	-30	-35	-35	-9	-75
DES	etter	309	283	302	115	522
	før	344	323	343	126	610
	diff	-35	-40	-41	-11	-88

MÅNED		GRUNNVANNSSTAND		
		Alme-gjerdet	Sæterbø	
		RØR	RØR	
JAN	etter	266	315	
	før	323	362	
	diff	-57	-47	
FEB	etter	269	317	
	før	328	366	
	diff	-59	-49	
MAR	etter	269	317	
	før	324	363	
	diff	-55	-46	
APR	etter	256	307	
	før	292	336	
	diff	-36	-29	
MAI	etter	206	266	
	før	188	250	
	diff	18	16	
JUN	etter	146	215	
	før	116	191	
	diff	30	24	
JUL	etter	175	240	
	før	140	211	
	diff	35	29	
AUG	etter	227	282	
	før	208	266	
	diff	19	16	
SEP	etter	244	297	
	før	235	289	
	diff	9	8	
OKT	etter	219	276	
	før	250	301	
	diff	-31	-25	
NOV	etter	248	300	
	før	294	338	
	diff	-46	-38	
DES	etter	256	307	
	før	310	352	
	diff	-54	-45	

Tabell 16. Beregnete karakteristiske grunnvannsnivåer i lavvannsperioden 5/2 til 26/2 før utbygging basert på observert vannstand og regresjon med VM 1978 Horgheim. Ekstremverdiene er usikre. Dybde under bakkenivå. Det er regnet med isfrie forhold.

Målested	H_{max} cm	H_{75} cm	H_{middel} cm	H_{25} cm	H_{min} cm
1911 Venge	228	185	173	164	150
1978 Horgheim	135	96	80	65	34
Sletta R1	190	206	210	214	219
Hole R	139	149	152	154	157
Fiva R1	285	315	328	339	364
R2	245	268	278	286	303
Horgheimseid R	500	549	569	588	626
Horgheim R	274	316	334	350	384
Amundlien brønn	478	516	531	545	575
Alnes R1	308	341	355	368	395
R2	281	320	336	351	383
R3	300	340	357	372	404
L. Skiri brønn	518	604	639	672	741
Almegjerdet R	254	306	328	348	390
Sæterbø R	305	348	366	383	418

Tabell 17. Beregnete karakteristiske grunnvannsnivåer i høyvannsperioden 4/6 til 9/7 før utbygging basert på observert vannstand og regresjon med VM 1978 Horgheim. Ekstremverdiene er usikre. Dybde under bakkenivå. Det er regnet med isfrie forhold.

Målested	H_{max} cm	H_{75} cm	H_{middel} cm	H_{25} cm	H_{min} cm
1911 Venge	536	440	397	348	287
1978 Horgheim	319	262	237	208	178
Sletta R1	52	95	115	136	164
Hole R	65	88	98	110	125
Fiva R1	142	186	206	228	293
R2	140	172	187	203	114
Horgheimseid R	270	342	373	409	454
Horgheim R	73	135	163	194	234
Amundlien brønn	303	357	381	409	443
Alnes R1	100	165	193	226	267
R2	95	152	178	207	243
R3	110	169	195	225	262
L. Skiri brønn	111	237	292	356	436
Almegjerdet R	5	82	116	155	204
Sæterbø R	99	163	191	223	263

Tabell 18. Beregnete karakteristiske grunnvannsnivåer i lavvannsperioden 5/2 til 26/2 etter utbygging basert på prognosert vannføring og regresjon med VM 1978 Horgheim. Ekstremverdiene er usikre. Dybde under bakkenivå. Det er regnet med isfrie forhold.

Målested	H_{max} cm	H_{75} cm	H_{middel} cm	H_{25} cm	H_{min} cm
1911 Venge	308	235	215	202	176
1978 Horgheim	185	140	124	112	84
Sletta R1	154	187	194	199	209
Hole R	120	137	142	145	151
Fiva R1	246	281	294	303	325
R2	217	242	252	259	275
Horgheimseid R	438	494	514	529	564
Horgheim R	219	268	286	299	329
Amundlien brønn	431	474	489	500	527
Alnes R1	252	303	317	328	352
R2	230	276	292	304	332
R3	248	295	311	324	352
L. Skiri brønn	407	507	542	568	630
Almegjerdet R	186	247	269	285	323
Sæterbø R	249	299	317	331	362

Tabell 19. Beregnete karakteristiske grunnvannsnivåer i høyvannsperioden 4/6 til 9/7 etter utbygging basert på prognosert vannføring og regresjon med VM 1978 Horgheim. Ekstremverdiene er usikre. Dybde under bakkenivå. Det er regnet med isfrie forhold.

Målested	H_{max} cm	H_{75} cm	H_{middel} cm	H_{25} cm	H_{min} cm
1911 Venge	466	406	363	319	268
1978 Horgheim	277	242	217	191	161
Sletta R1	84	111	130	149	172
Hole R	82	96	107	117	129
Fiva R1	174	202	221	241	265
R2	164	184	198	213	230
Horgheimseid R	323	366	398	403	368
Horgheim R	119	157	184	213	246
Amundlien brønn	343	376	400	425	454
Alnes R1	148	189	216	245	279
R2	137	173	198	224	254
R3	154	190	215	242	273
L. Skiri brønn	204	281	336	394	460
Almegjerdet R	62	109	143	178	219
Sæterbø R	146	185	213	242	276

Tabell 20. Målepunkter som ikke vil bli nevneverdig påvirket av den planlagte utbygging.

Østigard,	R	V.Skiri,	R
Sletta,	R3	Bersås,	brønn
	R4	Flatmark,	brønn
Hole,	R2		R1
	R3		R2
Fiva,	R3	Stavem,	brønn
Alnes,	R5		
Monge,	brønn		
	R		

REFERANSER

Krogh, Rolf Medalen, 1980:
Grunnvannsundersøkelser i Romsdal og Lesja. Oppdragsrapport 1 - 80, NVE Vassdragsdirektoratet Hydrologisk avdeling, Oslo.

Rauma kommune, 1986:
Samla plan for vassdrag - 432 Rauma. Vassdragsrapport, Molde.

Tvede, Arve M. og Wold, Knut, 1986:
Raumautbyggingen - Mulige endringer i vanntemperatur og isforhold ved en utbygging. Oppdragsrapport 5 - 87, NVE Vassdragsdirektoratet Hydrologisk avdeling, Oslo.