

NORGES VASSDRAGS-OG ELEKTRISITETSVESEN



Egil Skofteland

GRUNNVANNSUNDERSÖKELSENE I SUNNDALEN

RAPPORT NR. 3/68

VASSDRAGSDIREKTORATET

HYDROLOGISK AVDELING

OSLO MARS 1968

FORORD

I forbindelse med den påtenkte utbyggingen av Driva har Hydrologisk avdeling ved Grunnvannskontoret påtatt seg å utføre noen undersøkelser vedrørende grunnvannsforholdene i nedre del av Sunndalen. Se oversiktskart fig. 1. Undersøkelsene bekostes delvis av Sør-Trøndelag E.verk.

Undersøkelser av denne art er det meget viktig å få påbegynt før vassdraget er regulert. Bare hvis man har et observasjonsmateriale fra en periode både før og etter reguleringen vil man ha et brukbart grunnlag til å vurdere reguleringens innflytelse på grunnvannsforholdene. Undersøkelsene i Sunndalen ble derfor satt i gang i mai/juni 1967.

De fleste tegninger og diagrammer er samvittighetsfullt utført av konstruktør Bjørn Renshusløyken.

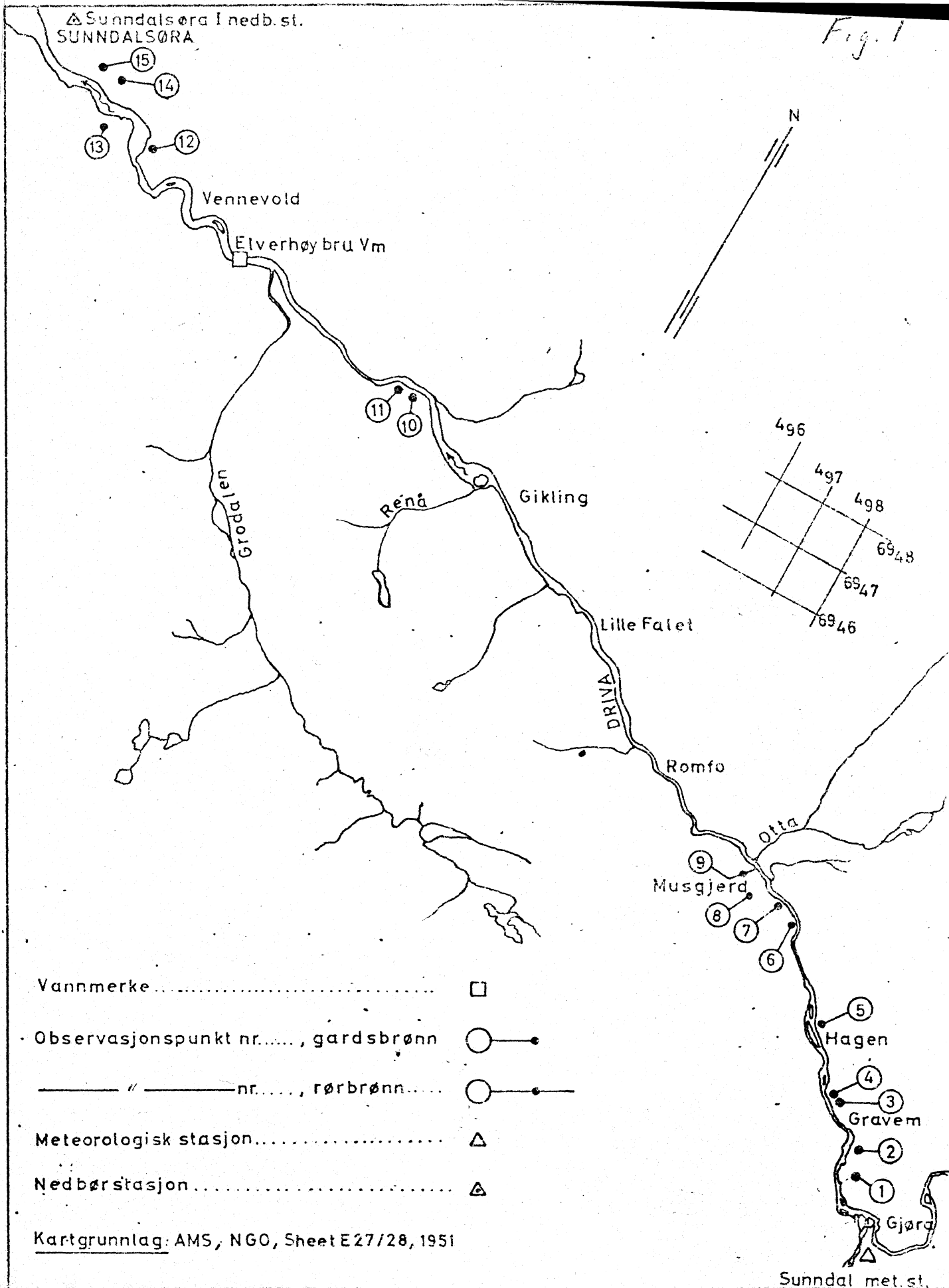
Oslo 11. 3. 68

Egil Skofteland
Egil Skofteland

Innhold

	Side
1. NEDBØR	1
2. AVLØP	4
3. GENERELT OM JORDBUNNSFORHOLDENE	8
4. UNDERSØKELSENE PÅ MUSGJERDET	9
4.1 Geologi	9
4.2 Permeabilitet	12
4.3 Kapillær vanntransport	18
4.4 Tilførsel til grunnvannet gjennom infiltrasjon	20
4.5 Observasjoner av grunnvannstanden på Musgjerdet juni-desember 1967	21
5. OBSERVASJONER I GARDSBRØNNER	25
5.1 Karakteristikk av gardsbrønnene og en foreløpig vurdering av grunnvannsforholdene	25
5.2 Noen observasjoner av vanntemperatur	30
6. FORELØPIG KONKLUSJON	31
LITTERATUR	33

Fig. 1



OVERSIKTSKART Grunnvannsundersøkelser i Sunndalen	Målestokk 1:100 000	Tegn. 21/2-60	Erstatn. for:
		Trac. -	H
		Kfr.	
			Erst. av:
NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVÆSEN HYDROLOGISK AVDELING-VHG-			

1. NEDBØR

I tabell 1 er det sammenstilt endel nedbørdata for stasjonene Sunndal og Sunndalsøra I. (Se oversiktskart fig. 1) Tallmaterialet refererer seg vesentlig til 30-årsperioden 1901-30 og er hentet fra publikasjonen "Nedbøren i Norge, 1895-1943" Oslo 1949. Bare for Sunndal var det mulig å få nedbørnormaler også for perioden 1931-60 og disse er til sammenligning tatt med i tabellen. I en rubrikk er det satt opp en oversikt over den midlere avvikelse fra normalene for måneder og år i mm nedbørhøyde. Denne verdi er beregnet etter formelen

$$d = \frac{\sum |v|}{\sqrt{n(n-1)}} \quad \frac{\sum |v|}{n - 1/2}$$

hvor $|v|$ er tallverdien av avvikelsen fra normalen i mm og n er antall observasjonsår.

Sunndal st. antas etter sin beliggenhet å gi representative verdier for nedre del av Sunndalen. Sammenligning med Sunndalsøra I viser, som man kunne vente, at nedbøren normalt øker noe utover mot fjorden.

Tabell 1 viser at nedbøren i vekstmånedene er relativt liten. Vi må anta at kortere og lengere tørkeperioder inntreffer ganske ofte. Dette avhenger selvsagt også av jordartstype og grunnvannsnivå. Kunstig vanning benyttes flere steder. I mai vil fuktigheten fra snøsmeltningen være av betydning, likeledes den normalt store vannføring i bekker og i hovedelva. Dette siste kommer vi tilbake til i neste avsnitt.

Det er meget vanskelig å sette opp noen nedre grense for månedsnedbøren for at man kan karakterisere måneden som en tørkemåned. Nedbørens fordeling innen måneden og andre meteorologiske forhold spiller også inn.

For likevel å gi et lite holdepunkt til en slik vurdering er det i tabell 2 satt opp en oversikt som viser hvor ofte vi for vekstmånedene har hatt under halvparten av normalnedbøren i en bestemt periode. For å få et størst mulig statistisk materiale er de to normalperiodene 1901-30 og 1931-60 slått sammen slik at det er 60 årsperioden 1901-60 som betraktes. Månedsnedbør betegnes med N_m og midlere månedsnedbør i perioden betegnes med $\bar{N}_m$. Det er brukt verdier for Sunndal st.

Tabell I

Nedbør i Sunndalen

Måned	Sunndal st. 6350 (195 m o. h.)						Sunndalsøra I st. 585 (4 m o. h.)
	Normal nedbør 1931-60	Normal nedbør 1901-30	Midlere avvik 1901-30	Minimum nedbør 1901-30	Midlere snødybde 1901-30	Midlere ant. dager med snø 1901-30	Normal 1901-30
	mm	mm	mm	mm	cm	dager	
Jan.	65	93	63,7	2	42	30	90
Febr.	78	71	59,9	0	60	28	71
Mars	68	52	40,8	0	59	30	57
April	54	33	21,8	0	34	23	51
Mai	27	24	13,7	3	2	3	47
Juni	46	42	18,1	6	-	0	66
Juli	65	52	18,6	20	-	-	69
Aug.	59	65	27,8	9	-	-	102
Sept.	59	58	25,5	11	-	0	112
Okt.	71	62	40,9	5	2	5	92
Nov.	65	82	56,4	8	10	12	86
Des.	76	60	46,0	0	28	29	69
Ar	733	700	126,9	450	20	160	912

Tabell 2

Måned	$\frac{\bar{N}_m}{2}$ i mm for 1901-60	Ant. år (1901-60) med $N_m < \frac{\bar{N}_m}{2}$	Prosent av år (1901-60) med $N_m < \frac{\bar{N}_m}{2}$
Mai	13	17	28
Juni	22	8	13
Juli	29	7	12
Aug.	31	10	17

Tabell 2 tyder på at man relativt ofte har så lite nedbør i vekstmånedene at jordbruket flere steder blir skadelidende dersom det ikke brukes kunstig vanning. Vi kommer tilbake til denne tabellen i neste avsnitt.

Det kan også ha interesse å se på minste sum nedbørhøyde i to påfølgende sommermåneder. Minimumstall for dette i perioden 1901-60 er satt opp i tabell 3.

Tabell 3.

	Mai-juni (i 1902)	juni-juli (i 1901)	juli-aug. (i 1955)	aug.-sept. (i 1950)
Minste sum nedbørhøyde i mm	9	31	34	34

2. AVLØP

Drivas totale nedbørfelt er ca. 2500 km² med et midlere årlig avløp på ca. 2130 mill. m³ i normalperioden 1910-50. En vesentlig del av nedbørfeltet er fjellområder høyere enn 1000 m o.h. Bare vel 5% av nedbørfeltet ligger i selve dalføret under 500 m.

Driva er sterkt materialførende under flom og betydelige mengder materiale avsettes i den nedre del av vassdraget hvor man flere steder finner store grunner og øyer. Ved flom er det her ofte betydelige oversvømmelser. Driva stiger omtrent 200 m på strekningen fra Sunndalsøra til utløpet av Grøvu i Driva, dvs. ca. 5 m pr. km i middel.

De stupbratte dalsidene med mange korte innskårne daler nesten fri for løsmasser og regulerende innsjøer bevirker at nedbøren raskt samler seg i en mengde små bekker som fører vannet ut i Driva. Der hvor disse bekkene løper gjennom jordbruksarealer er de flere steder i like stor grad som hovedelva bestemmende for grunnvannstanden. I tørkeperioder og om vinteren vil imidlertid de fleste av disse bekkene gå helt eller nesten tørre.

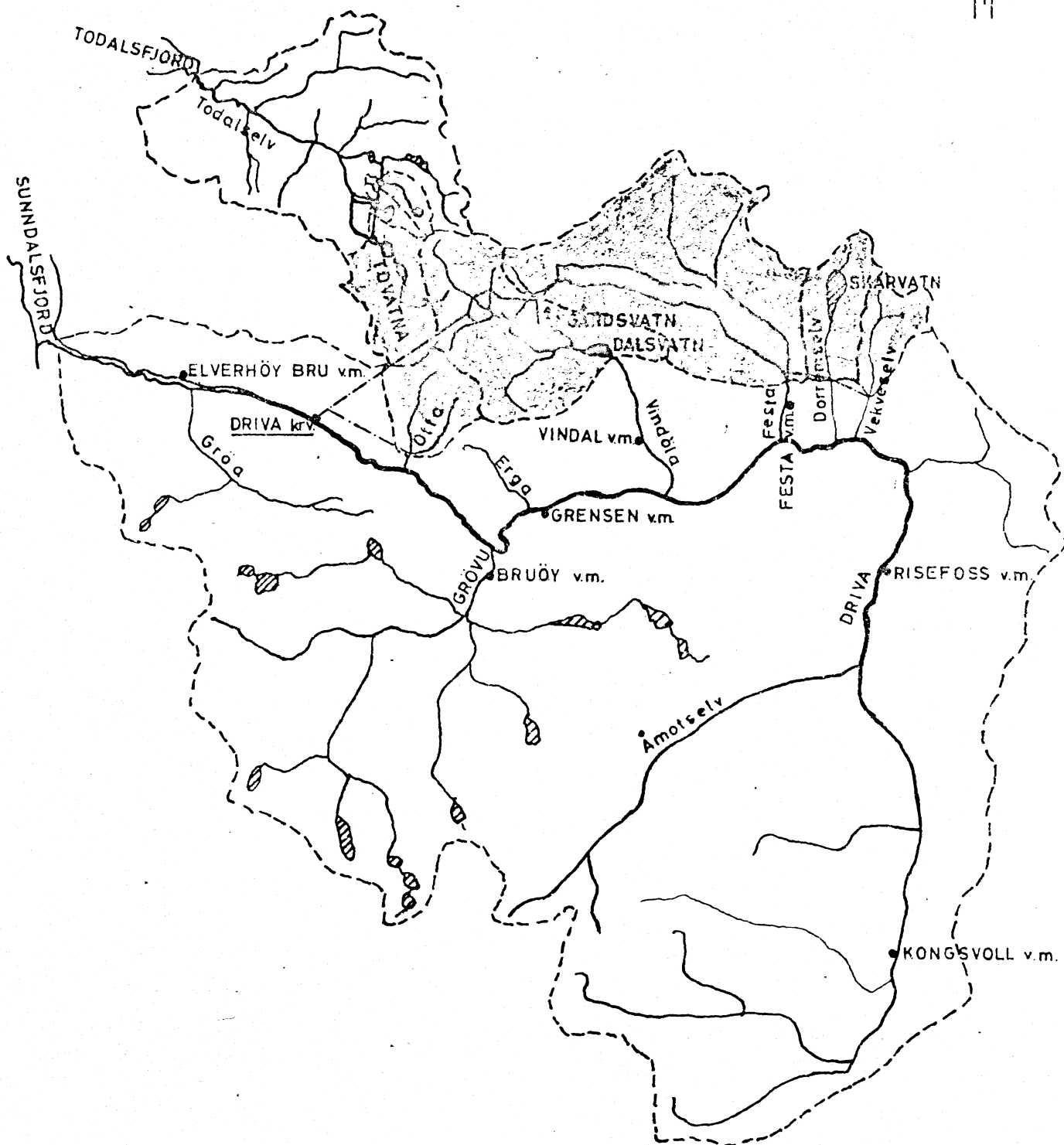
Fig. 2 viser nedbørfeltet for Driva og Todalselv med de planlagte regulerter felter avmerket.

Fig. 3 viser en oversikt over avløpsforholdene i Sunndalen for perioden 1940-60. Det er her brukt pentademidler for avløpet beregnet for Elverhøy bro vannmerke nr. 646. (Se oversiktskart fig. 1). Det er å bemerke at Festa kraftverk har vært i drift fra 1950 og til en viss grad har øket vintervannføringen og dempet flommene. Fig. 3 er hentet fra rapporten "Avløps- og isforholdene i Driva-vassdraget". Oslo 1964/66 som er utarbeidet av Iskontoret ved NVE, Hydrologisk avd. Midlere vannføring for normalperioden 1910-50 var 66,4 m³/s og den midlere minste vannføring i samme periode var 6,1 m³/s.

Observasjonene ved Elverhøy bro viser at vårflommen normalt inntreffer i tiden fra midten av mai til midten av juli.

Det kan her ha interesse å se på hvordan vannføringen i Driva har vært i vekstmånader med meget liten nedbør. Elverhøy bro vm. er observert siden september 1907. Det er derfor undersøkt hvordan månedsavløpet i Driva har vært i de samme månader som er brukt i tabell 2 (med nedbør $< 1/2 \cdot \bar{N}_m$) og som faller i perioden 1908-60. Dette er vist i tabell 4. Det er benyttet samme verdi for $\bar{N}_m$ i begge tabeller.

Fig. 2



0 5 10 15 20 KM

SØR-TRONDELAG ELEKTRISITETSVIRK	Tegn 13/2	
	72	
DRIVA-og TODALS- vassdraget Oversikt	B13-025-4	

OVERSIKT over AVLÖP etter pentademidier 1940 - 60 *Fig. 5*

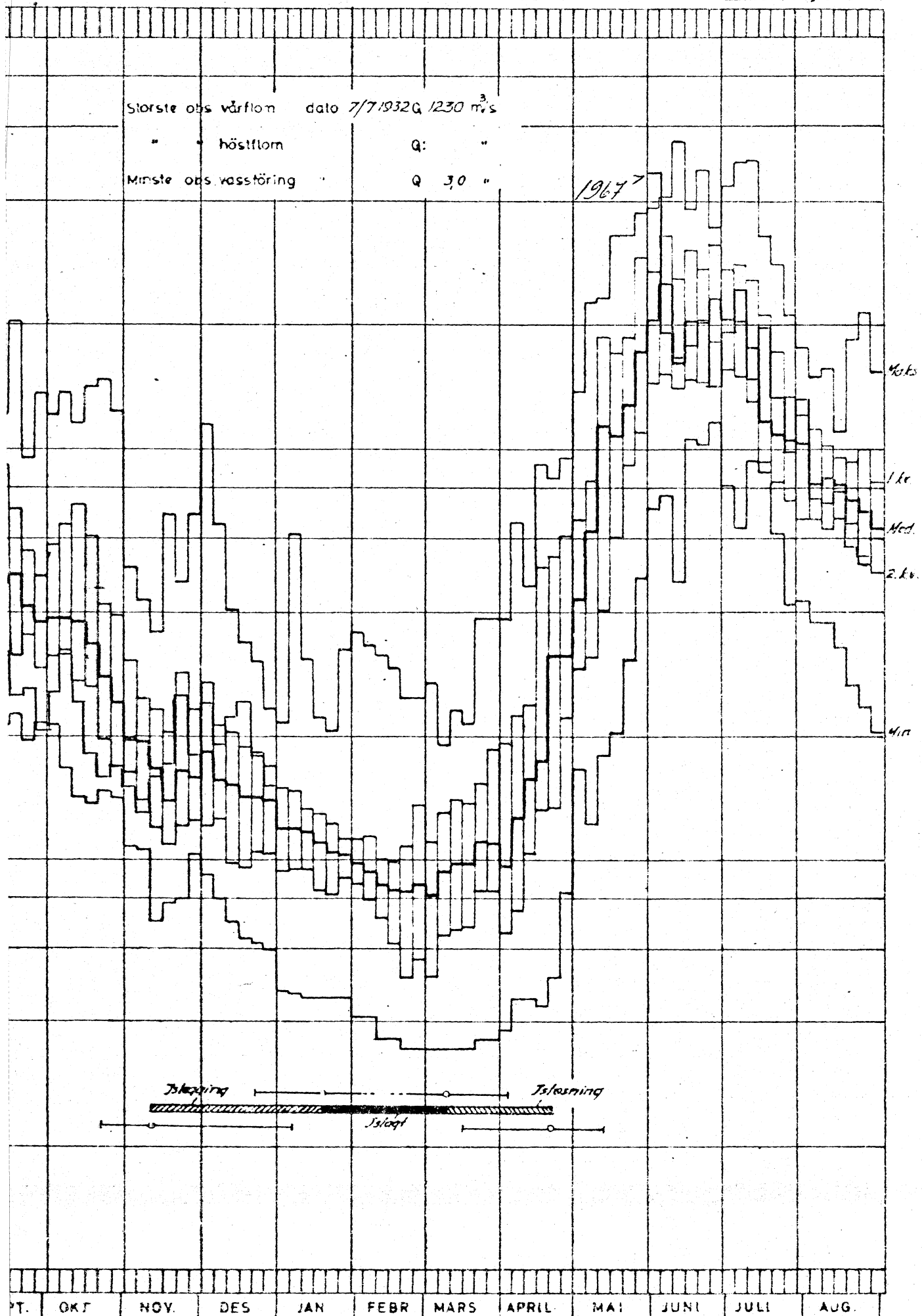
ssdrag DRIVA Nedbørfelt 2437 km² Vannmerk Elverhøy bru

Største obs vårflom dato 7/7 1932 G 1230 m³/s

" " höstflom Q: "

Minste obs vassføring " Q 30 "

1967



De respektive månedsavløp er i tabell 4 beregnet som prosent av det midlere avløp for måneden i perioden 1921-50.

Tabell 4

Måned	Ant. år $N_m < 1/2 \bar{N}_m$ (1908 - 60)	Månedenes avløp i prosent av midlere månedsavløp. Median verdi understreket
Mai	14	31, 44, 62, 65, 82, 92, 95, <u>98</u> , 102, 104, 110, 131, 138, 173
Juni	6	66, 78, <u>105</u> , 106, 110, 115
Juli	5	77, 90, <u>107</u> , 135, 197
Aug.	9	36, 38, 53, 53, <u>69</u> , 77, 78, 80, 146

Verdiene i tabell 4 tyder på at man selv ved ekstremt lite nedbør i mai, juni eller juli vanligvis ikke har mindre vannføring enn normalt i nedre Driva. Dette skyldes at vannføringen i denne tiden normalt er stor på grunn av snøsmeltningen i fjellet.

I august derimot viser tabellen at lite nedbør i denne måneden vanligvis faller sammen med liten vannføring i Driva. Dette gjelder antagelig også siste halvdel av juli, men dette kommer ikke fram i tabellen.

Den foreslåtte utbygging vil føre til at vannføringen i nedre Driva forandres. Fig. 2 viser hvorledes fjellområdene rundt Gjeviltvatn (418,5 km²) samt øvre del av Todalen (45,5 km²) skal overføres direkte til Lille-Fale i Sunndalen. I et senere byggetrinn er det foreslått en utbygging av Grøvu som er en sideelv til Driva fra syd. (Fig. 2).

Etter planen blir en vannmengde på 24 m³/s ført ut i Driva ved Lille-Falet. Nedenfor Lille-Falet vil derfor vintervannføringen normalt bli større etter reguleringen. Vintervannføringen ovenfor Lille-Falet vil bli noe redusert. Disse forandringene vil nok også innvirke på grunnvannstanden vinterstid i områdene nær elva.

I sommermånedene vil vannføringen i Driva bli noe redusert. Hvor mye dette vil utgjøre på de forskjellige steder har vi dessverre ikke oppgaver over, men anslagsvis vil reduksjonen i vekstmånedene bli 20-30 prosent. Dette vil variere meget og er avhengig av flere faktorer som f. eks. magasin-fyllingen og vannføringens størrelse. En viss minstevannføring skal antagelig holdes av hensyn til laksefisket.

I hvor stor grad dette vil innvirke på avløpet i måneder med lite nedbør slik som det er satt opp i tabell 4 er det meget vanskelig å uttale seg om, men man kan regne med at normalt vil det bli en reduksjon. Dette vil igjen ha betydning for grunnvannstanden i områder nær elva.

Hvorvidt dette er gunstig eller ugunstig for jordbruket må vurderes spesielt for hvert enkelt sted. Vannforsyningen fra brønner vil nok også bli berørt flere steder. Formålet med Grunnvannskontorets undersøkelser er nettopp å forsøke å finne ut i hvor stor utstrekning vannstanden i Driva influerer på grunnvannstanden i arealene nær elva.

3. GENERELT OM JORDBUNNSFORHOLDENE

Løsmassene i nedre Sunndalen er begrenset til dalbunnen. De er preget av at det er elven som har dominert avsetningsmiljøet. Materialet antas overveiende å være avsatt i vann i senglasial og postglasial tid. Som nevnt i forrige avsnitt foregår det også i dag en betydelig transport av materiale i Driva som blir avsatt i de flate partier nederst i dalen.

Mye av løsmaterialet er avleiret som elvesletter i liten høyde over det nåværende elveleiet. Mest iøynefallende er likevel terrassene som ligger i forskjellig høyde. Disse elveterlassene dominerer de fleste steder det morfologiske bilde i dalbunnen. Materialet i de øvre terrassene syntas de fleste steder å være sand og grus med flere sjikt av grov elveør.

Ved Gikling (ca. 14 km fra fjordbunnen) er det en stor israndavsetning. Den har en jevn overflate på ca. 140 m o. h. G. Holmsen oppgir øvre marine grense i dette strøk til ca. 155 m. Materialet er mest lagdelt grus og sand med store blokker øverst, men vi observerte også store lommer med ren leire.

Det er de fleste steder ikke særlig store leiransamlinger i de øverste lag av løsmassene. Mest leire finner vi nedenfor Giklingmorenen, men også ovenfor Gikling forekommer det leire i grunnen. O. Høltedahl mener at fjorden en gang har gått så langt som til Gjøra. Men vi må anta at i det urolige glasio-fluviale miljø vi her har hatt i den vesentlige del av avsetningsperioden har det vært små muligheter for større leiravsetninger i rolig vann.

Bortsett fra et område ved Musgjerdet har vi ikke foretatt noen detaljert undersøkelse av konsistensen i løsmassene i forskjellig dybde. Dette mener vi bør gjøres også i andre viktige jordbruksarealer mellom Gjøra og Sunndalsøra. Som det vil fremgå av de neste avsnitt i denne rapporten

er dette nødvendig for å kunne danne seg et pålitelig bilde av grunnvannsforholdene. Noen opplysninger om dette ble innhentet av de grunneiere som har sagt seg villige til å avlese vannstanden i gardsbrønnen en gang i uken en tid framover. Se avsnitt 5. De fleste steder mener eierne at grunnen består av sand og grus med sjikt av elvevør i forskjellig dybde.

Av særlig viktighet vil det være å få kartlagt leirforekomstene. Leire er som kjent tilnærmet ugjennomtrengelig for vann og vil av denne grunn være meget avgjørende for grunnvannsforholdene og likeledes elvens innflytelse på disse. Grunnvannstanden i de høyereliggende løsnasseterrasser er antagelig ikke påvirket av vannstanden i hovedelva.

4. UNDERSØKELSER PÅ MUSGJERDET

Et jordbruksareal på garden Musgjerdet ca. 23 km innenfor Sunndalsøra ble valgt ut til særlige undersøkelser. Se fig. 4. Man håper at dette området vil være representativt for flere andre steder i dalen hvor grunnvannstanden kan ventes å bli påvirket av reguleringen.

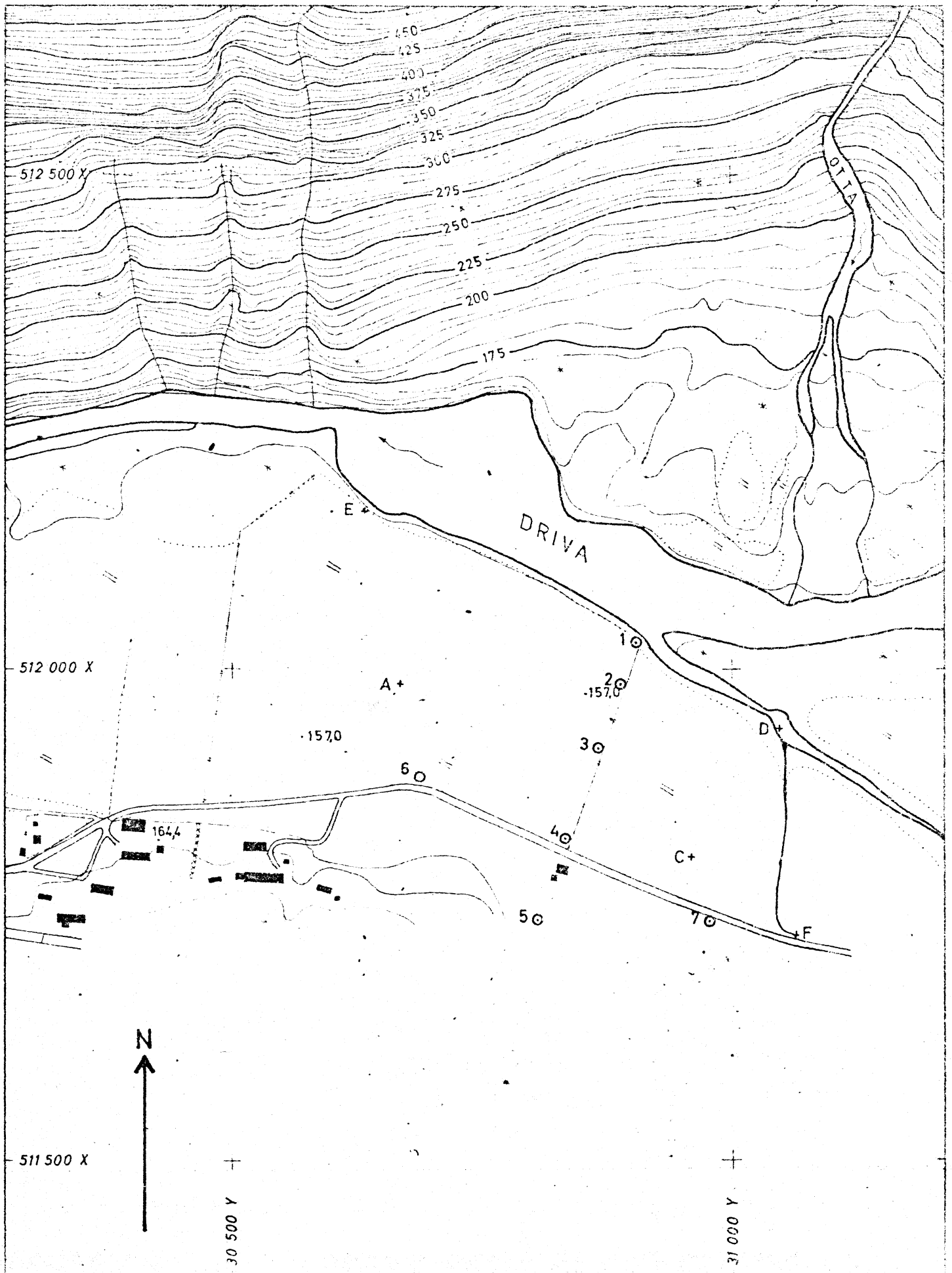
I det minste bør man her kunne samle erfaringer til nytte når man skal vurdere forholdene på liknende steder. Som nevnt i forrige avsnitt bør det i denne forbindelse foretaes en nøyere undersøkelse også i andre jordbruksarealer, særlig med henblikk på jordbunnsforholdene.

Ved Musgjerdet ble det satt ned 7 rørbrønner til i løpende observasjoner av grunnvannstanden. Brønnene er avmerket på fig. 4. Brønn 1-5 er plassert i et snitt tvers på Drivas løp. Brønn 6 og 7 står sammen med brønn 4 i et snitt tvers på det førstnevnte.

Bilde 1 og 2 side 11 viser forholdene ved Musgjerdet under vårflommen 1967 da brønnene ble satt ned. Området var da delvis oversvømmet i en kortere periode.

4.1 Geologi

Det ble lagt stor vekt på å få klarhet i de geologiske forhold. Det ble tatt flere jordprøver i forskjellig dybde. Prøvene ble analysert med hensyn til kornfordeling og parametrene midlere kornstørrelse (Md) og sortering (So) ble bestemt grafisk. Eksempler på kornfordelingskurvene er opptegnet på halvlogaritmisk papir på fig. 5.



KART OVER MUSGJERDET

NORØYS VASSLØRASTI OG VASSRETNINGSKART
HYDROLOGISK AVDELING

Målestokk
1:5000

Ekv. 5m

Tegn 19.6.67

Trac.

Kfr

Erstatn. for.

H

Erst. av:

Midlere kornstørrelse (M_d) er kornstørrelsen som tilsvarende kornfordelingskurvens 50% passasje angitt i mm. Hvilken jordartsbetegnelse som brukes ved forskjellige verdier av M_d fremgår av fig. 5.

Sorteringen (S_o) er uttrykket ved $\log P_{75}/P_{25}$ hvor P_{75} og P_{25} henholdsvis er kornstørrelser som tilsvarende kornfordelingskurvens 75% og 25% passasje. Denne størrelsen kan betraktes som et mål på hvor enskornig jordarten er.

De fleste jordprøvene ble tatt der hvor brønnene ble nedgravet. Prøvene har samme nummer på fig. 5, fig. 6 og i tabell 5. (Prøve 20 og 21 i tabell 5 ble tatt ved pkt. A som er avmerket på fig. 4).

Vi ser at prøvene i de øverste lag består av grov mo. Vi finner for disse prøvene (nr. 3, 4, 10, 15, 16 og 17) en midlere kornstørrelse på mellom 0.1 og 0.2 mm. Prøvene viser relativt god sortering.

Materialet var tydelig fluvialt avsatt. Det lå derfor ikke som en homogen masse, men som flere sjikt. Prøvene viser imidlertid at materialet i de forskjellige sjikt ikke var meget forskjellig med hensyn til kornstørrelse og sortering.

Materiale av den forannevnte type lå i en mektighet på mellom 1,4 og 4 meter. Nedad var det begrenset av et markert lag med grov elveør.

Se fig. 6. Dette laget fant vi igjen i forskjellig dyp over hele det undersøkte område. Prøve 18 og 21 viser eksempler på materialet i overgangen mellom ørlaget og det overliggende materiale som hovedsaklig lå i grov mo fraksjonen.

Prøve 6 viser et eksempel på materialet i selve ørlaget. Midlere kornstørrelse er ca. 7 mm og prøven viser relativt dårlig sortering. Ørlaget besto flere steder av opptil knyttnevestore, avrundede sterner, og den midlere kornstørrelse var her sikkert større enn for prøve 6.

4.2 Permeabilitet

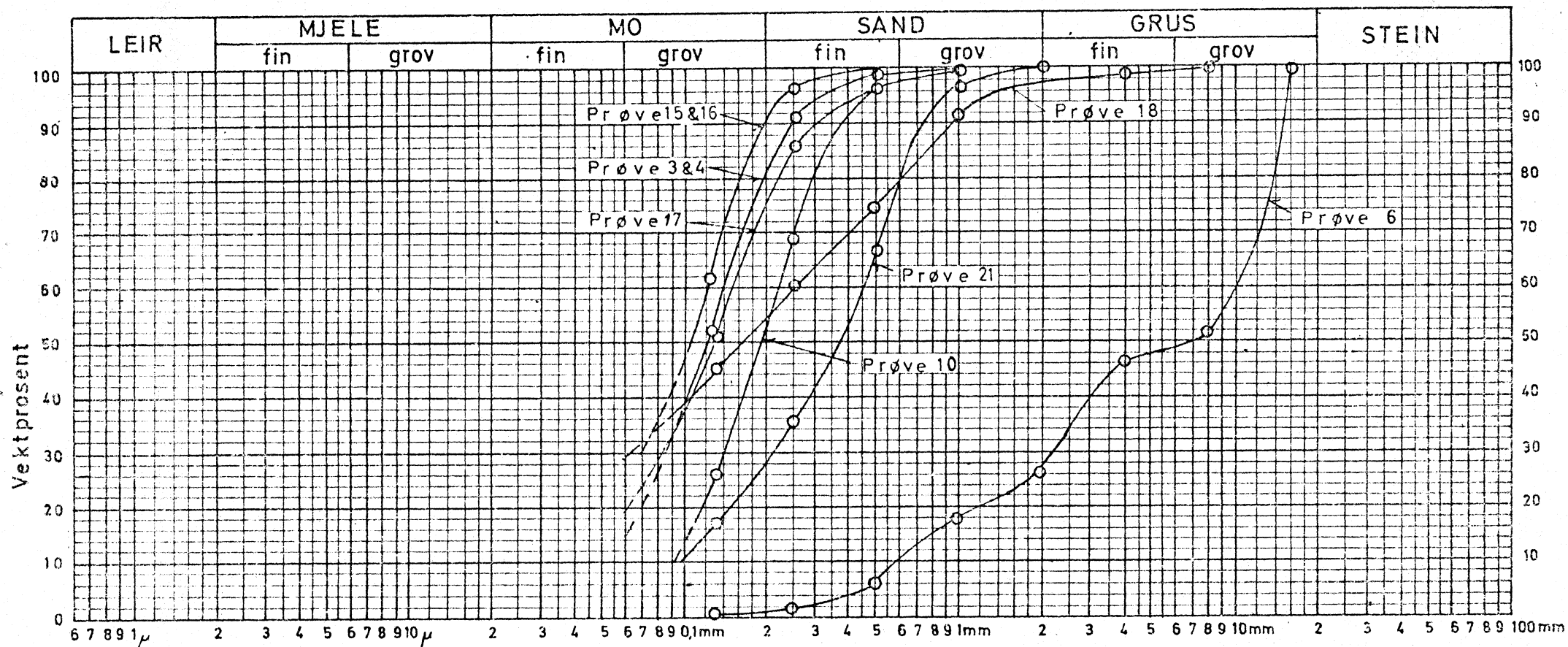
Ved hjelp av enkelt feltutstyr (se fig. 7) ble det foretatt endel permeabilitetsmålinger i forskjellig dyp. Med permeabilitet forstås den hydrauliske ledningseven, eller "gjennomtrengeligheten".

Tabell 5. Kornfordelingsanalyser og permeabilitetsmålinger på
Musgjerdet. 2-3/6 1967

Prøve nr.	Dyp m	Perm. koeff.		Md mm	So	Jordart	Sted		Merknad
		10^{-3} cm/s	Darcy						
1.	Overfl.	1.5	1.6			Torv	Brønn 3		
2.	Overfl.	1.2	1.2			Matjord	"	4	Nysådd
3.	0.65	4.2	4.3	0.12	0.35	Grov mo	"	4	
4.	0.65	5.2	5.4	0.12	0.35	Grov mo	"	4	
5.	1.40	110	114			Grus	"	4	
6.	1.50	290	300	7.00	0.88	Grus	"	4	
7.	Overfl.	3.7	3.8			Torv	"	5	
8.	Overfl.	1.7	1.8			Torv	"	5	
9.	Overfl.	3.1	3.2			Torv	"	5	
10.	0.20			0.19	0.32	Grov mo	"	5	
11.	0.65	3.9	4.0			Grov mo	"	5	
12.	0.65	4.6	4.8			Grov mo	"	5	
13.	1.10	3.6	3.7			Grov mo	"	5	
14.	1.10	1.6	1.7			Grov mo	"	5	
15.	1.65	2.3	2.4	0.11	0.27	Grov mo	"	5	
16.	1.65	2.4	2.5	0.11	0.27	Grov mo	"	5	
17.	3.25			0.13	0.43	Grov mo	"	6	
18.	4.10			0.16	1.00	Grov mo	"	6	
19.	Overfl.	0.42	0.43			Matjord	"	7	Nyharvet
20.	Overfl.	0.37	0.38			Torv	Pkt. A		
21.	2.35			3.50	0.48	Fin sand	Pkt. A		

Skjema til kornfordelingskurver

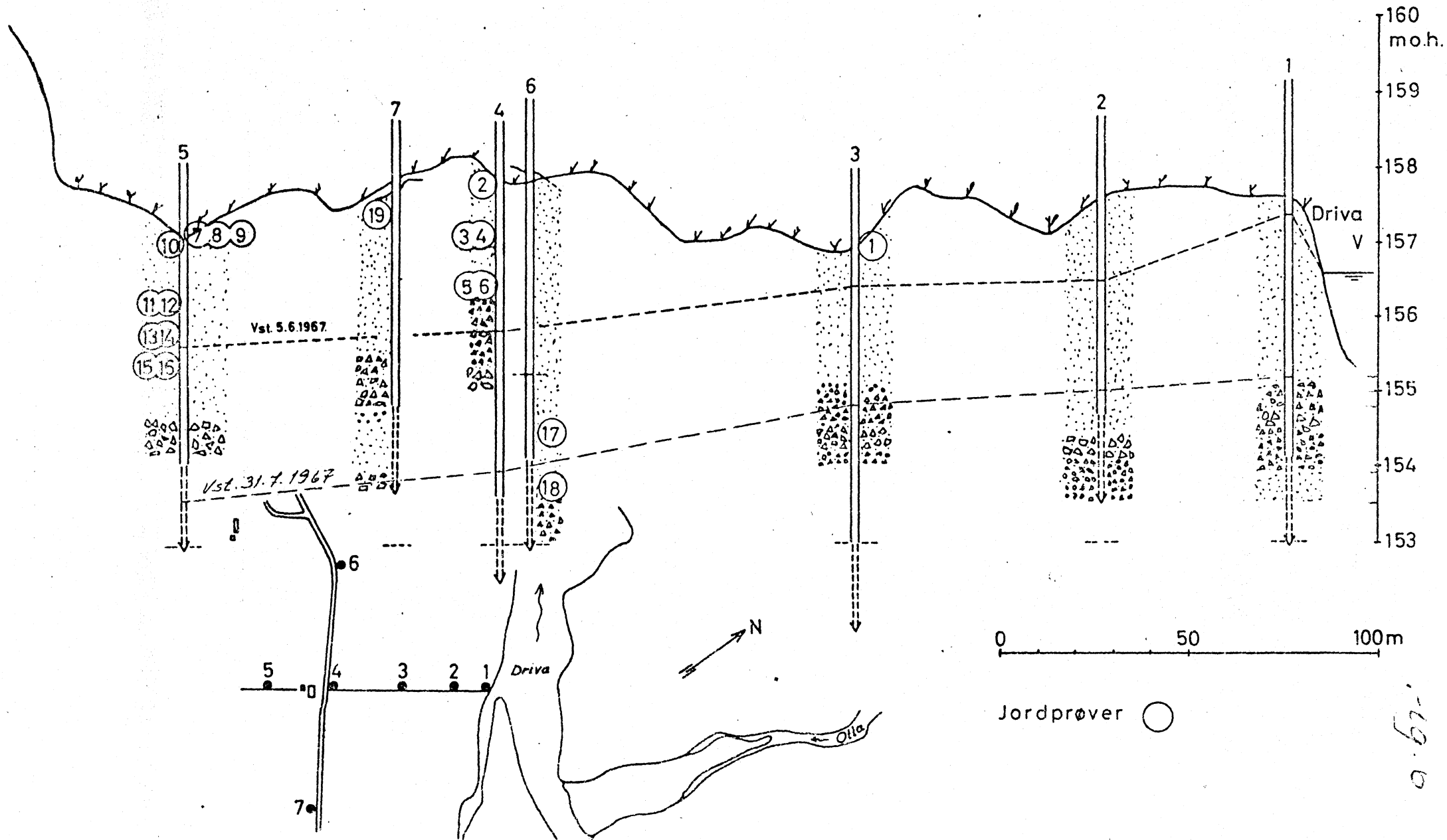
Musgjerdet



Jr. nr.	Pr. nr.	Sted	Dyp	Md.	So.	Sk.	Merknader

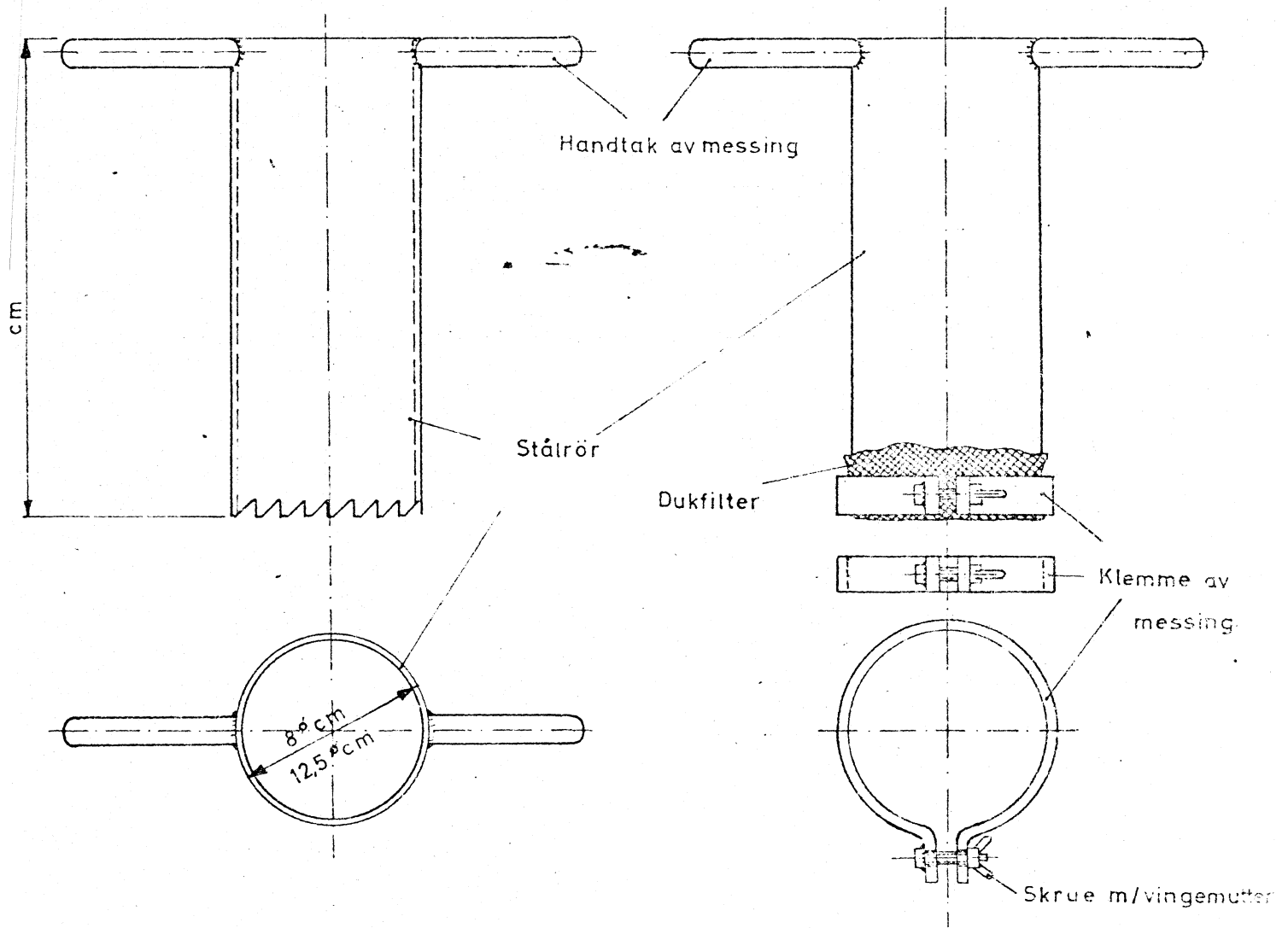
GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I SUNNDAL

Musgjerdet

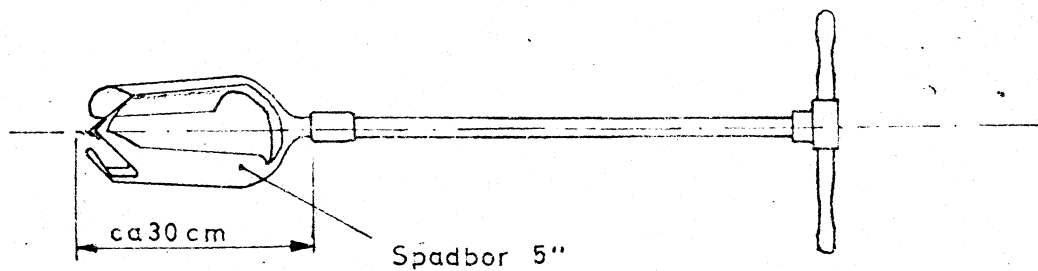


a. b. 71

Enkelt feltt styr til måling av PERMEABILITET.



JORDBOR – som benyttes ved opphenting av jordprøver.



Et rør av rustfritt stål ble skåret vertikalt ned i materialet med forsiktige roterende bevegelser. Røret ble derved delvis fylt med en materialkjerne. Et filter ble festet rundt den nedre enden av røret. Deretter ble det fylt vann øverst i røret som var festet i loddrett stilling på et stativ. Det ble så målt hvor meget vann som filtrerte gjennom prøven i løpet av en viss tid.

Betegner vi det målte vannvolum for V , tiden for t og rørets tverrsnitt for A finner vi

$$\text{Permeabilitetskoeffisient: } k = \frac{V}{A \cdot t} \quad \left[\frac{L}{T} \right]$$

De beregnede verdier for k i cm/s står oppført i tabell 5.

Permeabilitetskoeffisienten k er foruten å være avhengig av det gjennomstrømte materiale også avhengig av den strømmende væskens egenskaper, i dette tilfelle vannets. En kan omgå dette ved fra k å skille ut en spesifikk permeabilitetskoeffisient som da får dimensjonen $[L^2]$ og angis i enheten darcy. Dersom en antar egnede, konstante verdier for væskens fysikalske egenskaper, kan en omregning foretaes fra perm. - koeffisient til spesifikk perm. koeffisient eller omvendt. I tabell 5 er verdiene for begge koeffisienter oppført. Ved omregningen er vannets temperatur antatt å være 20°C

Permeabilitetsmålinger utført med et så enkelt feltutstyr er meget usikre og gir bare anslagsvise verdier. Permeabiliteten bestemmes av flere faktorer som

- a) Vannets temperatur og elektrolyttinnhold.
- b) Kornstørrelse og fordeling
- c) Kornenes form, orientering og overflate.
- d) Pakningsgrad, lagringsmåte
- e) Luftinnhold.

Ved den direkte målemetode som her ble brukt ligger nok den største feilkilde i at pakningsgraden ble endel forandret ved opptagningen.

De oppførte verdier av perm. koeffisienten er beregnet for vertikalt orienterte prøver. Verdier ved horisontal orientering ville antagelig ligge noe lavere. (Se f. eks. Davis og De Wiest, 1966, side 375)

Vanlige verdier for permeabiliteten i elvededimenter ligger mellom 10 og 100 darcy, men det er ikke uvanlig med verdier større enn 500 darcy. De

beregnete verdier for k i tabell 5 viser verdier på mellom 1,7 og 5,4 darcy for materialet i grov mo fraksjonen. For et så finkornet materiale er verdiene meget sannsynlige.

I laget med grov mo vil grunnvannet bevege seg meget sakte i horisontal retning. Antar vi en permeabilitet på $4 \cdot 10^{-3}$ cm/s finner vi ved å benytte Darcy's lov følgende lave verdier for grunnvannets bevegelse pr. døgn ved forskjellige gradienter:

Hydraulisk gradient	:	1 : 50	1 : 100	1 : 200	1 : 300
Gr.v. bevegelse i cm pr. døgn:		8,6	3,5	1,7	1,1

For prøve 5 og 6 i tabell 5 finner vi en permeabilitet på 114 og 300 darcy, altså en helt annen størrelsesorden. Disse prøvene er tatt fra øvre del av ørlaget. Dypere ned så det ut til at ørlaget besto av enda grovere materiale og dermed enda større permeabilitet. Det er altså rimelig å anta at det i dette laget vil kunne foregå en meget betydelig og relativt rask grunnvannstrøm.

Det bør her bemerkes at vi ikke fikk pålitelige mål på mektigheten av ørlaget, men anslagsvise mål er gitt på fig. 6. Det er også godt mulig at det ligger flere ørlag dypere ned.

4.3 Kapillær vanntransport

Det vil alltid foregå en kapillær vanntransport i jorda over grunnvannspeilet. Den kapillære stige-høyde øker med avtagende partikkelstørrelse mens derimot stige-hastigheten er størst i grovkornet materiale

I Beskows formel (Beskow 1935)

$$K = C_k \frac{1}{d}$$

er k stige-høyden i m og d er partikkelstørrelsen i mm. Verdien på eksponenten C_k er bestemt til 0.060 i enskornet materiale. I naturlige sedimenter får C_k en annen verdi avhengig av sorteringsgraden. For relativt velsorterte sedimenter ligger verdien for C_k mellom 0.060 og 0.085. Den kapillære stige-høyde er sterkt avhengig av sedimentets pakningsgrad. Stige-høyden kan ved tettest mulig pakning være dobbelt så stor som ved løs pakning.

Tabell 6

Jordart	Konstørrelse	Stigehøyde i enskornt materiale	Stigehøyde i naturlige sedimenter	
			Løs pakning	Tett pakning
	mm	cm	cm	cm
Fin grus	6-2	1-3		
Grov sand	2-0.6	3-10	3-12	4-15
Fin "	0.6-0.2	10-30	10-35	12-50
Grov mo	0.2-0.06	30-100	30-200	40-350
Fin "	0.06-0.02	100-300	150-500	250-800

I tabell 6 (etter Beskow 1935) er vist en oversikt over den kapillære stigehøyde i materiale med forskjellige kornstørrelser. Det er skilt mellom stigehøyde i enskornt materiale og stigehøyde i naturlige sedimenter. For naturlige sedimenter er det skilt mellom meget løs og meget tett pakningsgrad. Vi ser at stigehøyden er betydelig større ved tett pakning, særlig for finere sedimenter.

For det undersøkte området på Musgjerdet er materialet i de øverste 1,5 - 4 m funnet å ligge i grov mo fraksjonen. Tabell 6 viser at vi her kan ha en betydelig kapillær stigehøyde. Dette forutsetter at grunnvannspeilet ligger høyere enn det grove underliggende ørlag. Hvor ofte dette er tilfelle vil de løpende observasjoner i brønnene vise.

For plantenes vannforsyning er det ikke i første rekke den maksimale stigehøyde det kommer an på. Det avgjørende er hvor mye vann som blir ledet opp til rotsonen. De kvantitative verdier av denne vanntransporten er meget omdiskuterte og det er lite publisert materiale å bygge på ved en slik vurdering.

Aslyng (Aslyng 1965, side 72) fant følgende verdier for leirholdig sandjord med 58% i fraksjonen 0.2-0.02 mm:

Høyde over gr.v. speilet i cm: 30 40 50 60 80

Vanntransport mm vann/døgn: 3.0 2.0 1.4 0.9 0.3

Mange forskere understreker at den kapillære vanntransport foregår så langsomt at den er av liten betydning for plantenes vannforsyning. Dette er likevel meget avhengig av hvilken jordart det dreier seg om. På Musgjerdet burde forholdene ligge vel tilrette for en kapillær vanntransport til relativt stor høyde. I tillegg til verdiene i tabell 6 kan vi opplyse at H. Tullström

(Tullström 1959, side 14) oppgir den kapillære stighøyden i grov mo til 175 - 200 cm.

Som nevnt i avsnitt 2 er vannføringen i Driva normalt stor i månedene mai, juni og juli. Observasjonene ved Musgjerdet sommeren 1967 tyder på at grunnvannstanden på denne tiden ofte står høyere enn ørlaget.

Ved lite nedbør i de nevnte vekstmåneder synes det derfor rimelig å anta at den kapillære vanntransport her kan nå opp i plantenes rotsone. Hvorvidt denne vanntransport er tilstrekkelig til at plantenes rotsystem kan nyttiggjøre seg den overlates til de jordbrukssakkyndige å vurdere.

Den foranstående diskusjon vedrørende permeabilitet og kapillær stigningshøyde gir også opplysninger om jordens evne til å holde på nedbøren. Dersom man tilfører tilstrekkelig vann i tørr sandjord som befinner seg høyt over grunnvannspeilet så vil det meste slippe gjennom og bare en relativt liten del blir holdt tilbake, tilsvarende ca. 30 mm nedbørhøyde. Grov mo derimot kan binde opptil 100 mm nedbørhøyde. Sandjordarter tåler derfor mindre tørke enn mojordarter.

4.4 Tilførsel til grunnvannet gjennom infiltrasjon

Til bestemmelse av denne tilførsel kan det benyttes lysimeterforsøk. H. Tullström oppgir noen verdier for dette for forskjellige jordarter angitt i prosent av årlig nedbørmengde. Ved en årsnedbør på 750 mm er det beregnet at

75%	=	560 mm	infiltrerer til grunnvannet i sand
35%	=	260 "	" " " moig sand
20%	=	150 "	" " " fin sand

Dersom jorda er dekket med et tynt humuslag går bare halvparten så mye gjennom. Dette siste må vel sies å være tilfelle i jordbruksarealet på Musgjerdet, hvor vi da kan anslå at årlig ca. 100-150 mm nedbør høyde infiltrerer og gir tilførsel til grunnvannet. Dette er selvsagt en meget usikker verdi avhengig av mange faktorer og er tatt med her bare for å antyde en rimelig størrelsesorden.

4. 5. Observasjoner av grunnvannstanden på
Musgjerdet juni-desember 1967

Grunnvannstanden i observasjonsbrønnene på Musgjerdet blir avlest en gang i uken. Geolimnigram som viser grunnvannstandsvariasjonene i brønn 1-6 for juni-desember 1967 er opptegnet på fig. 8. Brønn 7 ble antagelig delvis tett ved neddrivningen og observasjonene fra denne er derfor ikke tatt med her.

Som det går fram av figuren er det bare grunnvannstanden i brønn 1 som, med et lite avbrudd, er blitt avlest hele perioden. Ved lav gr. vannstand ble de andre brønnene tørre. Det var ikke mulig med det enkle utstyret vi hadde (se bilde 1) å få drevet rørene dypere gjennom det harde ørlaget. Det ser imidlertid ut til at grunnvannstanden i vekstperioden normalt vil bli registrert i de fleste brønnene.

På fig. 8 er også inntegnet vannstandsvariasjonene ved Elverhøy vannmerke og de daglige nedbørhøyder ved Sunndal st. i samme perioden. På fig. 3 er det avmerket hvordan avløpsverdiene i denne perioden ligger i forhold til det normale.

Tross den korte observasjonsperioden gir fig. 8 flere opplysninger om grunnvannsforholdene. Vi ser at det er god korrelasjon mellom vst. variasjonene i elva og variasjonene i brønnene. Variasjonene i brønnene er som rimelig å vente mere avdempet. Mest avdempet er variasjonene i brønnene lengst fra elva.

Vi må her huske at grunnvannstanden i brønnene bare blir avlest en gang i uken og det er derfor ikke mulig å avgjøre om også de små variasjoner i elvevannstanden blir registrert i brønnene. Fra 5/9 1967 blir grunnvannstanden i brønn 1 og 4 registrert ved limnigrafer. Da brønn 4 ble tørr på denne tiden er det foreløpig ikke mulig å gi noen resultater fra limnigraf-registreringene.

Kurvene på fig. 8 viser ingen forsinkelse mellom vst. variasjonene i elva og i brønnene, men dette vil først bli avklart med limnigrafene.

Observasjonene synes altså å vise at variasjonene i grunnvannstand i store trekk følger variasjonene av elvevannstanden. Direkte infiltrasjon fra nedbør vil etter diskusjonen i de foranstående avsnitt bare i ekstreme tilfelle øke grunnvannstanden i noen grad. Den markerte stigning i grunnvannstand 20. juli 1967 sees f. eks. å falle sammen med en like markert økning av vannstanden i elva, uten at det på dette tidspunkt ble registrert større nedbør ved Sunndal met. st.

Geolimnigram

MUSGJERD 1967

157 moh.

2m

Vst Elverhøy

bru Vm 646

Vm

156

RØR nr. 1

1

" " 2

Punkt nr ⑨

" " 3

" " 4

" " 5

155

" " 6

0

154

50mm

Nedbør ved

40

SUNNDAL

30

nedb.st nr. 6350

20

10

153

0

J

F

M

A

M

J

J

A

S

O

N

D

Grunnvannstanden synker med økende avstand fra elva. Dette er etter våre erfaringer nokså uvanlig, men årsaken til dette ligger vel i rask vanntransport i de permeable dypereliggende ørlag. Vann fra elva vil sige gjennom disse lagene inn mot dalsiden og nedover til det igjen strømmer ut i elva lengre nede. På fig. 9 er det inntegnet koter som tilnærmet viser det høye grunnvannsnivå 6/6 1967. Strømningsretningen blir normalt på kotene.

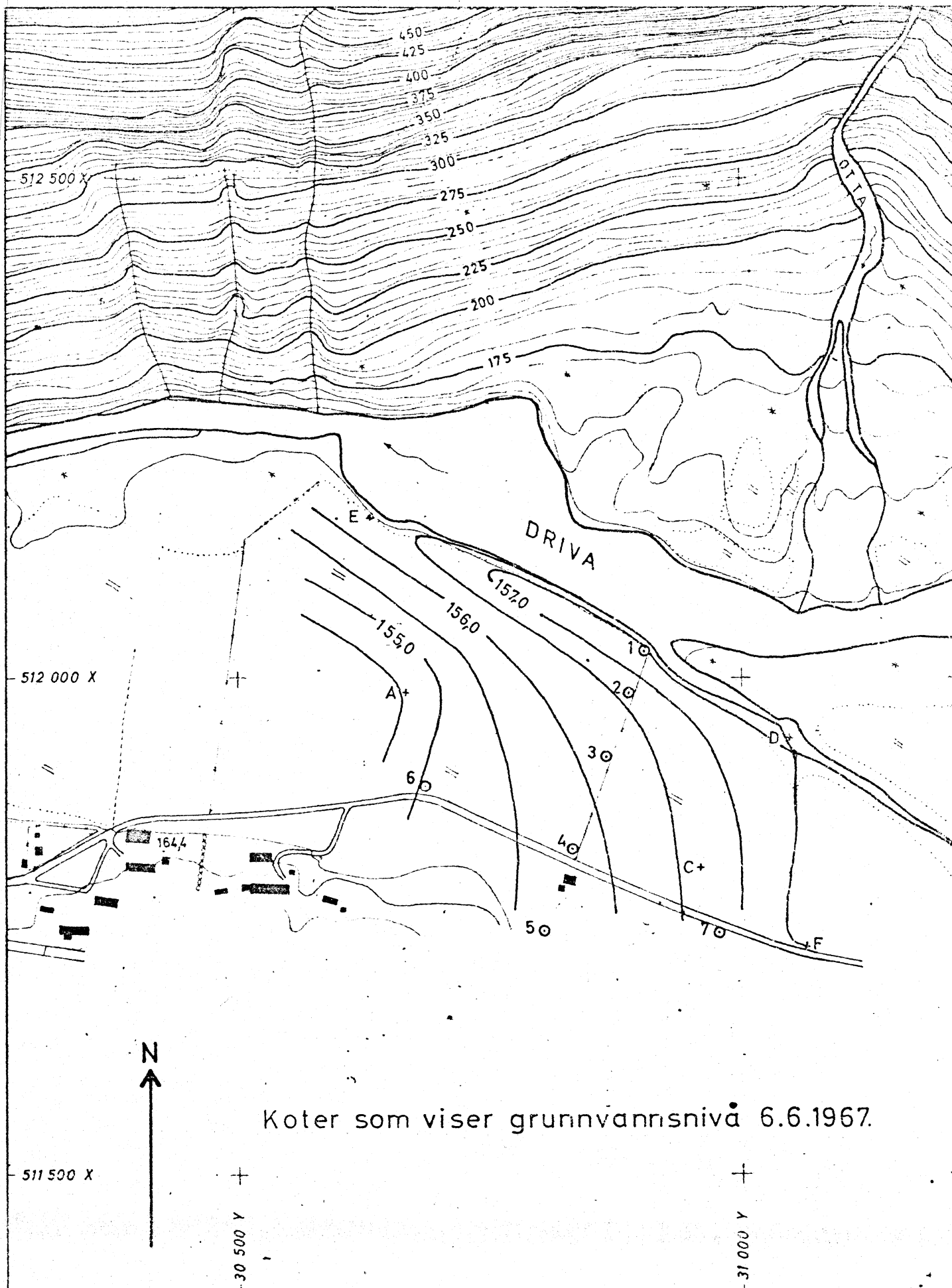
Grunnvannstanden 5/6 1967 er inntegnet på fig. 6. Her er i tillegg den relativt lave grunnvannstand 31/7 1967 inntegnet og vi ser at det her er nær den samme gradient og dermed strømningsretning.

Kotene for grunnvannsnivået på fig. 9 viser at det denne dagen var lagret et vannmagasin i elvebredden. Dette kommer av at vannføringen i Driva var synkende, fra ca. 470 m³/s den 4/6 til ca. 300 m³/s den 6/6 (ved Elverhøy bru vannmerke).

I tillegg til at grunnvannet tilføres vann fra Driva vil det alltid være et sig gjennom løsmassene fra dalsiden ut mot elva. Fra en overgangssone og inn mot dalsiden vil dette grunnvannstilskuddet være bestemmende for grunnvannstanden. Denne overgangssone ligger antagelig et stykke innenfor det undersøkte arealet hvor brønnene er plassert. I vinterhalvåret vil innvirkningen av dette "lisiget" muligens forskyves nærmere elva.

Om vinteren vil det muligens bli endel isoppstuvning av vannstanden i elva utenfor brønnene. Dette vil da kunne føre til økning også i grunnvannstanden. Det kan også bli oppstuvning p. g. a. teledannelse. De fremtidige observasjoner vil eventuelt vise dette.

Et annet mere spesielt forhold kan inntreffe på Musgjerdet om vinteren, og kan forårsake høy grunnvannstand. Vår observatør, Trond Gravem kunne fortelle at det ofte raste ut en stor fonn fra den bratte dalsiden på andre siden av elva. Fonna er avmerket med et kryss på bilde 2. Denne formen kan i enkelte år demme opp elva ganske betraktelig. I 1955 ble området ved brønnene helt oversvømmet av denne grunn. Vannet sto da helt opp til det gamle ungdomshuset som ligger mellom brønn 4 og 5. (Se fig. 4 eller 9). Da fonna raste ut ble vindusrutene knust hos T. Gravem. Store steiner ble tatt fra elvebunnen og kastet langt innover jordene.



Koter som viser grunnvannsnivå 6.6.1967.

KART OVER MUSGJERDET

NORGES VASSDRAGS OG ELEKTRISITETSVÆSEN

Målestokk
1:5000

Ekv. 5m

Tegn 19.6.67
Trac.
Kfr

Erstatn for:
H

5. OBSERVASJONER I GARDSBRØNNER

I tillegg til snittet på Musgjerdet ble det satt igang observasjoner i 14 gardsbrønner mellom Gjøra og Sunndalsøra. Brønnene er avmerket på fig. 1. I tabell 7 er det satt opp en liste over eierne. Her er også oppført gardsbrønnens dyp og referansepunktets høyde over bakken.

Observasjonsperioden er ennå alt for kort til å gi noen velbegrunnet vurdering av vannstandsvariasjonene i gardsbrønnene. I flere av brønnene er det installert elektriske pumper. I alle gardsbrønnene (unntatt nr. 1 og 12) blir grunnvannstanden "kunstig" senket til forskjellige tidspunkt på grunn av tapping av vann til dekning av gardens vannforbruk. Selv om eierne er anmodet om å avlese vannstanden før det tappes vann, vil dette forhold komplisere en analyse av de naturlige grunnvannstandsvariasjoner. Etter en lengere observasjonsperiode vil imidlertid observasjonene i gardsbrønnene kunne gi verdifulle opplysninger om grunnvannsforholdene.

P. g. a. den korte observasjonsperiode er det derfor i det følgende bare gjort noen mere generelle bemerkninger om hver gardsbrønn. Det er også tatt med forskjellige opplysninger fra eierne. Brønnene blir avlest en gang i uken. Om vinteren vil det noen steder bli opphold i avlesningene på grunn av frostfaren.

På fig. 10 er det opptegnet geolimnigram for 3 gardsbrønner for perioden juni-desember 1967.

5.1. Karakteristikk av gardsbrønnene og en foreløpig vurdering av grunnvannsforholdene.

G. brønn 1. Eier Karl K. Gravem. Brønnen brukes til avkjøling av melk og pumpes ikke. Ny brønn i kjeller 15-20 m innenfor brukes nå til fjøs og husholdning.

Brønnen ligger 7-800 m fra elva og eieren mener at elva bestemmer vannstanden. Observasjonene i 1967 synes å bekrefte dette. Det er antagelig her lite grunnvannstilsig fra dalsiden.

G. Brønn 2. Eier Halvor O. Gravem. Det er her installert elektrisk pumpe. Eieren opplyste at grunnen besto av grov grus og lag med elveør og at det var lite tilsig av grunnvann fra dalsiden. Han mener at elvevannstanden bestemmer brønnvannstanden. De senere observasjoner

Liste over observasjonsbrønner i Sunndalen
(Fra Gjøra til Sunndalsøra)

Tabell 7

Nr. i tabellen tilsvarende nr. på fig. 1

Nr.	Eiendom	Postadresse	Grn.	Brn.	Beliggenhet	Dyp fra ref. punkt (m)	Høyde over bakken (m)	
1.	Karl K. Gravem	Gravem	Gjøra	17	1	Gardsbrønn på tunet	4,15	
2.	Halvor O. Gravem	Gravem	Gjøra	17	2	"	6,04	0,40
3.	Lars I. Gravem	Gravem	Gjøra	17	16	Gardsbrønn bak hus	4,87	0,20
4.	Lars A. Gravem	Gravemsløfte	Gjøra	17	7	Gardsbrønn i kjeller	2,44	0,50
5.	Gunnar H. Hagen	Hagen	Gjøra	20	1	Gardsbrønn på tunet	3,95	0,22
6.	Ansgar Kamsvåg	Nieng	Romfo	23	5	"	5,60	
7.	Hans Hafsås	Elvebu	Romfo	23	12	"	3,77	
8.	Gunnar Musgjerdet	Musgjerdet	Romfo	23	3	Gardsbrønn ved fjøs	5,60	
9.	Trond H. Gravem	Musgjerdet	Romfo	23		Obs. i 7 brønner (rør)		
10.	Lars Leitet	Leitet	Grøa	36	3	Gardsbrønn på tunet	3,16	0,23
11.	Gunnar Bakk	Øyan	Grøa	36	9	"	4,28	0,36
12.	Jon Bekken	Hoel	Sunndalsøra	44	1	"	6,28	0,40
13.	Lars H. Mæhle	Mæhle	Sunndalsøra	46	1, 3, 7,	"	9,90	1,00
14.	Arne L. Furu	Furu	Sunndalsøra	47	9, 32, 33	Gardsbrønn bak hus	4,05	0,00
15.	Ole Knarvik	Furu-Hagen	Sunndalsøra	47	5, 16	Gardsbrønn på tunet	4,35	0,25

Geolimnigram SUNNDALSØRA 1967

3

4

③ Lars i. Gravem

⑩ Lars Leitet

⑫ Jon Bekken

5

6

7m

J

F

M

A

M

J

J

A

S

O

N

D

Fig. 10

synes delvis å bekrefte dette. Brønnen går nesten tom ved lav vannstand i elva.

G.brønn 3. Eier Lars I. Gravem. Grunnforholdene var her de samme som for g.brønn 2 og det var også her lite tilsig av grunnvann fra dalsiden. Brønnen går nesten tørr om vinteren. Også her mente eieren at brønnvannstanden blir bestemt av elva.

Geolimnigram for denne brønnen er opptegnet på fig. 10. Sammenholdes dette med limnigrammet for Elverhøy bro vannmerke på fig. 8 finner vi god korrelasjon, men tilsynelatende også en ganske stor forsinkelse i brønnen av variasjonene i elvevannstanden.

G.brønn 4. Eier Lars A. Gravem. Det er installert elektrisk punpe som forsyner fjøs og husholdning. Grunn og grunnvannsforhold som ved g.brønn 2 og 3. Eieren mener at vannstandsvariasjoner i elva er 2-3 døgn forsinket i brønnen. Brønnen går aldri tom.

Observasjonene i 1967 antyder at elvevannstanden innvirker på brønnvannstanden.

G.brønn 5. Eier Gunnar H. Hagen. El.pumpe bare til husholdning. Brønnen går aldri tørr. Avstand til elva ca. 30 m. Egen brønn til vannforbruk i fjøset ligger nærmere elva.

Grunnen består av grus og elveør og eieren mener at elva bestemmer brønnvannstanden, men at det også er litt sig av grunnvann fra dalsiden. De senere observasjoner synes å bekrefte dette.

G.brønn 6. Eier Ansgar Kamsvåg. Brønnen ligger ca. 50 m fra elva som etter eierens oppfatning bestemmer brønnvannstanden. Dette bekreftes tilsynelatende av observasjonene.

G.Brønn 7. Eier Hans Hafsås. Avstand til elva ca. 50 m. Også her mener eieren at elva bestemmer brønnvannstanden, og dette bekreftes tilsynelatende av observasjonene.

G.brønn 8. Eier Gunnar Musgjerdet. Avstand til elvekås 40-50 m. Denne kåsa fører alltid vann. Eieren mener at elva bestemmer de høyere vannstander i brønnen mens oppkommevann (lisiget) bestemmer vannstanden

om vinteren.

Grunnforholdene er her antagelig som tidligere beskrevet for området på Musgjerdet. Eierens erfaring fra brønngravingen var at det øverste lag på 1-1.5 m besto av fin jord (antagelig grov mo). I 2-3 meters dyp var det grus og "kuppel" (elveør). Under dette besto grunnen av fin sand som tørt inn fra sidene slik at det var umulig å få gravet brønnen dypere.

Det var el. pumpe i brønnen som aldri gikk tørr.

G.brønn 10. Eier Lars Leitet. Det er el.pumpe i brønnen. Eieren opplyste at det var "kuppel" i grunnen i forskjellig dyp. Det var endel leire i dalsiden.

Observasjonene i 1967 tyder ikke på korrelasjon elvevannstand-grunnvannstand. Se fig.10.

G.brønn 11. Eier Gunnar Bakk. Han opplyste at grunnen besto av sand og grus, mens det var endel leire i dalsiden.

Observasjonene i 1967 tyder heller ikke her på noen korrelasjon mellom elvevannstand og brønnvannstand.

G.brønn 12. Eier Jon Bekken. Brønnen var nå ikke i bruk og observasjonene her vil da vise de naturlige grunnvannstandsvariasjoner. Grunnen besto av grov grus og elveør, men Bekken mente det var leire under øra. Leira var påtruffet ved bulldozerarbeide i elveleiet. Leira viste seg også i veiskjæringer.

Geolimmigrammet for juni-desember 1967 er opptegnet på fig.10. Det synes ikke å være særlig god korrelasjon med variasjonene i elva, men dette kan først avgjøres etter en lengere observasjonsperiode.

G.brønn 13. Eier Lars H. Mæhle. Observasjonene her tyder heller ikke på noen korrelasjon med vannstandsvariasjonene i elva.

G.brønn 14. Eier Arne L. Furu. Det er her el. pumpe i brønnen.

G.brønn 15. Eier Ole Knarvik. Det er også her el. pumpe. Denne brønnen har vært nesten tørr om vinteren.

For g.brønn 13, 14 og 15 har vi ingen opplysninger om grunnforholdene. Observasjonene i 1967 for g.brønn 14 og 15 er ikke tilstrekkelige til noen

vurdering av korrelasjon elvevannstand-brønnvannstand.

5.2 Noen observasjoner av vanntemperatur

Det ble under tjenestereise mai/juni 1967 foretatt noen målinger av vanntemperaturen i gardsbrønnene. Disse er oppført i tabell 8.

Tabell 8

Dato (1967)	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	5/6	5/6	5/6	6/6	6/6	7/6	7/6	7/6	7/6
G. brønn nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15
Vanntemp. (°C)	3.9	2.7	3.1	4.6	1.5	3.1	6.4	3.1	6.2	3.8	4.9	2.9	5.0	5.1

Vanntemperaturen i elva ved Hagen (g. brønn 5) var 4.3 °C den 6/6 1967.

6. FORELØPIG KONKLUSJON

Det primære formål med observasjonene er å samle data til nytte ved beregning av eventuelle skadevirkninger i forbindelse med den planlagte utbygging av Driva. De forandringer av vannføringen som dette bevirker, vil sannsynligvis i visse områder føre med seg en forandring av grunnvannspeilets nivå og årlige variasjon.

Noe forenklet kan vi si at det i disse områdene hovedsakelig er følgende faktorer som bestemmer grunnvannspeilets dybde og variasjon:

1. Vannstand i hovedelva
2. Vannstand i nærliggende sideelv, bekk eller dreneringsgrøft
3. Infiltrasjon fra nedbør
4. En eventuell grunnvannstrøm fra dalsiden eller høyere-liggende område, mot elva.
5. Geologiske forhold.

Det vil alltid være en kombinasjon av flere av de nevnte faktorer som er bestemmende, og det kan være vanskelig å anslå hvilke som er viktigst.

Selv om vannstanden i en brønn i første omgang kan synes å variere helt uavhengig av vannstandsvariasjonene i elva, er det dermed ikke sikkert at vannstanden i elva er uten innflytelse. Tenker vi oss f. eks. vannet i elva tatt bort, vil dette kunne øke den gradienten grunnvannspeilet normalt har ut mot elva. En slik virkning vil først kunne bli registrert dersom brønn-avlesningene fortsetter også etter reguleringen.

Ofte er elvas innvirkning sterkt forsinket i grunnvannsbrønnene og dette gjør det meget vanskelig å avgjøre om variasjonene skyldes elvas innvirkning eller kanskje bare nedbør.

Ved Musgjerdet tyder de foretatte observasjoner på at grunnvannstanden hovedsaklig bestemmes av den samtidige vannstand i elva i hele det undersøkte område. På grunn av de spesielle geologiske forhold synker normalt grunnvannstanden her i retning fra elva. Vann fra Driva vil ved f. eks. vannstandsøkning raskt sige gjennom det meget permeable ørlaget og derved heve gr. vannstanden.

Direkte infiltrasjon fra nedbør vil bare under ekstreme forhold kunne heve grunnvannstanden nevneverdig.

Den kapillære vanntransport synes å kunne ha en viss betydning for jordbruket i vekst måneder med lite nedbør og med tilstrekkelig høy grunnvannstand.

Observasjonene i flere av gardsbrønnene viser god korrelasjon mellom variasjonene i ellevannstanden og brønnvannstanden. I noen av brønnene ser det derimot ikke ut til å være noen slik sammenheng i det hele tatt. Dette vil imidlertid først bli klart etter en lengre observasjonsperiode.

LITTERATUR

1. Aslyng, H. C.: Vannbevægelse i jorden over grunnvannet.
Grundförbättring nr. 2. Uppsala 1956
2. Beskow, G.: Tjäbildningen och tjällyftningen, med särskild
hänsyn til vägar och järnvägar. S. G. U. Ser. C No 375
Stockholm 1935.
3. Davis, S. N., De Wiest, J. M.: Hydrogeologi. New York,
London, Sydney 1966.
4. Det Norske Meteorologiske Institutt: Nedbøren i Norge 1895-1943.
Oslo 1949.
5. Gandahl, R.: Vattenståndsvariationer i brunnar vid Ormsjön,
Malgomaj och Stornorrforsens dämmingsområde.
Grundförbättring nr. 3. Uppsala 1965.
6. Hjulström, F.: The Hoffellssandur. Geografiska Annaler 1955,
häfte 3-4, chapter IX
7. Holmsen, G.: Erfaringer om jordskade ved vassdragsreguleringer.
N. G. U. nr. 218. Oslo 1963
8. Hortedahl, O.: Norges Geologi, Bind I N. G. U. nr. 164. Oslo 1953.
9. Knutsson, G. och Ljunggren K.: Äldre och nyare metoder för under-
sökning av grundvattenströmning. Grundförbättring nr. 4.
Uppsala 1959.
10. Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, hydrologisk avdeling:
Hydrologiske undersøkelser i Norge. Oslo 1958.
11. Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, iskontoret ved hydrologisk
avd: Avløps- og isforholdene i Driva-vassdraget.
Oslo 1964/66.

12. Selmer-Olsen, R.: Om norske jordarters variasjon i korngradering og plastisitet. Oslo 1954.
13. Tullström, H.: Hydrogeologi. Kompendium för hydrologisk tjänstexamen vid Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. Stockholm 1959.
14. Ødelien M.: Virkningene av Kvina-reguleringen på dyrkningsvilkårene langs elven fra Risnes til Fedefjorden. Vollebekk september 1966. (En sakkyndig utredning for skjønnsretten) Upublisert.
15. Aars, Ø.: Litt om vann i kjellere vinterstid. Naturen nr. 6. Bergen 1964.
16. Aars, Ø.: Geohydrologi, et aktuelt felt innen Vassdragsvesenets interesseområde. N. G. T bd. XIX hefte 3-4. 1964.