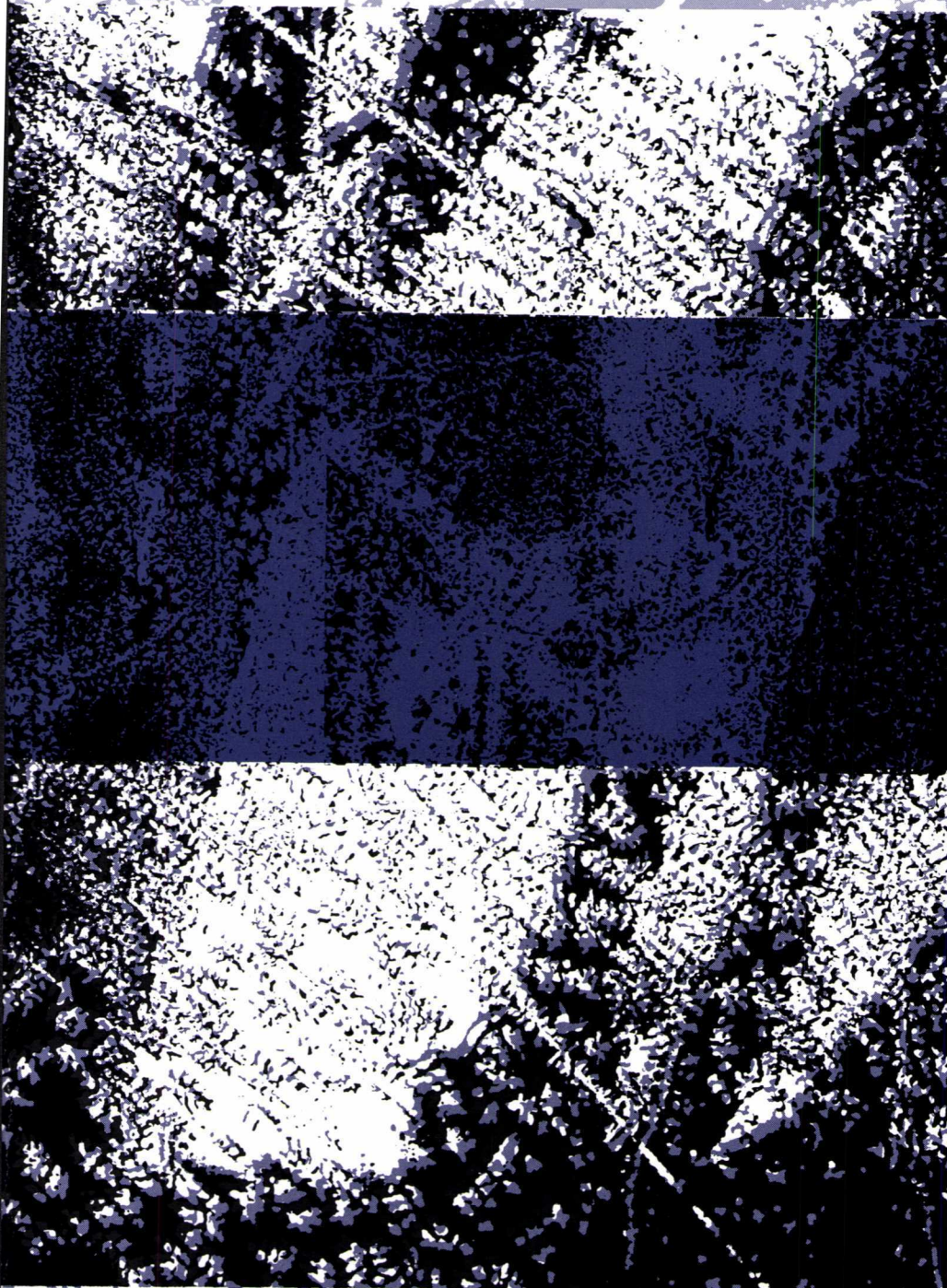


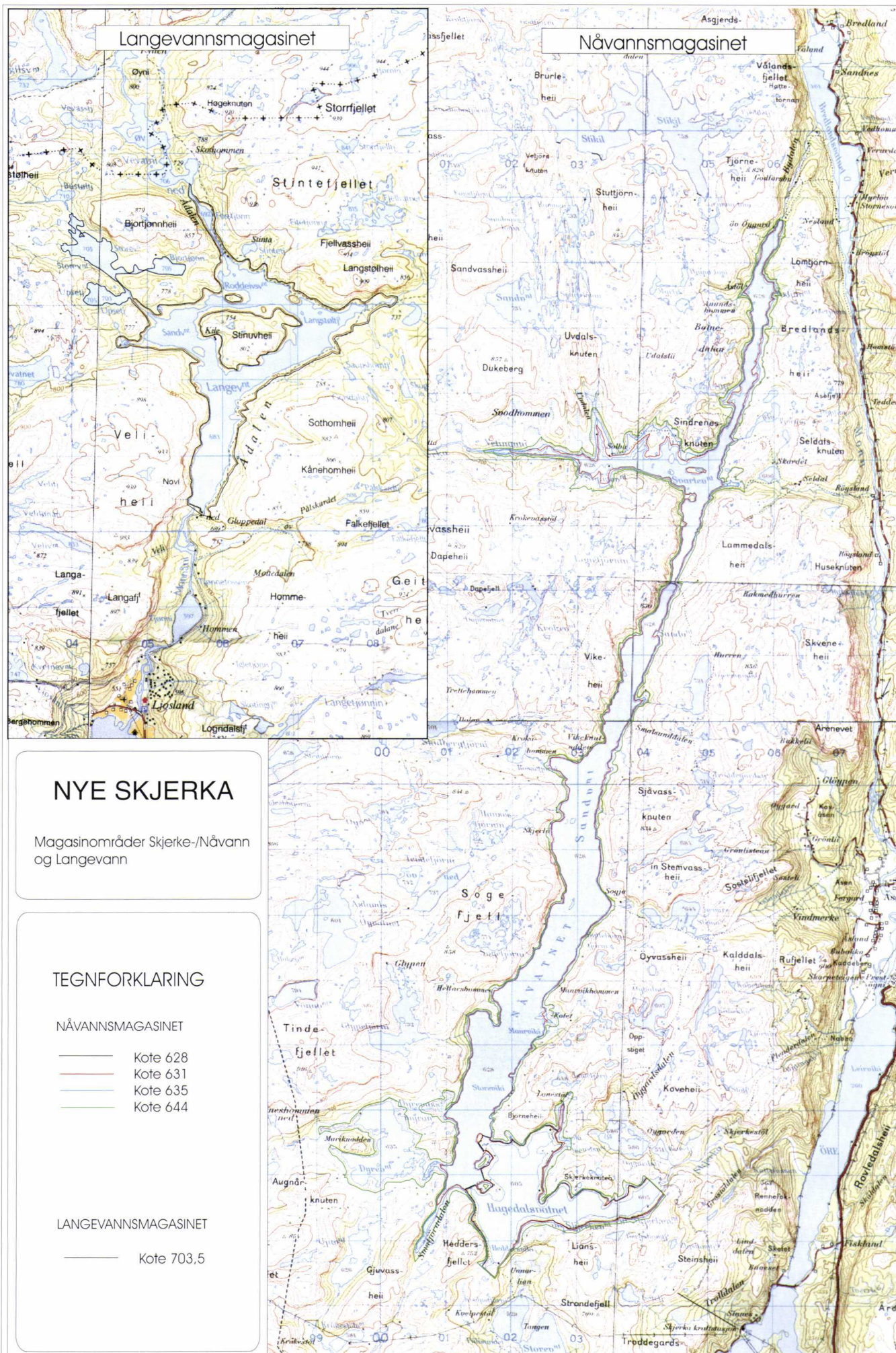
Skjerka kraftverk

OPPRUSTING OG UTVIDELSE



*Is, vanntemperatur
og frostrøyk*

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT



RAPPORT

18 1993



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Arve M. Tvede

OPPRUSTNING OG UTVIDELSE AV SKJERKA KRAFTVERK

Konsekvenser for is, vanntemperatur og frostrøyk

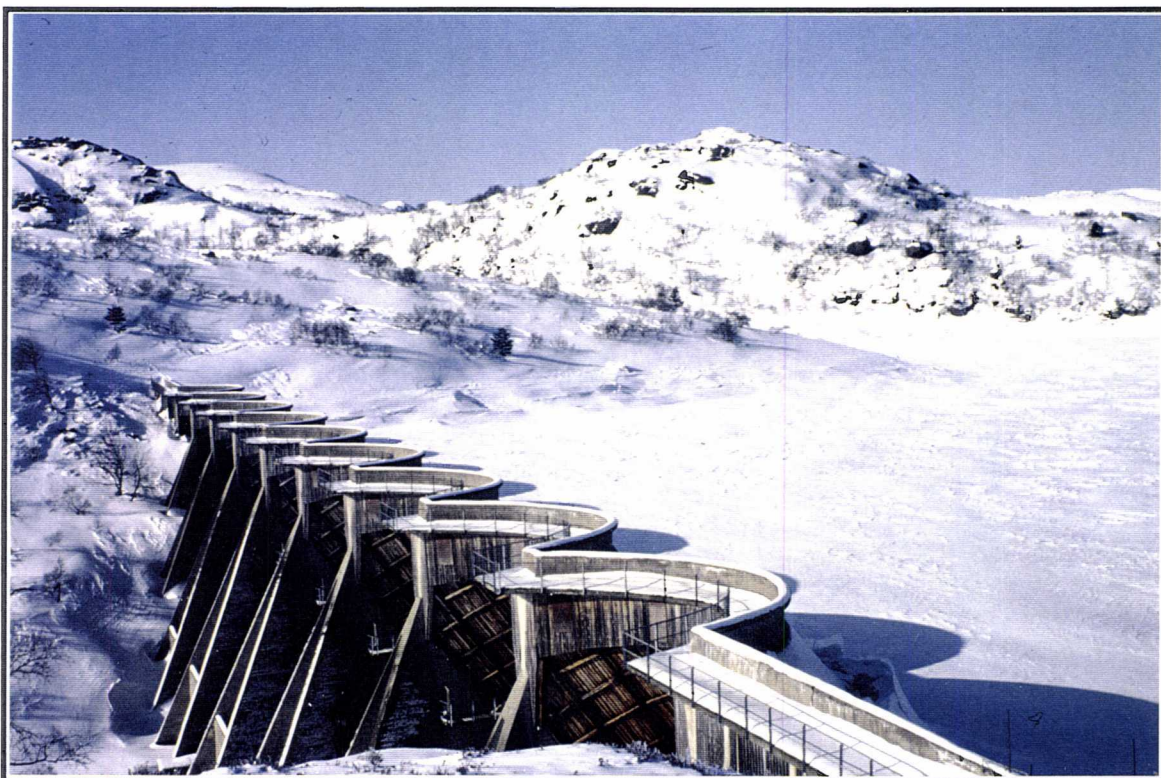


Foto: dam i i sørenden av Nåvatn 3. mars 1993

HYDROLOGISK AVDELING

FORORD

Foreliggende rapport er bestilt av Vest-Agder Energiverk i brev datert 6.12.1991. Rapporten bygger på innsamlet datamateriale fra Mandalsvassdraget gjennom flere år. Måleprogrammet ble intensivert fra januar 1992. Mye av datamaterialet er samlet inn av ansatte på Skjerka kraftverk, ofte under vanskelige arbeidsforhold på fjellet. Seksjonssjef Arve M. Tvede har hatt prosjektledelsen og har skrevet rapporten. Overingeniør Ånund Kvambekk har utført modellberegningene med Vassdragssimulatoren ismodul RICE og avdelingsingeniør Morten Due har hjulpet til med databearbeiding og tilrettelegging av materialet.

Vi takker Vest-Agder Energiverk for oppdraget og for et godt samarbeid gjennom flere år.



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

81

TITTEL Opprustning og utvidelse av Skjerka kraftverk. Konsekvenser for is, vanntemperatur og frostrøyk	RAPPORT Nr. 18 - 93
SAKSBEHANDLER Arve M. Tvede, seksjon Miljøhydrologi	DATO : 7.12.1993 RAPPORTEN ER : Åpen
OPPDRAGSGIVER Vest-Agder Energiverk	OPPLAG :

SAMMENDRAG

Is- og vanntemperaturforholdene i Mandalsvassdraget er beskrevet i tidligere rapporter og det er gjennomført spesielle undersøkelser og målinger i 1992 og 1993. Disse to vintrene var begge mildere enn normalt og det var derfor kortere isperioder og tynnere is enn det som antas å være normalt. Dagens isforhold er beskrevet både for hovedelva og for de aktuelle magasiner. Bruken av isen er vesentlig knyttet til snøscooter- og skiferdsel over Nåvatn og Langevatn. Vanntemperaturforholdene er dokumentert både for hovedelva og magasinene. Dataene er brukt i en modell for å etablere sammenhenger mellom vanntemperatur, værforhold og vannføringen i elva. Frostrøykforholdene er registrert ved Fuglestveit vintrene 1986-88. Disse dataene er analysert og sammenholdt med klimadata. Det opptrer normalt 10-20 dager pr. vinter med lett eller middels tett frostrøyk over elva.

Konsekvensvurderingene er gjort for de ulike alternativer som utbyggeren har presentert. Felles for alle alternativer er at Skjerkevatn heves til Nåvatns HRV og at Skjerka kraftstasjon flyttes ca 400 m mot sør og får økt sin slukeevne fra ca 30 til 50 m³/s.

Bortsett fra for alt.5a og b, så vil de andre alternativene bare gi lokale vanntemperaturendringer i de berørte magasiner og i Ørevatn utenfor Skjerka kraftverk. For alt.5a og b vil det i tillegg kunne bli en temperatursenkning på ca 1°C på ettersommeren i øvre del av Mandalselva. Nedenfor Bjelland vil denne endringen ikke merkes.

Alle alternativer gir endringer i lokaliseringen og størrelsen på råker i isen på Skjerkevatn og Ørevatn. For alt. 5a og 5b blir det også merkbare endringer i tidspunktet for islegging på Nåvatn og Skjerkevatn og på Nåvatn blir det nye områder med periodevis usikre isforhold. Ved alt. 5b vil isforholdene på Langevatn endres såpass mye at det må ventes problemer for ski- og snøscooterferdselen. I selve Mandalselva ventes ingen endringer fra dagens isforhold.

Frostrøykforholdene endres ikke langs selve Mandalselva. Fordi råka utenfor Skjerka kraftverk flyttes mot sør, så vil også evt. frostrøyk over råka flyttes med.

EMNEORD/SUBJECT TERMS

Mandalselva, kraftutbygging, konsekvenser, is, vanntemperatur, frostrøyk

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan
avdelingsdirektør

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. BESKRIVELSE AV MANDALSVASSDRAGET.	5
1.1 Beskrivelse av planer for opprustning av Skjerka kraftverk	6
1.2 Nedbørsforhold og temperatur	8
1.3 Åseral kommune	8
2. DAGENS ISFORHOLD	9
2.1 Datagrunnlaget	9
2.2 Isforholdene i Mandalselva	10
2.3 Ørevatn	13
2.4 Skjerkevatn	14
2.5 Nåvatn	19
2.6 Langevatn	21
2.7 Andre deler av vassdraget	21
2.8 Bruken av isen	23
3. DAGENS VANNTEMPERATURFORHOLD	24
3.1 Mandalselva	24
3.2 Forholdet mellom vannføring og vanntemperatur	27
3.3 Temperaturforholdene i magasinene	30
4. DAGENS FROSTRØYKFORHOLD	35
5. ENDRINGER I VANNFØRINGEN ETTER UTBYGGINGEN	36
6. ENDRINGER I VANNTEMPERATURFORHOLDENE	39
6.1 Alternativ 2a	39
6.2 Alternativ 3a	40
6.3 Alternativ 5a	40
6.4 Alternativ 5b	40
6.5 Oppsummering om vanntemperaturendringer	41
7. ENDRINGER I ISFORHOLDENE	41
7.1 Alternativ 2a	41
7.2 Alternativ 3a	42
7.3 Alternativ 5a	42
7.4 Alternativ 5b	49
7.5 Oppsummering om endringer i isforholdene	49
8. ENDRINGER I FROSTRØYKFORHOLDENE	49
LITTERATUR	50

1. BESKRIVELSE AV MANDALSVASSDRAGET

Mandalsvassdraget strekker seg fra de sydligste deler av Setesdalsheiene i Bygland kommune i Aust-Agder fylke gjennom Åseral, Audnedal, Marnardal og Mandal kommuner i Vest-Agder fylke og faller ut i havet sentralt i Mandal by, se fig.1.

Nedbørfeltet ved utløpet i havet er på 1800 km². Midlere avløp er ca. 49 l/s/km² tilsvarende en midlere vannføring på ca. 88 m³/s. Nedbørfeltet har en utstrekning nord-syd på 115 km og øst-vest i gjennomsnitt på ca. 20 km. Øvre del av feltet ligger i en høyde på 600-800 m.o.h. I denne del av feltet er det en sterkt avtagende avløpsintensitet fra vest mot øst fra 65 til 44 l/s/km².

Det er ingen store sjøer i vassdraget, men den øvre del er preget av en mengde mindre vann. Fra heiområdene i Bygland og Åseral løper 3 hovedgrener av vassdraget som samles i Ørevann. Det er fra vest Skjerka, Mon og Logna, med nedbørfelt henholdsvis ca. 193, 329 og 405 km². Fra Ørevann som ligger på ca. k.259 har vassdraget navnet Mandalselven. Nedstrøms Ørevann er det bare to større sidevassdrag, Kosåna og Høyeelven, begge med nedbørfelt øst for hovedelven.

Mandalsvassdraget ble forholdsvis sent tatt i bruk for energiproduksjon i stor skala. Først i 1933 ble første byggetrinn ved Skjerka kraftverk satt i drift, og siden har utbyggingen skjedd i takt med økningen i kraftbehovet i VAEs forsyningsområde.

Med grunnlag i gitte tillatelser i perioden 1932-1952 er det bygget følgende reguleringsmagasin og kraftverk:

Reguleringsmagasiner:

Magasin	HRV m.o.h	LRV m.o.h	Reg. høy- de m	Volum Mill. m ³	Anm.
Langevann	683,60	667,60	16,00	22,0	
Kværnevann	771,00	745,20	25,80	38,0	
Storevann	860,00	854,00	6,00	10,9	
Stegilvann	762,00	754,00	8,00	10,9	
Nåvann	628,00	591,50	36,50	124,2	
Skjerkevann	605,00	591,00	14,00	19,6	
Juvann	513,00	489,00	24,00	143,2	
Lognavann	357,70	357,00	0,70	1,4	
Ørevann	259,62	256,50	3,12	11,2	
Tungesjø	166,00	155,00	11,00	2,2	
Mannflåvann	68,80	67,80	1,00	2,0	HRV sommer: 68,30
Sum				385,6	

Kraftverk	Ytelse MW	Slukeevne m ³ /s	Antall aggregater	Midlere (*) årsproduksjon GWH	Satt i drift
Skjerka	80	30,5	6	486	1933-1956
Logna	19	15,0	1	109	1961
Smeland	23	29,0	1	132	1985
Håverstad	45	69,0	2	265	1956
Bjelland	51	79,0	2	298	1975
Laudal	26	105,0	2	153	1981
	244			1443 GWH	

(*) simulert for perioden 1931-1980

1.1 Beskrivelse av planene for opprusting og utvidelse av Skjerka kraftverk

Hensikten med å ruste opp og utvide Skjerka kraftverk er av Vest-Agder Energiverk angitt å være å utnytte ressursene på en bedre måte enn man gjør i dag. De mest iøyenfallende mangler ved dagens anlegg er ifølge utbygger:

- for liten magasinkapasitet
- for liten ytelse (effekt)
- store vanntap ved flom
- store falltap i vannveiene (tunnel og rørledninger)
- dårlig virkningsgrad i turbiner
- dårlig utnyttelse av fallhøyden
- de eldste aggregater har høy alder

Utbyggingsprosjektet er lokalisert til den delen av Mandalsvassdragets nedbørfelt som i dag utnyttes i Skjerka kraftverk. Skjerka kraftverk ligger på vestsiden av Ørevatn ca. 7 km sør for kommunesenteret Kyrkjebygd. Prosjektområdet beliggenhet framgår av kartene på 2. og 3. omslagsside.

I dag utnytter kraftverket avløpet fra et nedbørfelt på tilsammen 429 km² med en midlere avrenning på 27 m³/s. Det er i dag etablert magasiner på tilsammen 225,6 mill. m³. Dette utgjør 26,5% av årsavløpet.

Kraftstasjonen har en slukeevne på max 30,5 m³/s og en midlere årsproduksjon på 486 GWh.

Opprustingen av Skjerka kraftverk deler seg naturlig i to hovedelementer:

- Ny kraftstasjon med tilhørende vannveier.
- Utvidelse av eksisterende magasiner og overføringer.

Den nye kraftstasjonen vil bli plassert ca. 900 m inn i fjellet ca 400 m sydvest for nåværende kraftstasjon, og med en avløpstunnel som får såle ca 11 m under HRV i Ørevatn. I den nye kraftstasjonen forutsettes inninstallert 2 aggregater med en samlet ytelse på ca 170 MW og med en slukeevne på ca. 50 m³/s. Kraften transformeres opp til 110 kV ved transformatoren plassert ved kraftstasjonen og føres så gjennom kabel ut til utendørs koblingsanlegg.

Det sprenges ny tilløps- og avløpstunnel med en samlet lengde på 2800 m. Inntaket legges i Skjerkevann like vest for nåværende inntak.

Utvidelse av eksisterende magasiner er forutsatt lagt til Skjerkevann/Nåvann og Langevann.

Det gjennomføres konsekvensutredninger for følgende alternative reguleringer:

Skjerkevann/Nåvann:			Alternativ	
HRV	k.628	Magasinvolum:	193 mill. m ³	2a
HRV	k.631	"	221 mill. m ³	3a
HRV	k.635	"	264 mill. m ³	4a
HRV	k.644	"	380 mill. m ³	5a

Ved alle alternativer forutsettes opprettholdt nåværende LRV i Nåvann og Skjerkevann.

Avhengig av HRV vil den økte reguleringshøyde i Skjerkevann/Nåvann kreve følgende nye dammer:

HRV k.628:	Dam Skjerkevann (nåværende damsted) Dam Heddersvika Dam Åstølvann (erstatning for nåværende bukkedam)
HRV k.631:	Som ved HRV k.628
HRV k.635:	Dam Skjerkevann (nåværende damsted) Dam Heddersvika Dam Lonevika Dam Åstølvann (nåværende damsted) Dam Seldalstjønn
HRV k.644:	Som ved HRV k.635

Langevann:		Alternativ
HRV k. 703,5	Magasinvolum 74,3 mill. m ³	2b, 3b, 4b, 5b
LRV k. 667,6	(som i dag)	

Langevann m.fl. overføres i dag til Nåvannmagasinet via en 13,2 km lang tunnel med kapasitet 15 m³/s. Det vil også bli vurdert økning av kapasiteten ved denne overføringen.

Hvis opprustingen og utvidelsen av Skjerka kraftverk gjennomføres vil kraftverket og VAEs øvrige kraftverk i Mandalsvassdraget øke årsproduksjonen med inntil 340 GWh. Videre vil en stor del av dagens produksjon kunne flyttes fra sommer til vinter og produksjonen i Skjerka kan bedre tilpasses prisvariasjoner over døgnet.

1.2 Nedbørforhold og temperatur

Nedbørfeltene ligger i et område med innlandsklima med relativt lave vintertemperaturer, men på grunn av den nære beliggenhet mot Vestlandet, kan det hele vinteren igjennom forekomme perioder med mildvær og regn over hele området.

Følgende data for nedbør er registrert:

Skjerka kraftstasjon (263 m.o.h.)

Nedbør (m.m.) i perioden 1970 - 1992:

		jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
Middel	1806	187	129	136	78	93	97	108	145	194	210	243	186
Største årsnedbør	2736	435	512	305	116	18	211	191	122	195	285	90	256
Minste årsnedbør	1448	179	131	73	71	96	50	61	2	110	356	234	83

Største nedbørshøyde for et døgn er registrert til 97,5 mm (september 1981).

Ved Konsmo i Audnedal (260 m.o.h.) er nærmeste klimastasjon hvor Meteorologisk institutt har måling av lufttemperaturer. For perioden 1964-1990 er beregnet følgende middelerverdier:

År	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
5,5	-2,3	-2,4	0,1	3,4	8,8	13,0	14,2	13,5	9,9	6,5	2,2	-0,6

1.3 Åseral kommune

Hele den planlagte opprusting og utvidelse av Skjerka kraftverk er lokalisert til Åseral kommune.

Åseral kommune grenser i nord og øst mot Bygland kommune i Aust-Agder, mot vest mot Hægebostad kommune og mot syd mot Audnedal kommune. Kommunen har et areal på 888 km² og et innbyggertall pr. 1.1.93 på 831 (SSB). Kommunesenteret ligger i Kyrkjebygd ved nordre ende av Ørevann.

Bosettingen i Åseral ligger overveiende spredt langsetter daldrag og Elvepartier fra Ljosland og Borteli i nord til Mjåland i sør. Det eneste tettstedet i kommunen er kommunesenteret Kyrkjebygd som ligger der Mon og Logna møtes i nordenden av Ørevann.

I daldragene finner en små gårdsbruk og jordbruksland. Det aller meste av arealet i kommunen er imidlertid skog, utmark og heiområder.

Hytter og fritidsbebyggelse finnes i et ikke uvesentlig omfang. De viktigste konsentrasjonene av slik bebyggelse ligger ved Flystveit, Ljosland og Borteli. Det er turistsentre med bla. tillrettelagte tilbud (skibakke, oppkjørte løyper, overnattingsmuligheter eller annet) ved Ljosland, Borteli og Eikerapen i tillegg til at Kristiansand og Oppland Turistforening har en av innfallsportalene til løypenettet sitt fra Ljosland.

Det er offentlig og private tjenester og primærnæringen som sysselsetter flest personer. I 1990 var det denne fordelingen av den yrkesaktive del av befolkningen (16 år og over) på de forskjellige sektorer:

% i næringsgrupper

menn	kvinner	ialt	primær næring	bergverk industri	bygg/ anlegg	vare- handel	tran- sport	offentlig og private tje- nester
222	172	394	19	14	15	10	7	36

Kilde: SSB Folke og boligtelling 1990

2. DAGENS ISFORHOLD

2.1 Datagrunnlaget

Beskrivelsen av isforholdene i Mandalsvassdraget bygger på følgende kilder:

- * Isnotater ved vannmerkene 548 Kjølemo, 1244 Håverstad, 546 Ørevassoset, 551 Nedre Skjerkevatn og 1013 Nåvatn
- * Beskrivelser av isforholdene i tidligere rapporter fra Iskontoret (1960), Devik (1961), Roen (1981) og Tvede (1982)
- * Iskartlegging av elva mellom Mandal og Håverstad, Ørevatn, Skjerkevatn, Nåvatn og Langevatn vintrene 1991-92 og 1992-93.
- * Beskrivelser og fotografier tatt under befaringer
- * Muntlige opplysninger gitt av lokalfolk under befaringer.

2.2 Isforholdene i Mandalselva

De nederste 12 km av Mandalselva, fra Mandal by til Nødingfossen, har elva nesten ikke noe fall og er stilleflytende. På den aller nederste strekningen virker også tidevannet inn. På denne flate strekningen av Mandalselva ligger forholdene altså godt tilrette for at det kan legge seg is over hele elva når værforholdene tillater dette. Vintrene 1991-92 og 1992-93 var så milde at det ikke ble registrert noen lengre isperioder. Under en befaring 4. mars 1993 var det såpass kaldt at det ble observert begynnende isdannelse i form av sarransamlinger og noe kantis. Ved å studere vanntemperaturkurvene fra stasjon 12101 Kjølemo i figur 8-10 kan vi se hvilke perioder det har vært 0 °C og følgelig muligheter for islegging. Siste gang det var en lengre periode (mer enn 1 mnd) med 0 °C var vinteren 1986-87. Også i 1984-85 og 1985-86 var nok Mandalselva islagt det meste av vintrene. Selv om det ikke har vært mye is på elva de siste 5-6 vintrene så er dette i hovedsak en konsekvens av det milde været. I middels kalde og i kalde vintre vil den nederste delen av Mandalselva fortsatt kunne bli islagt i flere uker.

Går en lenger tilbake i tiden, så viser diagrammer i Iskontoret (1960) at elva vinteren 1940-41 var islagt ved Kjølemo fra midten av desember til slutten av april. Men det var også da tilnærmet isfrie vintre, f.eks vinteren 1948-49.

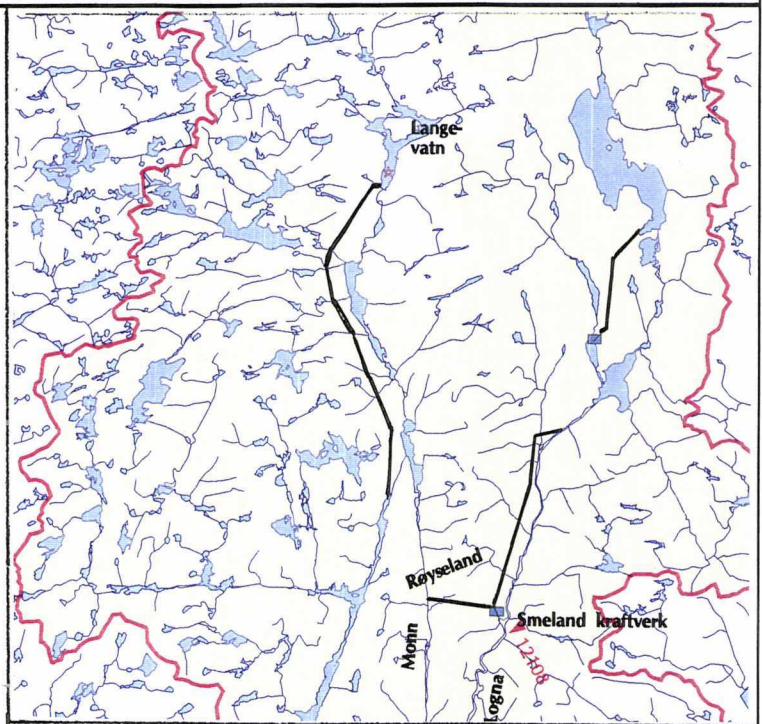
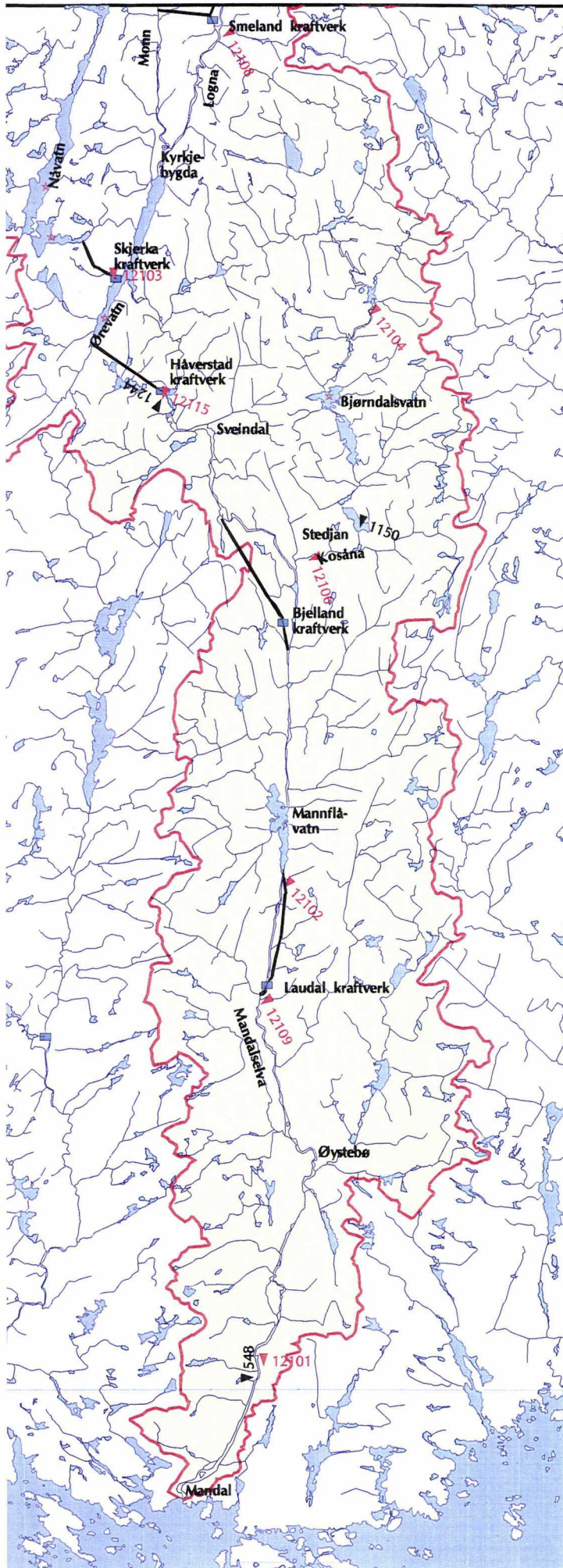
Videre oppover langs elva er det flere fosser og strykpartier opp til Øyslebøområdet. Her er det ikke observert noe is de seneste vintrene og det er nok bare i meget kalde vintre at det kan dannes noe is her.

Mellom Øyslebø og Laudal er det igjen en strekning med lite fall. Heller ikke her er det blitt observert is de siste 5-6 vintrene. Temperaturen ved Laudal har ikke vært nede i 0°C noen vintre siden kraftverket startet i 1981 og dette viser at elva her ikke kan ha frosset til sålenge kraftverket kjøres. I kalde vintre kan det nok likevel bli såpass avkjøling at det dannes is på elva ved Øyslebø. I kap.4 er det presentert noen analyser av lufttemperaturregistreringer ved Fuglestvedt i vintrene 1985-88. Disse viser at det da forekom minimumstemperaturer helt ned i -25°C.

Mellom Laudal kraftverk og Mannflåvatn er det en sterkt redusert vannføring og det er bygget flere terskler. På terskelbassengene vil det legge seg is forholdsvis raskt når det kommer en periode med normalt eller kaldt vintervær. Erfaringer fra andre utbygde vassdrag viser at isen på slike terskelbassenger er stabil og kan ligge langt utover våren.

Mannflåvatn er vanligvis islagt på den nordvestre delen og langs land nedover på vestsiden. Elvestrømmen lager imidlertid vanligvis en råk gjennom hele vatnet ned til tunnelinntaket til Laudal kraftverk. I de seneste vintrene har det ikke vært perioder hvor hele Mannflåvatn har vært islagt. Istykkelsen på

Fig.1 022.Z Mandalselva, nedre del



MÅLESTASJONER

- ▼ Vannføring
- ▼ Vanntemperatur i elv
- * Vanntemperatur i innsjø

Målestokk 1 : 286765

0 10 km

Koordinatsystem: UTM, sone 32

Grunnlagsdata: Statens kartverk N250

Temainformasjon: NVE-REGINE

Dato: 09 Nov 93

Utforming: NVE-HM,HHØ



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

det nordvestre området ble målt til 22 cm den 8.3.93.

Fra ovenfor Mannflåvatn til utløpet av Bjelland kraftverk er elva igjen isfri.

Fra ovenfor Bjelland kraftverk til Tungefossmagasinet er elva tilnærmet tørrlagt om vinteren med unntak av terskelbassengene. På disse bassengene er det et stabilt isdekke i normale vintre.

Tungefossmagasinet er også normalt islagt i vintermånedene, men det er en stor råk inn i den øvre delen.

Fra ovenfor Tungefossmagasinet til utløpet av Håverstad kraftverk er igjen Mandalselva stort sett isfri. I kalde perioder kan det likevel danne seg noe kantis på det brede elvepartiet ovenfor Sveindal. Fra ovenfor Håverstad og til Ørevassdammen er igjen elva tilnærmet tørrlagt om vinteren.

Som en oppsummering kan det slås fast at Mandalselva idag består av tre strekninger hvor elva stort sett er isfri, tre strekninger hvor vintervannføringen er sterkt redusert og hvor det ligger stabil is på terskelbassengene, og så nederst en strekning hvor isforholdene er variable, dvs. elva kan islegges i kalde perioder, men er oftest åpen.

2.3 Ørevatn

Ørevatn er delt i en nordre og en søndre del. Delelinja er vegfyllingen/brua over til Skjerka. Fra utløpet fra Skjerka kraftverk går det alltid en stor råk nedover den søndre del av Ørevatn. Råka har en ofte "bananform"; etter først å gått rett over til østsiden av Ørevatn svinger råka så tilbake mot vestsiden igjen. I figur 2 er vist en issituasjon som kan kalles forholdsvis representativ for midtvinteren. Vinteren 1991-92 ble den første isleggingen på søndre del observert 6.januar og 8.april var nesten all is borte. Neste vinter var tilsvarende datoer 6.januar og ca 10.april. Fra vannmerket 546 Ørevassoset har vi en serie på 11 år mellom 1923 og 1950 hvor datoer for islegging og isløsning er notert. Disse notatene gjelder for området ovenfor det naturlige utløpet fra Ørevatn. Notatene viser at midlere dato for islagt vann var 18. desember og at det var isfritt 26.april.

Isens kvalitet på søndre del av Ørevatn er karakterisert som upålitelig og sterkt variabel. Det kan nok forekomme perioder hvor isen får såpass styrke at den kan brukes til tverrgående ferdsel, men dette ansees å være unntakstilfeller. Istykkelsen ble målt til 30 cm den 4.mars 1993. Rundt inntakstunnelen til Håverstad kraftverk er det igjen en større råk. Istykkelser er målt i dette området i forbindelse med vanntemperaturmålinger, se tabell 1.

I den nordre delen av Ørevatn kommer det inn en råk fra elva Logna. Sør for denne råka er vatnet stabilt islagt ned til vegbrua hvor det påny dannes en råk. Generelt ser det ut som om iskvaliteten på nordre del av Ørevatn er bedre enn på den søndre delen.

Tabell 1. Is- og snømålinger (i cm) på Ørevatn

Dato	Snødyp	Istykkelse	Merknad
4.3.81	0	42	Nordre del
4.3.81	0	31	Søndre del
4.3.92	2	30	"
29.1.93	0	28	"
4.3.93	0	30	"

2.4 Skjerkevatn

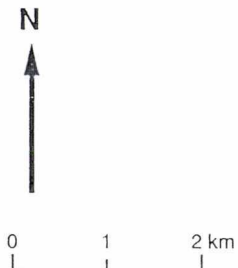
Den ytre delen av Skjerkevann (indre delen kalles Hagedalsvatn) har oftest brukbare isforhold, bortsett fra området nær tunnelinntaket til Skjerka kraftverk. Innenfor sundet mellom Skjerkevatn og Hagedalsvatn blir isen dårligere og eventuel ferdsel må gå langs den sørlige stranda. Den nordlige delen av Skjerkevatn er dominert av utløpsråka utenfor tappetunnelen fra Nåvatn, se figur 3. Utenfor råka er det et bredt område med svak is.

Temperaturvertikalmålinger i Skjerkevatn er som oftest gjort på indre delen (Hagedalsvatn) noe sør for råka, se figur 24. Istykkelsene som ble målt her, supplert med målinger under befaringer, er samlet i tabell 2. Ved noen besøk er det også målt istykkelse på den midtre og ytre del av Skjerkevatn. Disse målingene viser at istykkelsen kan være 10-15 cm større på den ytre delen.

ISKART ØRE VATN

STASJONSNR. 121 - 10

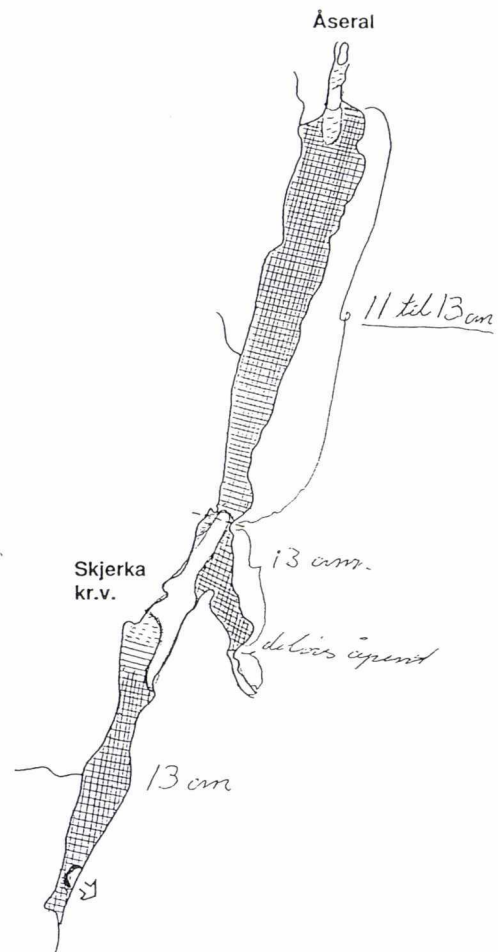
- | | |
|---|----------------------------|
|  | åpent |
|  | begynnende isdannelse |
|  | tynn is |
|  | fast isdekke |
|  | drivis |
|  | åpen råk (tegnes med rødt) |



Merknad: *Temp. +5*
Vannstand: HRV.

Dato kartet er tegnet: *29/1-92*

Observatør: *H. Aørz*



Figur 2. Iskart for Ørevatn tegnet 29.1.92. Kartet viser en vanlig issituasjon midtvinters.



Figur 3. Råk i Skjerkevatn 3.3.93 ved utløpet av tappetunnelen fra Nåvatn. Ved en heving av HRV i Skjerkevatn til kote 644m vil vannet nå opp til omtrent midt på fjellet i bakgrunnen.



Figur 4. Nåvatn ved hengebrua over vatnets smaleste parti den 3.3.93. Magasinet var under nedtapping og det hadde nettopp åpnet seg råker i isen pga økende stømhastighet.



Figur 5. Råk i isen på Nåvatn den 4.2.92 like over tunnelinn-taket for tappetunnelen over til Skjerkevatn.

Tabell 2. Snø- og ismålinger (i cm) på Skjerkevatn/Hagedalsvatn

Dato	Snødyp cm	Istykkelse	Merknad
7.1.92		7	Ytre del av vatnet
27.1.92		12	
3.3.92	8	22	
2.4.92	0	30	
4.1.93	0	10	
28.1.93	15	11	3 islag, 60 cm sørpe
3.3.93	10	29	
6.4.93	0	40	

2.5 Nåvatn

Nåvatnmagasinet er vanskelig tilgjengelig høst og vår og det er derfor få iskart fra disse periodene. De iskartene som finnes er stort sett fra perioden etter isen har lagt seg og før isløsningen har begynt. Vinteren 1992-93 begynte isleggingen de første dagene i november. Utover vinteren senkes gradvis vannstanden i Nåvatn og dette betyr at gjennomstrømnings-hastigheten øker sørover gjennom vatnet. I de trange partiene hvor det også er grunt, blir hastigheten så stor at isen tøres opp nedenfra og det åpner seg råker der hvor det tidligere på vinteren var sammenhengende is. Spesielt gjelder dette ved de to stedene hvor det er bygget bruer for tverrgående ferdsel, se figur 4.

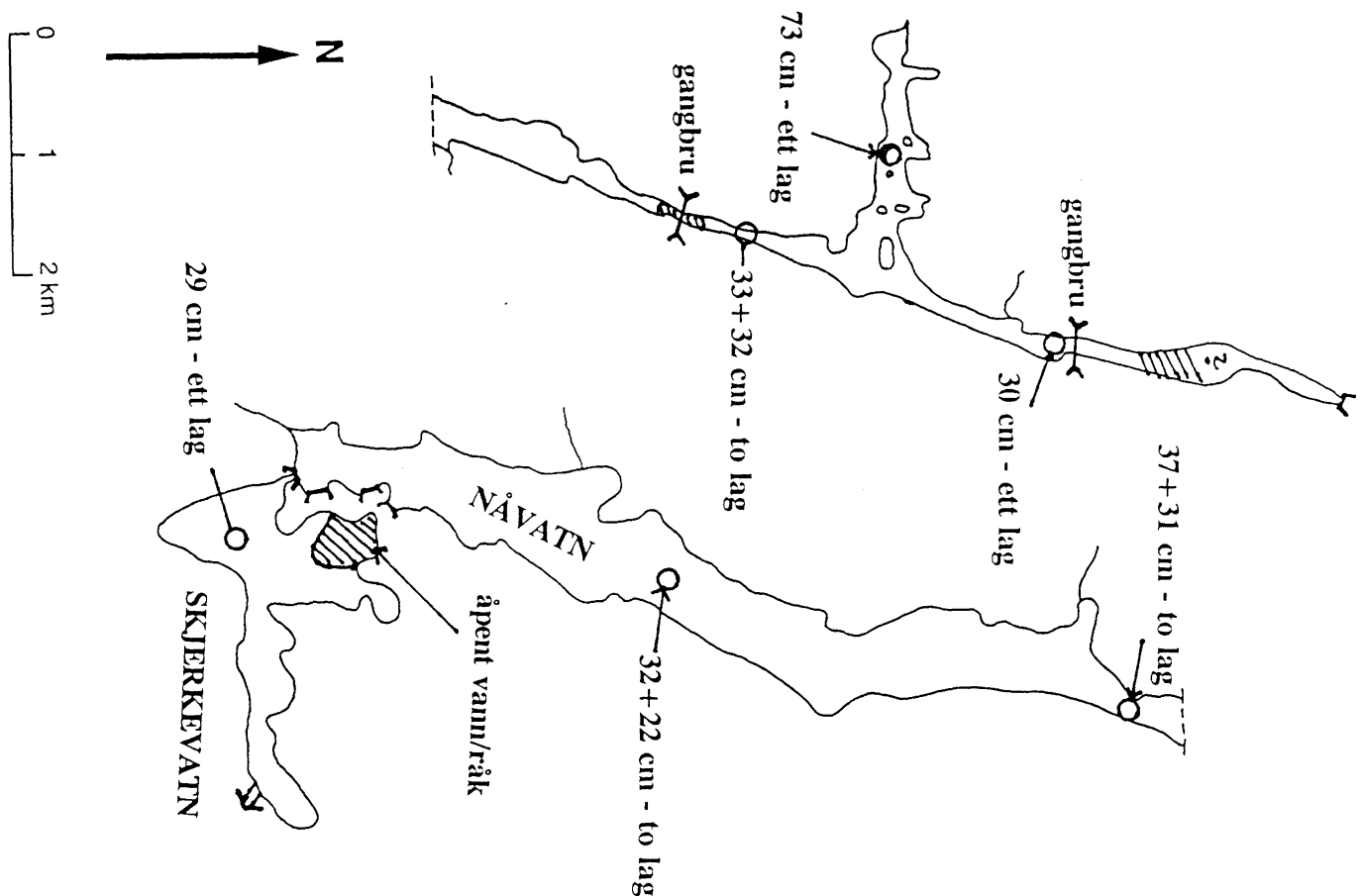
Over tunnelinntaket nær sørenden åpner det seg også et hull i isen når vannstanden blir lav, se figur 5. I nordenden kommer tunnelen som overfører magasin vann fra Langevann. Utenfor denne tunnelen er det en råk. Nåvatn representerer derfor et magasin hvor isforholdene ofte blir dårligere utover vinteren pga nedtappingen.

Istykkelsene som er målt ved det faste temperaturmålestedet ca 3 km ovenfor sørenden i Nåvatn (avmerket på figur 24) er samlet i tabell 3.

Under en befaring 3. mars 1993 ble istykkelsen målt i flere punkter, se figur 6. Istykkelse og struktur varierte noe fra sted til sted. Tykkest (73 cm) var isen inne i bukta inn mot elva fra Vivatnet. Sannsynligvis har isen lagt seg her tidligere enn lenger sør på Nåvatn.

Tabell 3. Is- og snømålinger (i cm) på Nåvatn

Dato	Snødyp cm	Istykkelse	Merknad
10.1.92		14 - 22	Ikke angitt målesteder
27.1.92		12	Middelverdi av flere
4.2.92	5	36	
3.3.92	8	54	
2.4.92	5	45	
16.12.92		2 - 10	
4.1.93		20	
28.1.93	20	26	Mange is- og sørpelag
3.3.93	8	54	To islag
6.4.93		60	"



Figur 6. Istykkelser målt på Nåvatn 3.3.93. Råker som ble observert er også tegnet inn.

2.6 Langevatn

Også på Langevatn er det tegnet noen iskart. Disse indikerer at isen la seg de første dagene i november 1992. Ved tunnelåpningen rett ovenfor dammen vil det alltid være en råk og et parti med usikker is, men ellers på Langevatn ser det ut som om isforholdene er relativt stabile når isen først har lagt seg. Etterhvert som vannstanden senkes, sprekker isen opp langs land og på slutten av tappesesongen ligger øyensynlig mye av isen på tørt land.

I tabell 4 er samlet istykkelsesmålingene fra Langevatn. Målestedet er vist på figur 26.

Tabell 4. Ismålinger på Langevatn

Dato	Snødyp cm	Istykkelse	Merknad
18.12.91	15	17	
10.1.92		20	Landløs is
21.1.92		33	
4.2.92	8	55	
19.3.92	16	65	
17.12.92		6	To islag
6.1.93	20	50	Flere islag
4.3.93	20	65	To islag
7.4.93	15	75	To islag

2.7 Andre deler av vassdraget

I elva Monn som starter fra Langevatn, er det pålagt en minste-vannføring på 0.1 m³/s nedenfor Røysland om vinteren. Isforholdene i Monn er normalt stabile fordi det svært sjeldent blir overløp fra Langevatn i vintermånedene. Dersom dette skjer, så skyldes det uvanlig stort tilsig pga mildvær og nedbør som regn. Under slike værforhold vil isforholdene i Monn sannsynligvis allerede være dårlige.

I sideelva Kosåna er det tidligere foretatt isundersøkelser i forbindelse med en planlagt separatutbygging av denne elva. Isforholdene er rapportert i Tvede (1982). På Bjørndalsvatn (291 m o h) har undersøkelsene fortsatt og det er tegnet iskart siden høsten 1981. I tabell 5 er tatt med datoer for islegging og isløsning.

Tabell 5. Datoer for islegging og isløsning på Bjørndalsvatn

Vinter	Første isdannelse	Helt islagt	Isløsning startet	Isfritt
1981-82	14.11	6.12	?	29.4
1982-83	20.11	18.12	?	?
1983-84	24.11	22.12	?	27.4
1984-85	?	?	30.4	9.5
1985-86	15.11	21.11	30.4	15.5
1986-87	17.12	2.1	?	4.5
1987-88	28.11	15.12	2.5	12.5
1988-89	19.11	14.12	1.2	14.4
1989-90	17.11	18.12	28.2	2.4
1990-91	20.11	11.12	6.4	5.5
1991-92	Ingen	varig is	denne	vinteren
1992-93	?	23.11	16.4	30.4

Det må bemerkes at iskartleggingen av Bjørndalsvatn foretas av en observatør bosatt på Sveindal fordi det ikke er noen fast bosetning ved Bjørndalsvatn. Datoene i tabellen er derfor den første dato observatøren har besøkt vatnet og observert de angjeldende isforhold.

Vi ser at vinteren 1991-92 var det ingen varig islegging på Bjørndalsvatn ifg. observatøren. Noe is må det likevel ha vært i perioder; under vanntemperaturmåling 29.2.92 ble det målt en istykkelse på 20 cm. Likevel må denne vinteren kunne karakteriseres som en uvanlig "dårlig" isvinter. Vinteren 1992-93 synes å ha vært ismessig mer "normal".

Bjørndalsvatn inngår også i de vatn hvor det rutinemessig måles istykkelser. Istykkelsene som er målt midtvinters er samlet i tabell 6. Istykkelsene i 1992 og 1993 var mindre enn i de fleste vintre på 1980-tallet.

Tabell 6. Ismålinger på Bjørndalsvatn

Dato	Snødyp cm	Istykkelse	Merknad
3.3.81	2	45	
17.2.82	1	52	to islag
8.3.85	21	38	
26.2.86	31	55	
21.3.87	40	42	
19.3.88	29	56	
4.3.89	0	0	ikke is
5.3.90	0	0	ikke is
27.2.91	0	53	
29.2.92	0	20	
4.3.93	3	36	

Det kan derfor konkluderes med at av de to vintrene hvor det har vært foretatt isundersøkelser i tilknytning til Skjerka-utbyggingen, så var vinteren 1991-92 en uvanlig dårlig isvinter med en kort islagt periode og tynn is. Vinteren 1992-93 var mer normal, men også denne med tynnere is enn vanlig.

2.8 Bruken av isen

På selve Mandalselva er det så lite og ustabil is at det neppe kan sies å være noen brukerinteresser utenom den friluftsb Bruken som oppstår spontant når det blir gangbar is.

På Ørevatn har det i gode isvintre vært kjørt med traktor for å hente ved og tømmer fra liene langs vatnet.

På Nåvatn er det en god del snøscooterkjøring og skigåing både av lokalfolk fra Åseral og turister. Snøscooterkjøringen er størst på ettervinteren og våren i tilknytning til bruk av hytter og støler inne på fjellet. VAE merker farlige områder etterhvert som disse oppstår. For noen år siden var det en dødsulykke i nordenden av Nåvatn da en snøscooter kjørte gjennom isen nær råka utenfor tunnelen fra Langevatn.

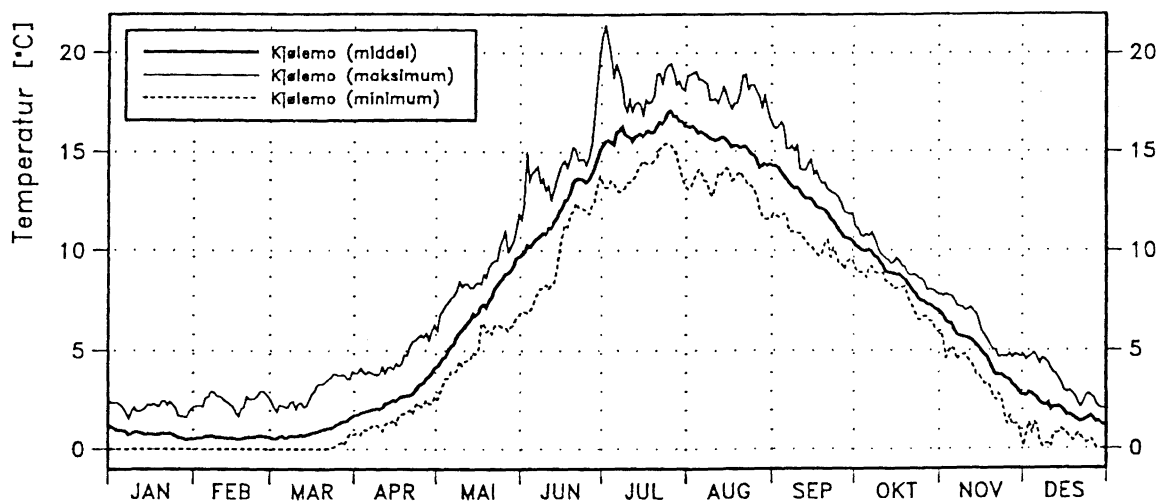
På Langevatn er det mest skiferdsel. Dette magasinet tappes ofte ned tidlig på vinteren, slik at isforholdene blir stabile til vinterferien og påskeferien når det er stor turisttrafikk i dette området.

3. DAGENS VANNTEMPERATURFORHOLD

3.1 Mandalselva

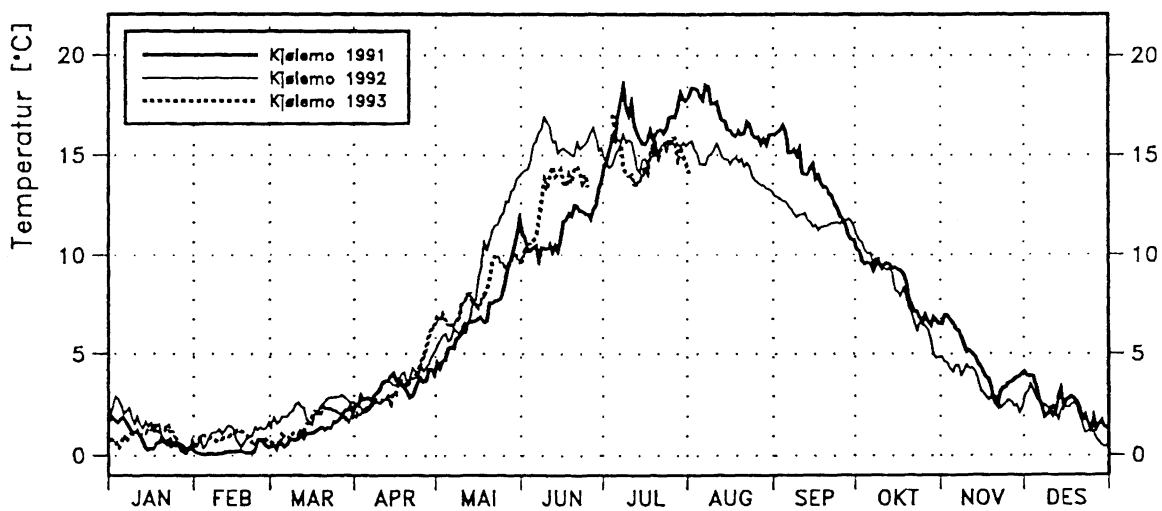
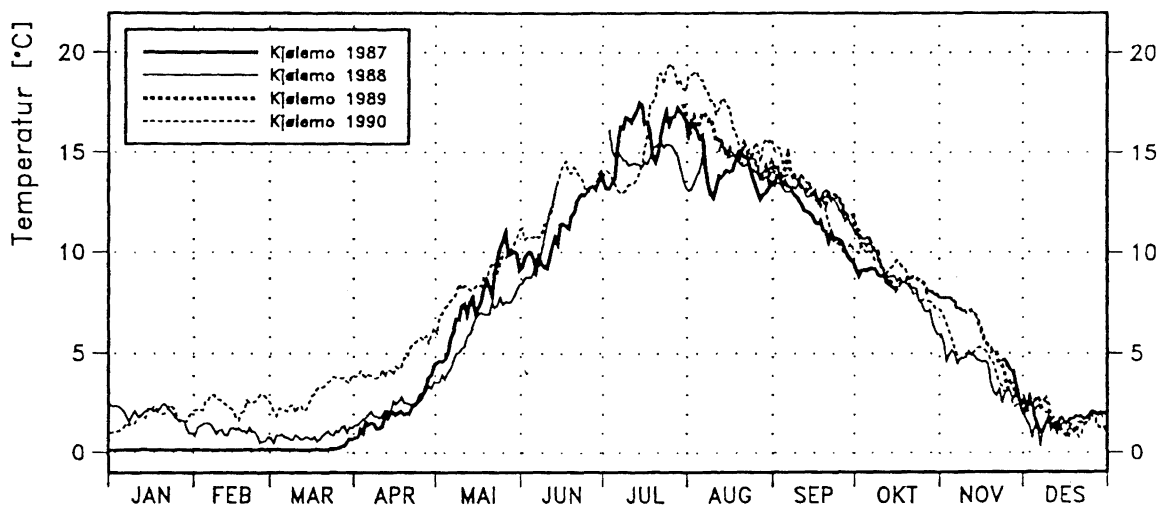
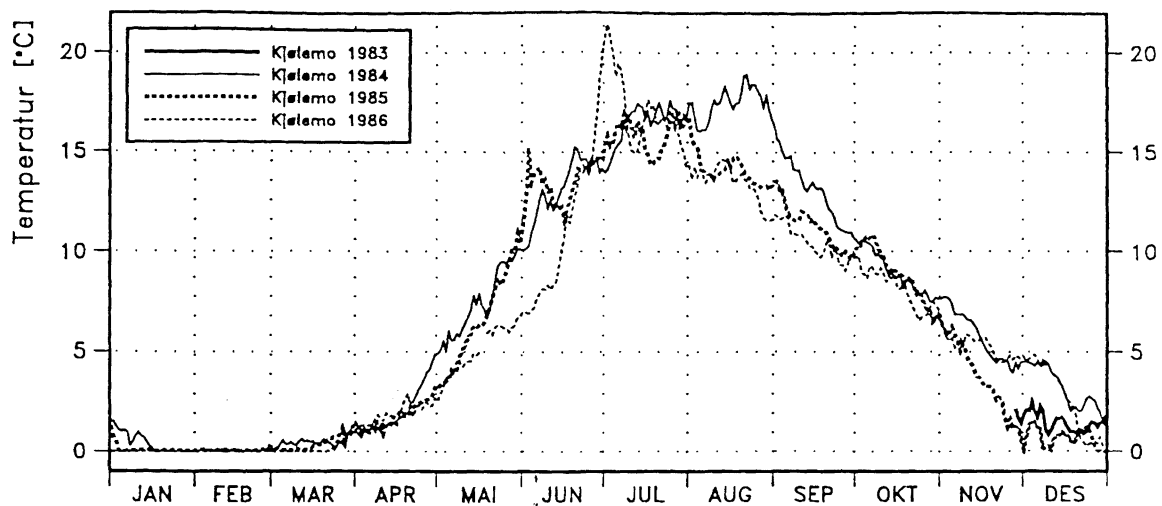
Alle målestedene er vist i figur 1. Den lengste måleserien er fra stasjon 12101 Kjøleemo som ligger ca 12km ovenfor Mandalselvas utløp i havet. Dette målestedet har vært i drift siden høsten 1983. Like nedenfor utløpet av Laudal kraftverk har stasjon 12109 vært i drift siden høsten 1986. Ved utløpet av Mannflåvatn ble vanntemperaturen målt manuelt i noen år før Laudal kraftverk ble bygget. Ved utløpet av Håverstad kraftverk ble målinger satt igang i februar 1992. I avløpsvannet fra Skjerka kraftverk ble det tatt manuelle målinger i årene 1980-82 og i avløpsvannet fra Smeland kraftverk er det utført manuelle målinger siden januar 1986. I sideelva Kosåna har stasjonen 12106 Stedjan gått siden høsten 1985.

Middelverdiene ved Kjøleemo i perioden 1983-91 er vist i figur 7. Vintertemperaturen ligger mellom 0.5 og 1°C, fra midten av mars starter temperaturen å stige, og denne stigningen er forholdsvis jevn fram til begynnelsen av juli. De høyeste temperaturene nås normalt i slutten av juli da døgnmiddelverdiene når 17°C. Utover høsten synker temperaturen igjen jevnt. Døgnsvigningene er svært små fra oktober til mars, men øker raskt til ca 1°C i april. De største døgnsvigningene får en normalt i juni og juli med 2-3°C.



Figur 7. Vanntemperaturen ved stasjonen 12101 Kjøleemo. Kurvene viser maksimum-, middel- og minimumsverdier som er registrert i perioden 1983-91.

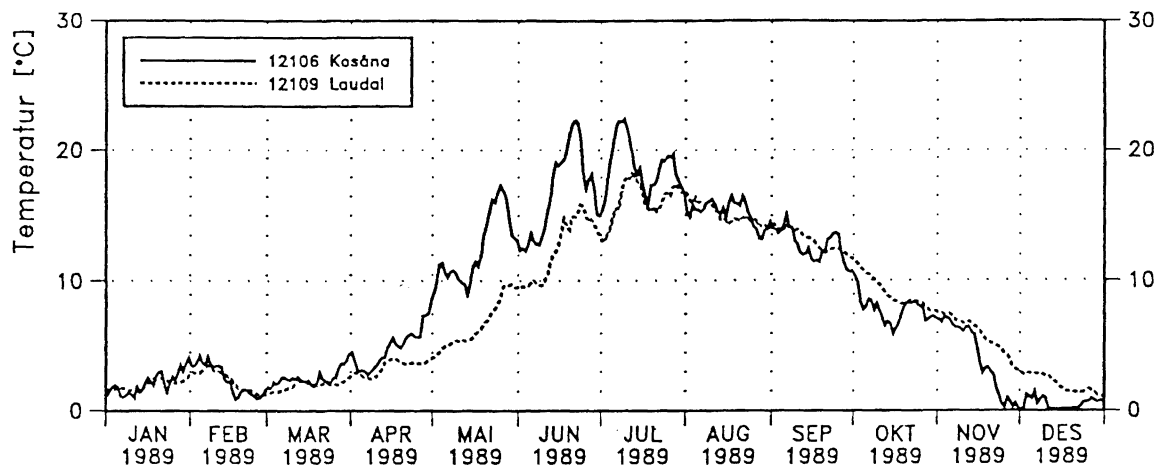
Ser en på kurvene fra de enkelte år, figur 8-10, så viser disse relativt store variasjoner. Vintertemperaturen var på frysepunktet i lengre perioder alle vintrene 1984-87, men har siden ikke vært så lav. Også tidspunktet for sommerens maksimums-temperatur varierer mye, fra midten av juni (1992) til



Figur 8-10. Vanntemperaturen (døgnmiddel) ved stasjonen 12101 Kjølamo for årene 1983-93

midten av august (1984). Minst variasjon fra år til år er det i oktober-november.

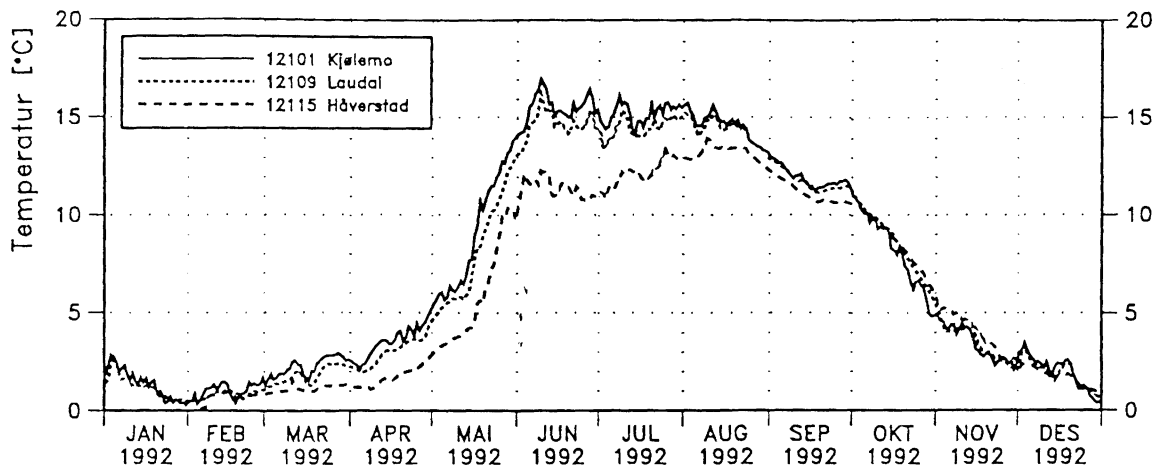
Forskjellen mellom temperaturen i hovedelva og i sideelva Kosåna er vist i figur 11 for året 1989. I mai og juni stiger temperaturen i Kosåna mye raskere enn i hovedelva og forskjellen kan bli 5-8°C. Det motsatte skjer på høsten og forvinteren, da synker temperaturen raskere i Kosåna enn i hovedelva. Det er også tatt noen sammenliknende målinger i flere sidebekker og i hovedelva 15. og 16.juni 1993. Det var pent vær disse dagene. Alle sidebekkene var da 2-5°C varmere enn hovedelva. Tilsvarende måleserie 20.august viste det samme bildet, men forskjellene på sidebekkene og hovedelva var da noe mindre.



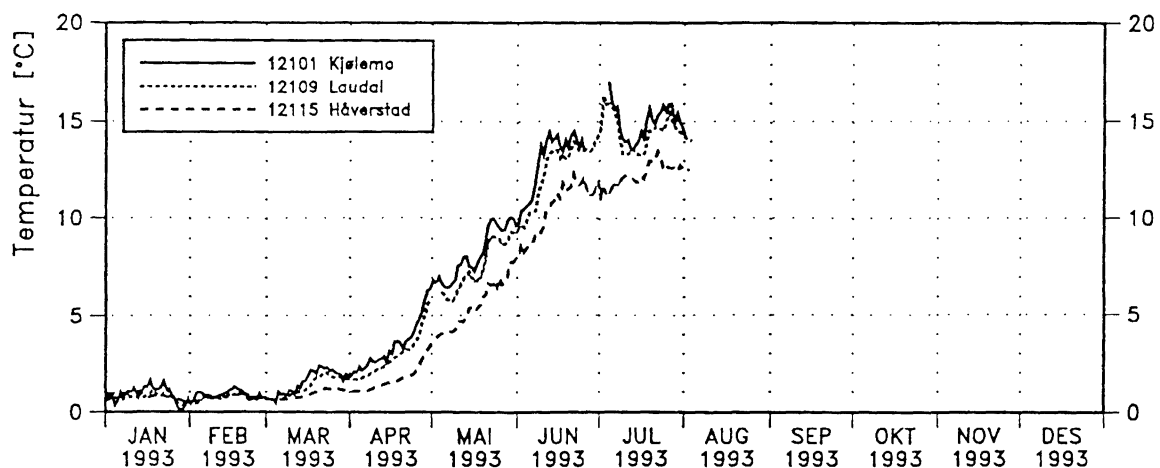
Figur 11. Vanntemperaturen (døgnmiddelverdier) ved stasjonene 12106 Kosåna og 12109 Laudal i 1989

For hele 1992 og for 1993 frem til ca 1.august har vi data som illustrerer temperaturendringene mellom Håverstad og Kjølamo, se figur 12 og 13. I 1992 lå temperaturen ut av Håverstad lavere enn ved Kjølamo frem til ca 1.oktober, resten av høsten og forvinteren var det bare små forskjeller. De største forskjellene var i juni og første del av juli da temperaturstigningen nedover elva var 3-5°C. Også temperaturen nedenfor Laudal kraftverk er plottet i figur 12 og 13, og viser at i middel har ca 3/4 av temperaturstigningen foregått mellom Håverstad og Laudal. I løpet av august avtar denne temperaturøkningen raskt.

Vannføringsforholdene i Mandalselva i 1992 og 1993 er vist i figur 14. Det som er spesielt å merke seg er den lave vannføringen i juni og juli begge år, da også det uregulerte tilsiget var meget lite. Dette betyr at innflytelsen av det relativt varme uregulerte tilsiget (fra Kosåna og andre sideelver) på hovedelva var liten fordi vannvolumet var ubetydelig. Avløpet ved Håverstad lå stort sett mellom 30 og 70 m³/s.



Figur 12. Vanntemperaturen (døgnmiddelverdier) ved stasjonene i hovedvassdraget i 1992.

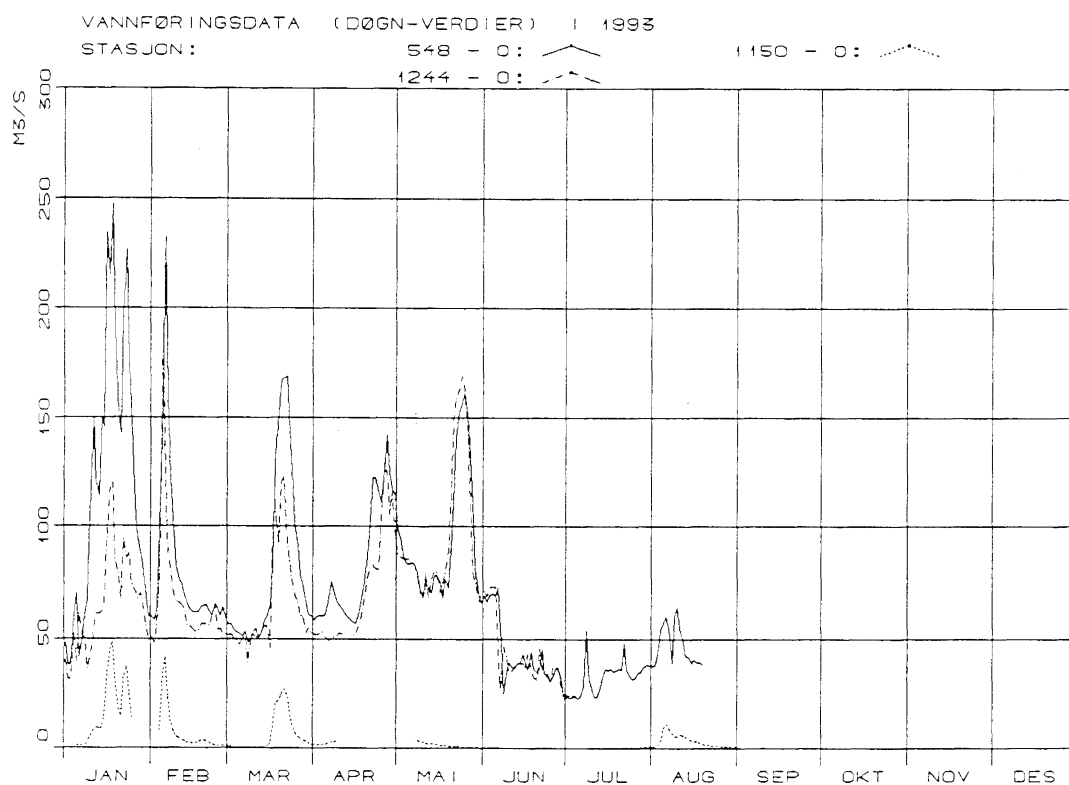
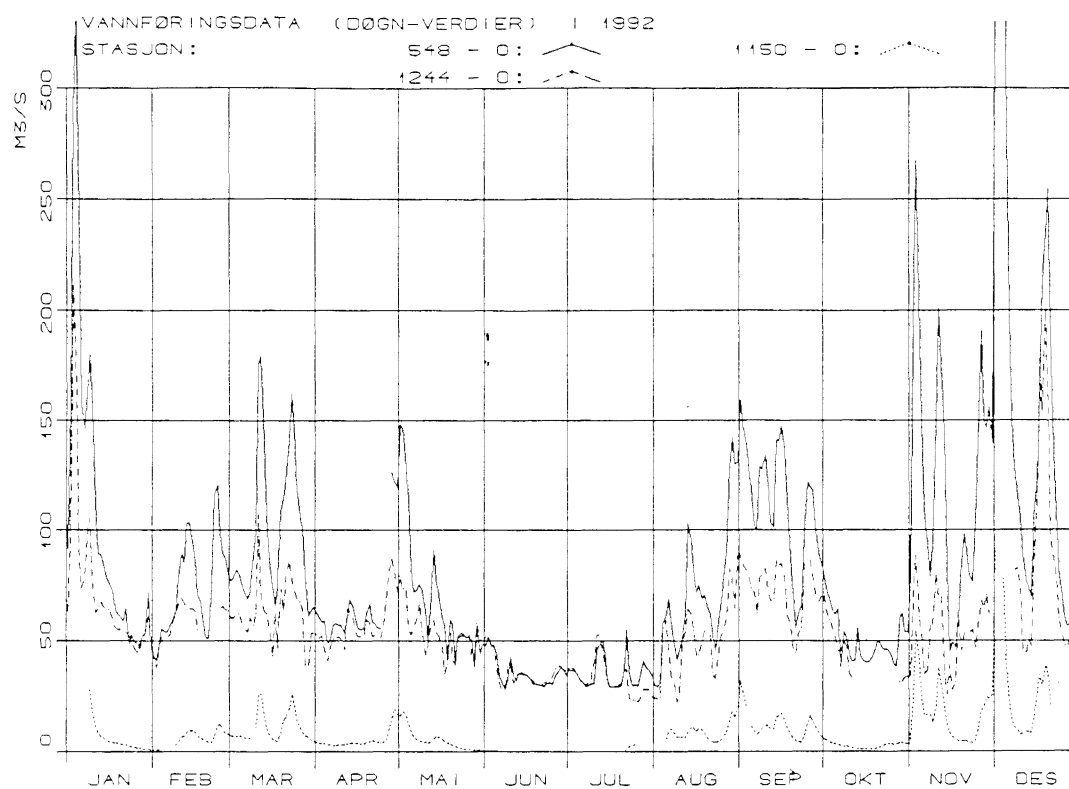


Figur 13. Vanntemperaturen (døgnmiddelverdier) ved stasjonene i hovedvassdraget i 1993 frem til ca 1.8.

3.2 Forholdet mellom vannføring og vanntemperatur

De innsamlete vanntemperaturdata, i kombinasjon med værdata fra Byglandsfjord og vannføringsdata fra Kjølema, er benyttet til å sammenlikne med beregnede resultater fra modellverktøyet RICE. Modellen etablerer relasjoner mellom endringer i vannføringen og vanntemperaturen i sommermånedene. RICE inngår som en delmodell i Vassdragssimulatoren.

Det er etablert slike relasjonskurver for 15.juni, 15. juli og 15.august og en har da forutsatt "pent sommervær". Det ligger også endel andre forutsetninger og forenklinger i modellen (ingen innvirkning fra sidebekker, ingen temperaturendring i tunneler, Mannflåvatn regnes å være en elvestrekning). Hensikten har vært å analysere de situasjoner hvor en kan



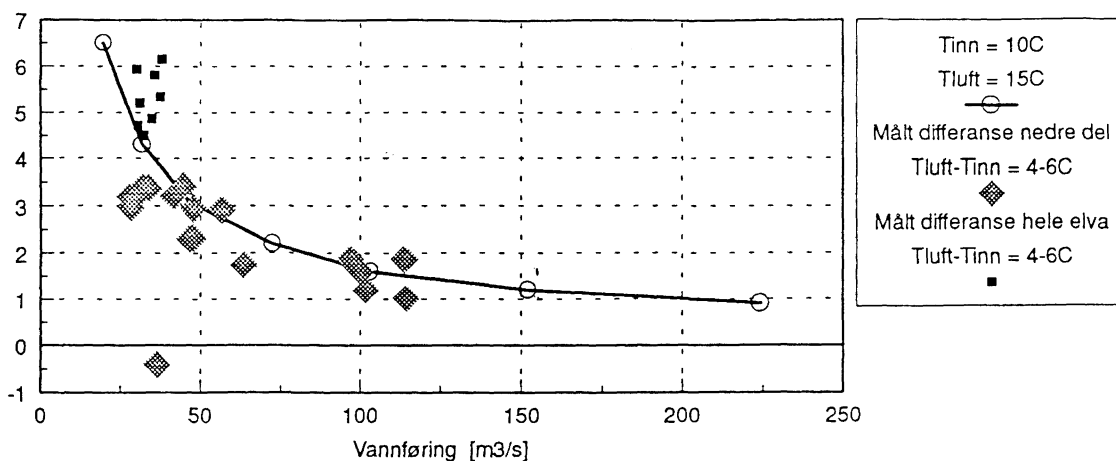
Figur 14. Vannføringen ved stasjonene 548 Kjøleemo, 1244 Håverstad og 1150 Myglevatn i 1992(øverst) og 1993(nederst). Dataene er hentet fra filen med rådata og dataene er ikke ferdig kontrollerte eller komplementerte.

Temperaturøkning ned Mandalselva

Skydekke 50%, Vindhastighet 2.0 m/s

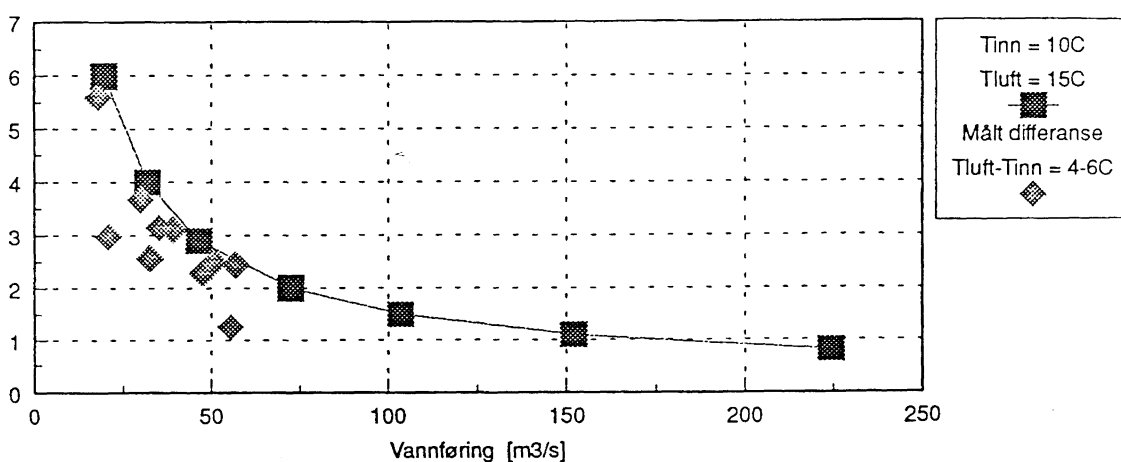
15. juni (27.juni)

Temperaturøkning [C]



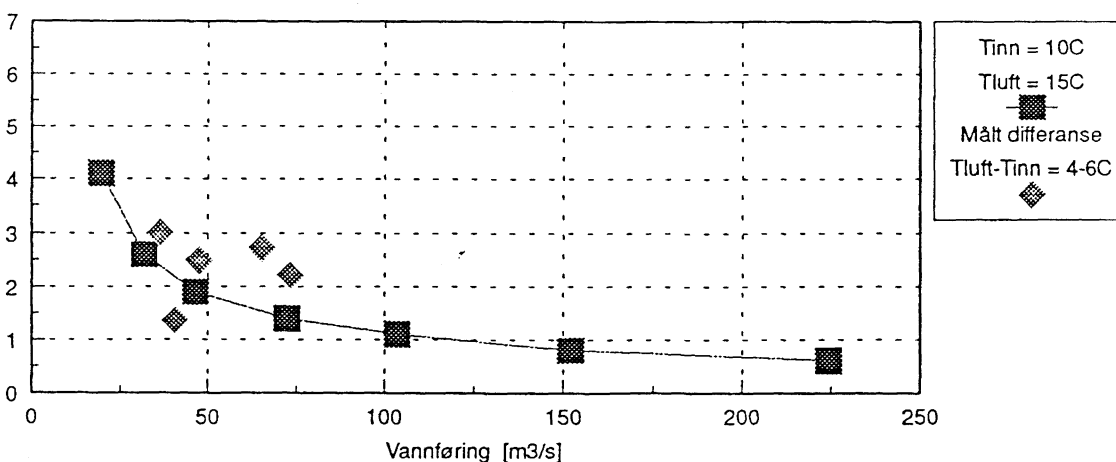
15. juli (28. mai)

Temperaturøkning [C]



15. august (27. april)

Temperaturøkning [C]



Figur 15-17. Kurver som viser sammenhengen mellom vannføring og vanntemperaturøkning nedover hovedelva mellom Håverstad og Mandal by for 15.juni, 15.juli og 15.august. Se ellers forklaring i teksten.

forvente de største vanntemperaturendring. Resultatene er vist i figurene 15-17. Som eksempel kan velges kurven for 15.juli. Dersom vannføringen ved Kjøleemo denne dagen er 50 m³/s, så kan det forventes en temperaturøkning på 2.7 °C fra Håverstad til Mandal by. Økes derimot vannføringen til 100 m³/s så synker denne temperaturøkningen til 1.6 °C. Dersom en vet, eller antar vanntemperaturen ut av Håverstad kraftverk, så kan altså kurvene brukes til å bestemme de maksimale temperaturendringer som kan forventes nederst i Mandalselva ved gitte endringer i sommervannføringen.

Modellkurvene viser god overenstemmelse med de målte verdiene fra Håverstad og Kjøleemo i 1992 og 1993 og vil bli brukt ved beregningen av forventete temperaturendringer i kap.5.

3.3 Temperaturforholdene i magasinene

Temperaturvertikalmålinger er tatt i Ørevatn, Skjerkevatn, Nåvatn og Langevatn fra februar 1992 til august 1993. Målehyppigheten har variert noe, men en har forsøkt å få tatt en måling hver måned om sommeren. Instrumentsvikt gjorde at noen målinger fra vinteren 1992-93 måtte forkastes. Alle de godkjente målingene er vist i figurene 18-21. Noen kommentarer skal knyttes de enkelte magasiner.

I Ørevatn er det ikke målt noen sjiktning hverken sommer eller vinter. Dette betyr at det er liten temperaturforskjell mellom overflate og bunn på ca 25 m dyp. Et dybdekart viser at Ørevatn i et mindre område er mer enn 40 m dypt, det kan derfor tenkes at det her ligger kaldere vann om sommeren.

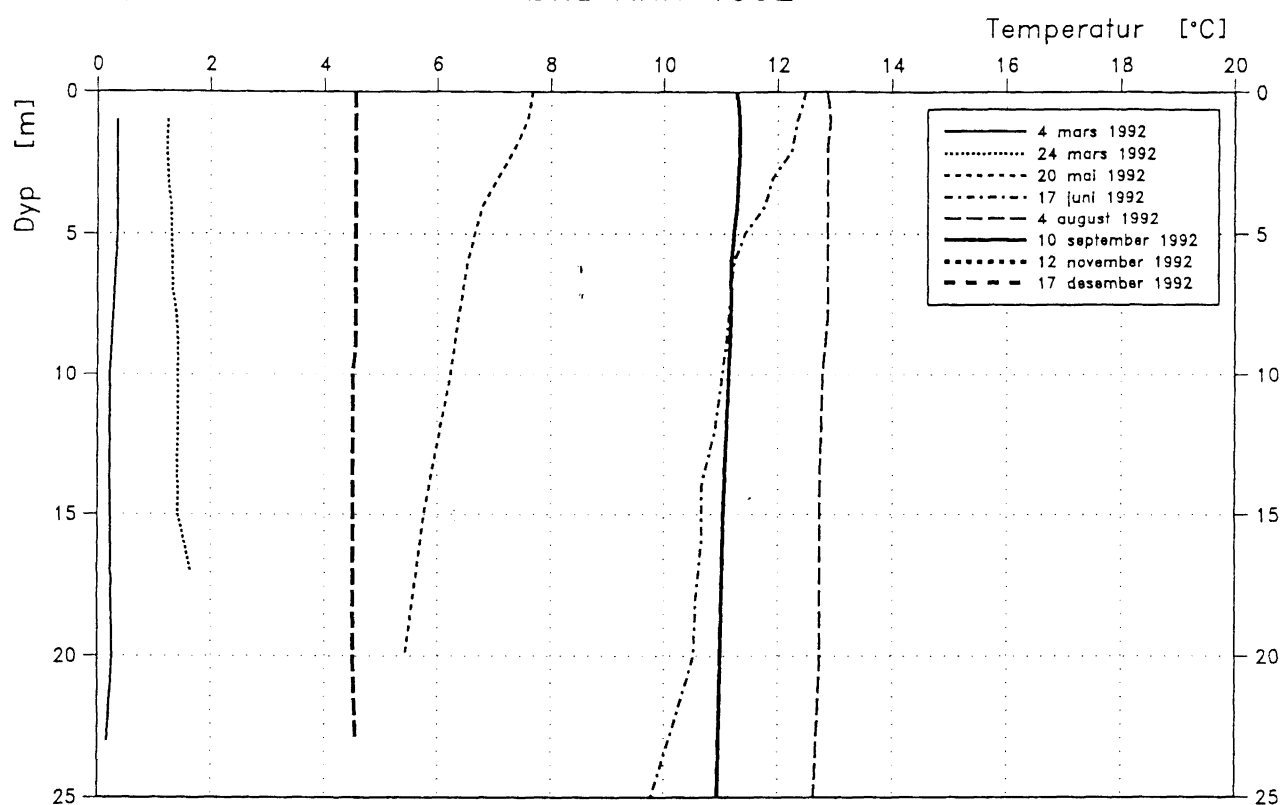
Også i Skjerkevatn er det som oftest bare små vertikale temperaturforskjeller, men på ettersommeren dannes det et sprangsjikt på 25-35 m dyp.

I Nåvatn var sprangsjiktet på sommeren mer markert og lå mellom 25 og 40 m i august. Dybden ned til tappetunnelen vil påvirke sprangsjiktets beliggenhet og styrke. I Nåvatn ser det ut som om tappetunnelen omtrent lå i sprangsjiktets dyp i august 1992 og 1993.

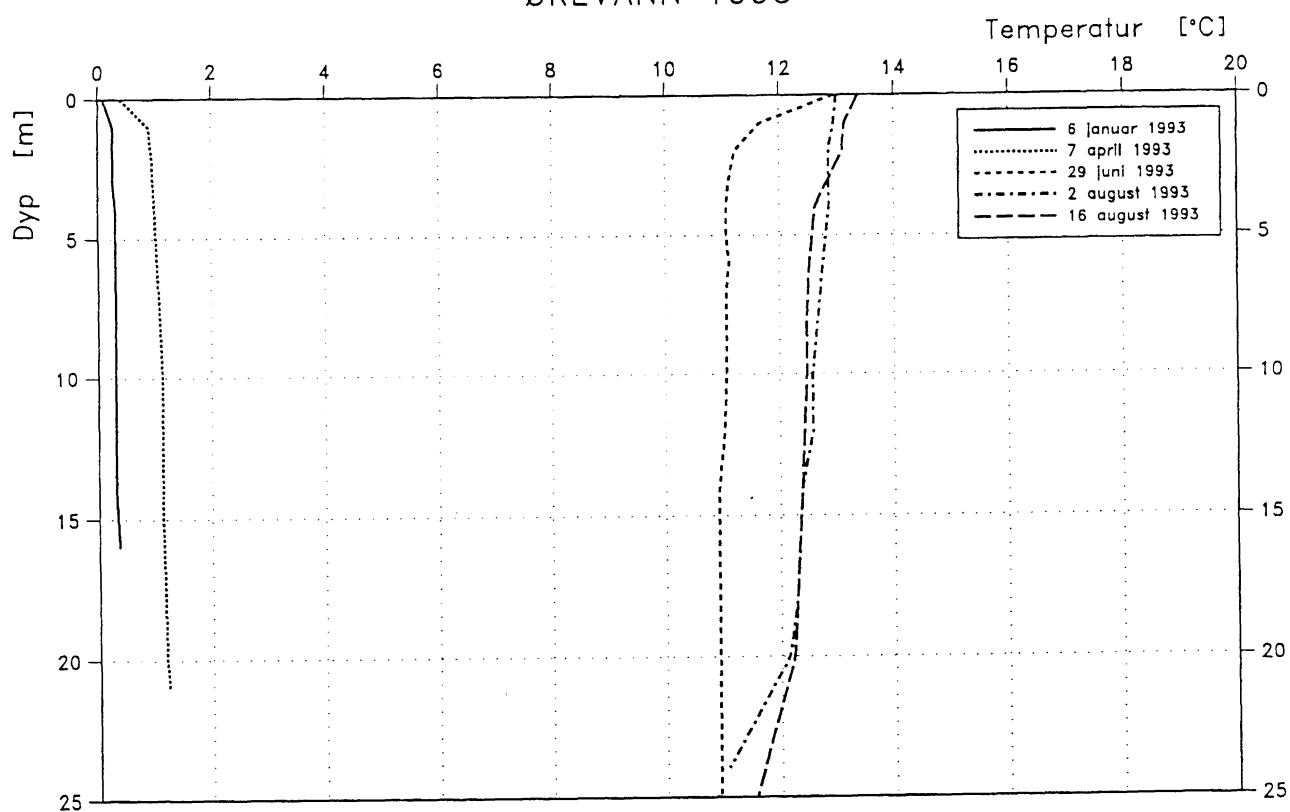
Forholdene i Langevatn synes å likne mye på Nåvatn, men vandedypet er mindre og tappetunnelen ligger høyere. Derfor ligger også sprangsjiktet på ettersommeren høyere.

Som tidligere nevnt er det tatt faste målinger i det uregulerte Bjørndalsvatn siden 1981. I figur 22 er målingene i august for årene 1986-93 plottet. Det er tydelig at temperaturforholdene i Bjørndalsvatn avviker noe fra det vi ser i de ovenfornevnte magasinene. I Bjørndalsvatn er sprangsjiktet meget sterkt i august og ligger på mellom 8 og 15 meter dyp. I overflaten er det noe variasjoner fra år til år, i år med de høyeste temperaturene ligger også sprangsjiktet høyt opp. Dette gjenspeiler

ØREVANN 1992

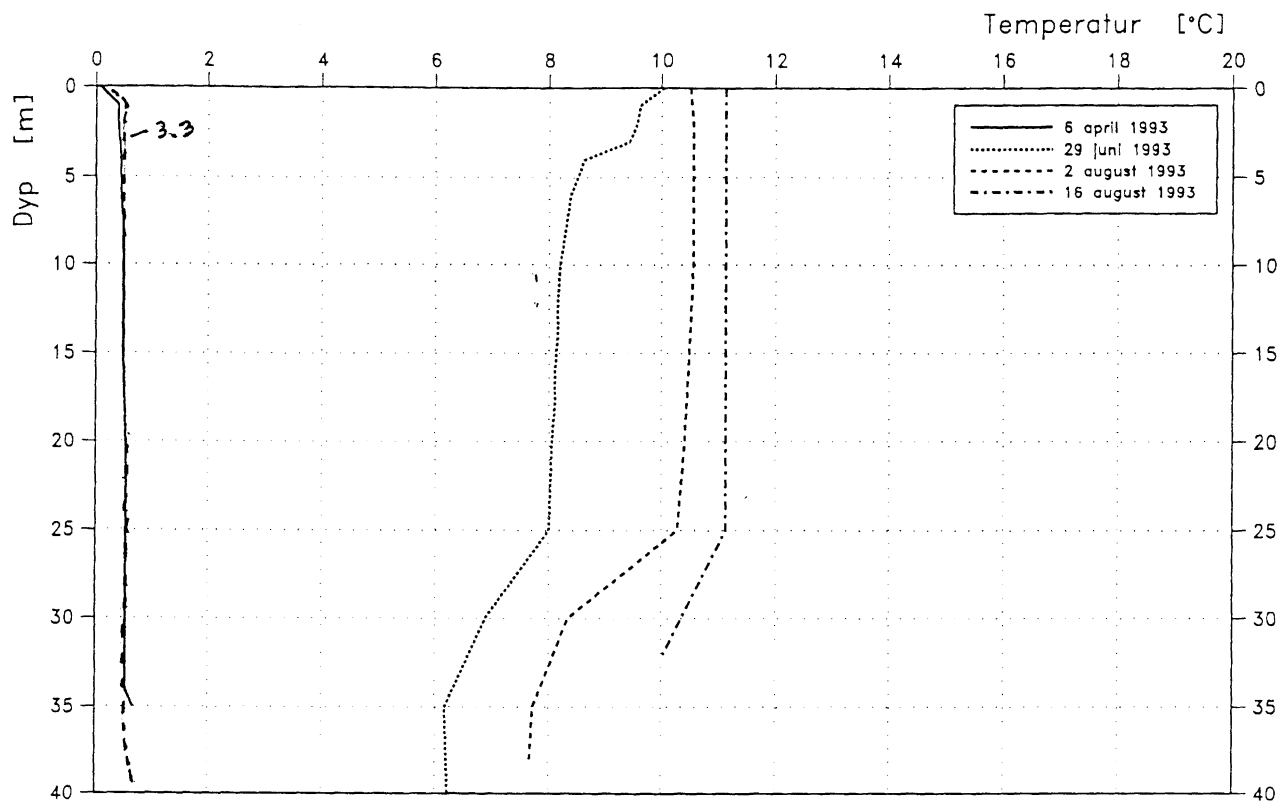


ØREVANN 1993

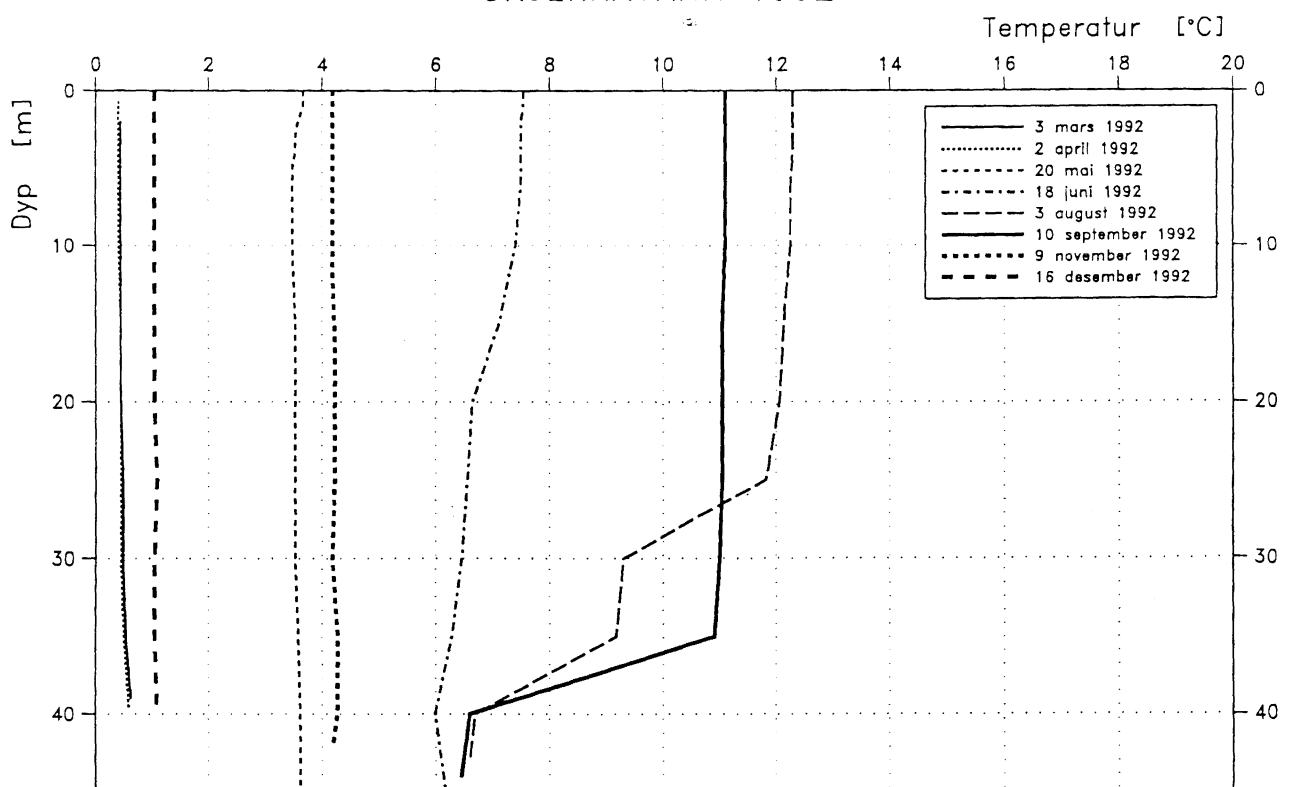


Figur 18. Temperaturvertikaler målt i Ørevatn 1992 og 1993

SKJERKAVANN 1993

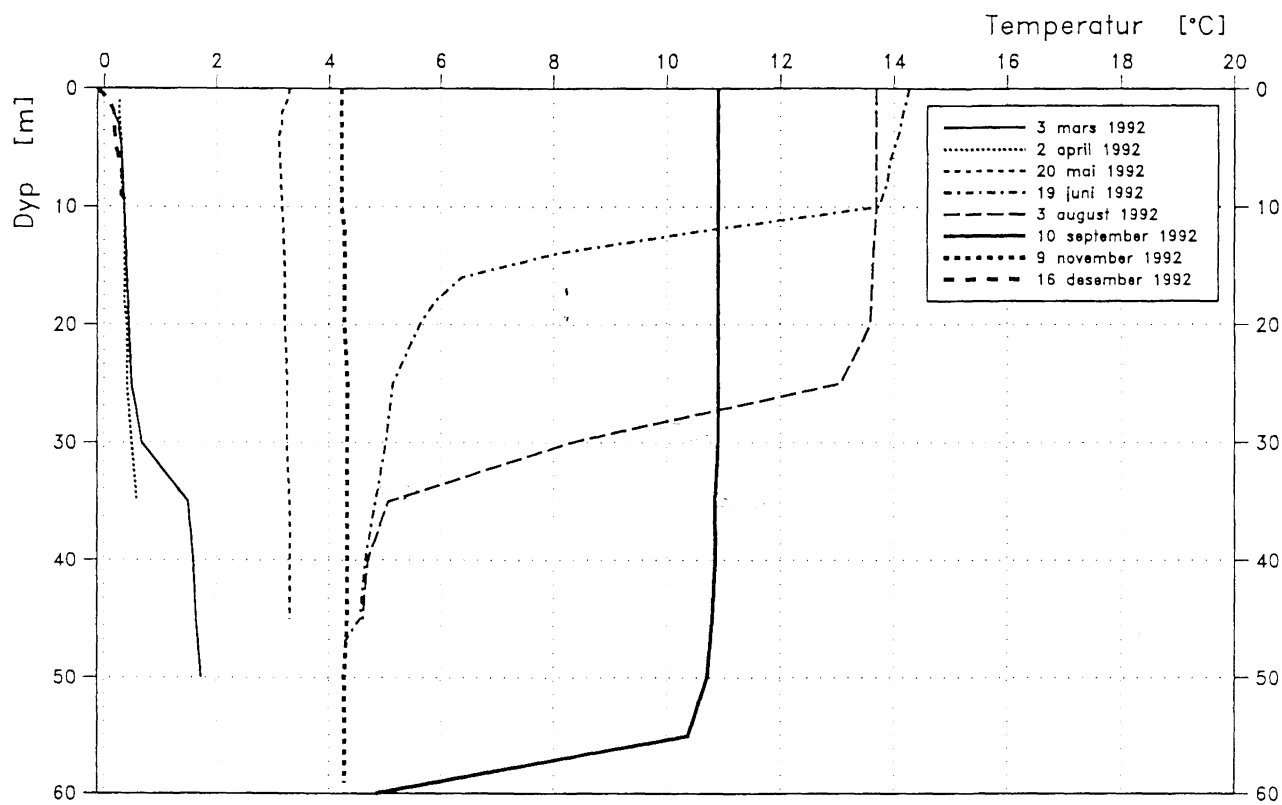


SKJERKAVANN 1992

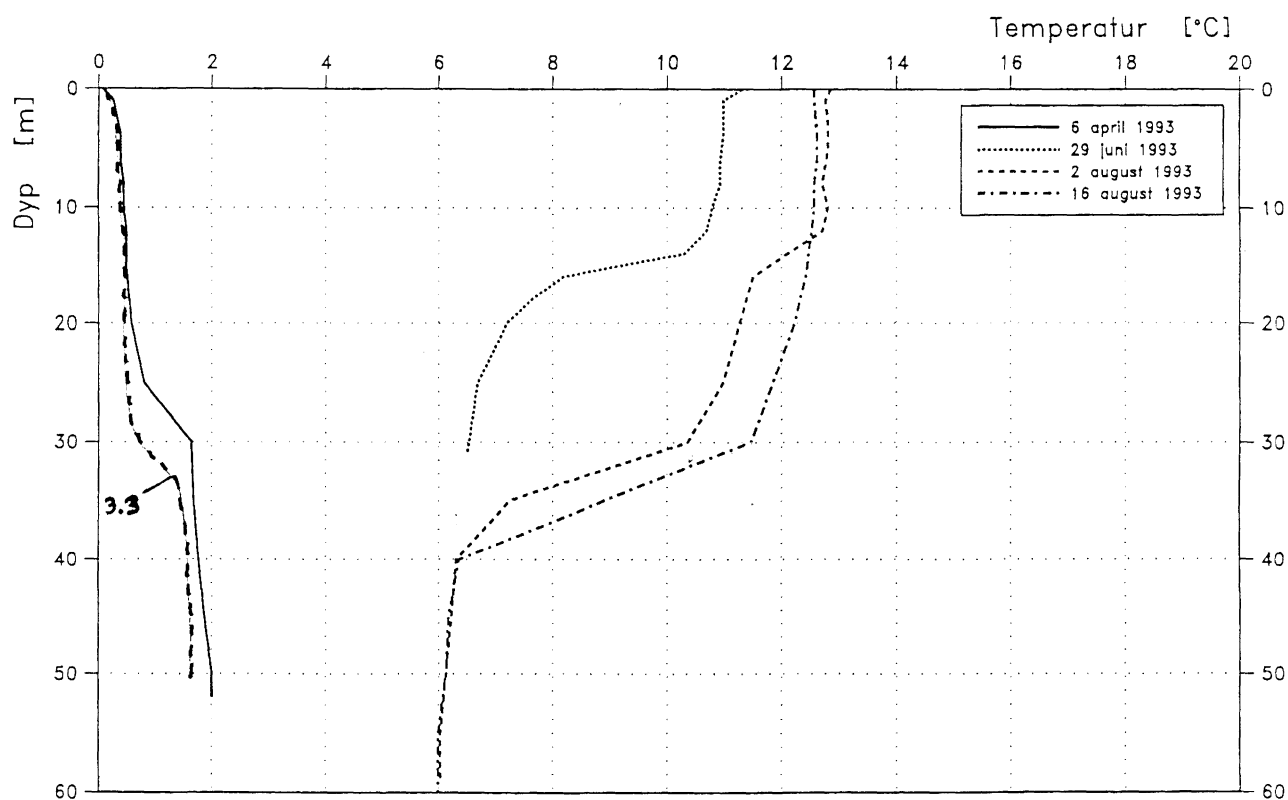


Figur 19. Temperaturvertikaler målt i Skjerkevann 1992 og 1993

NÅVANN 1992

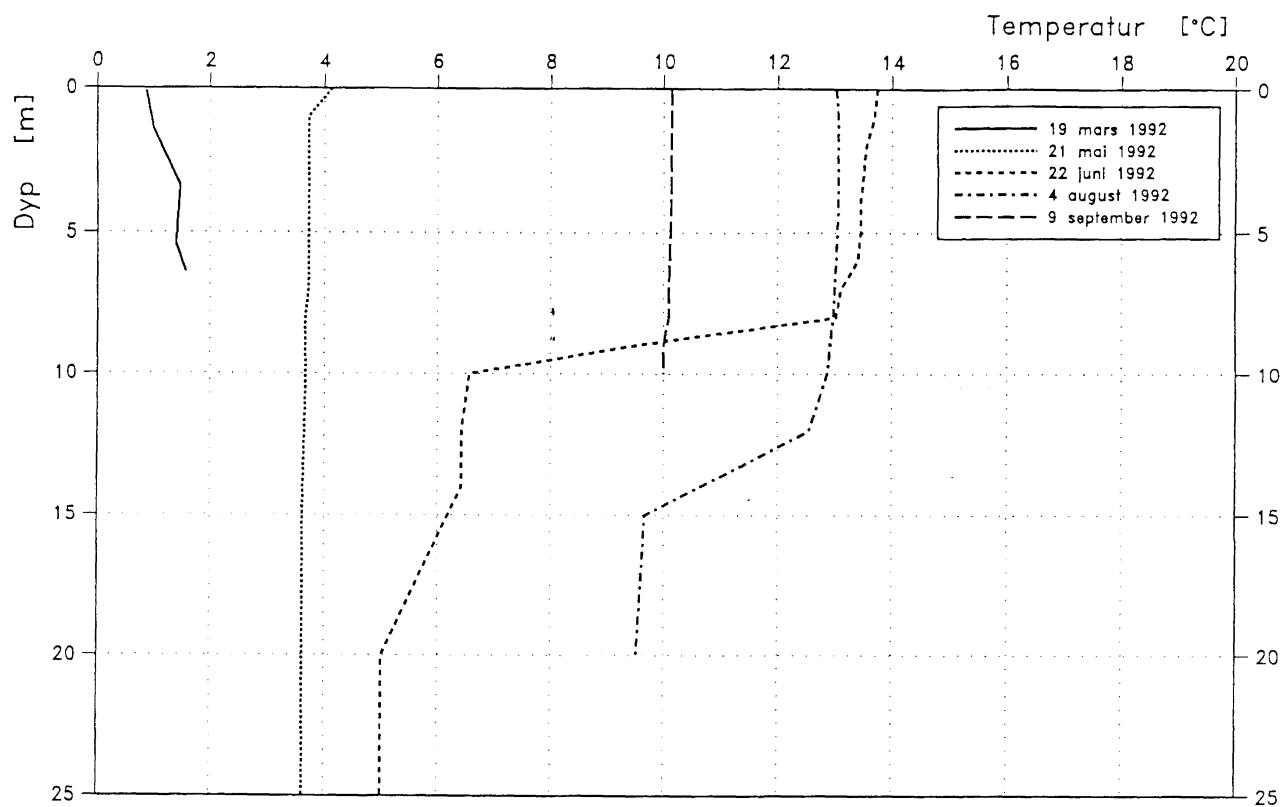


NÅVANN 1993

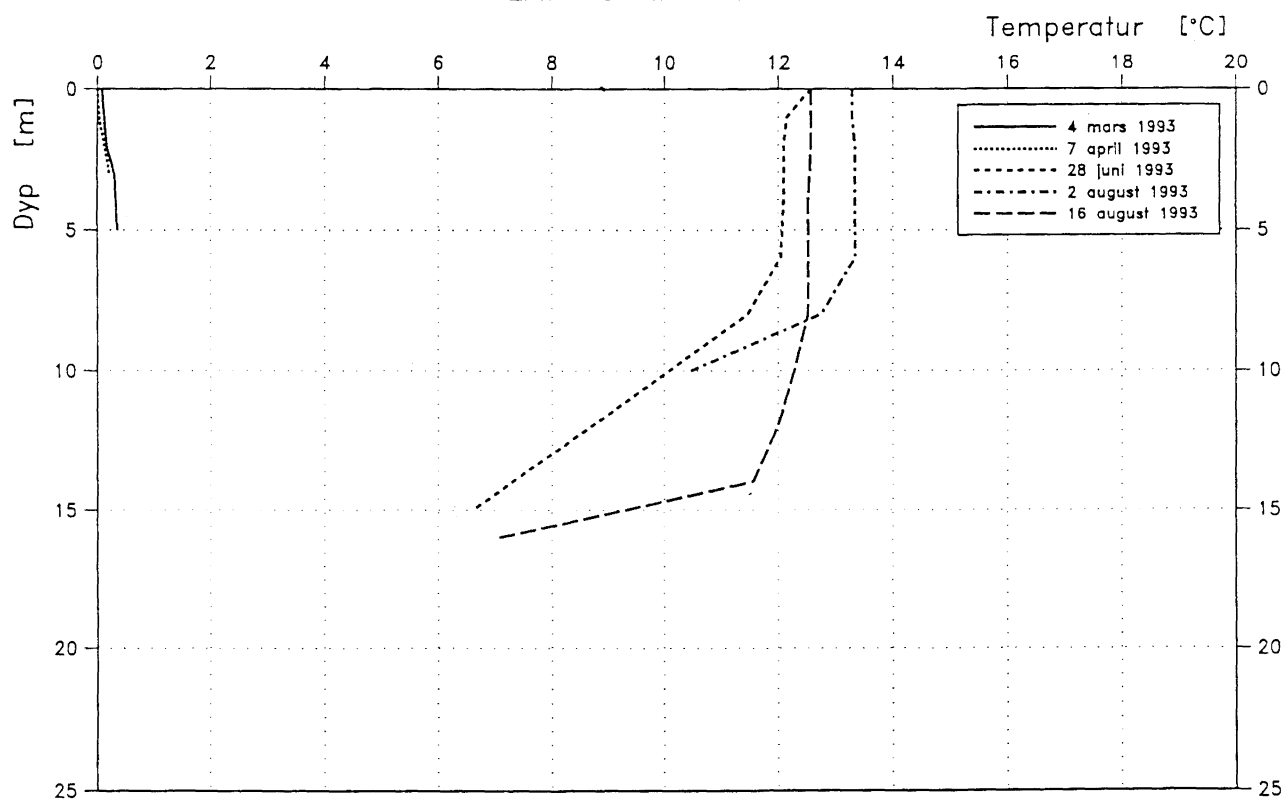


Figur 20. Temperaturvertikaler målt i Návavn 1992 og 1993

LANGEVANN 1992

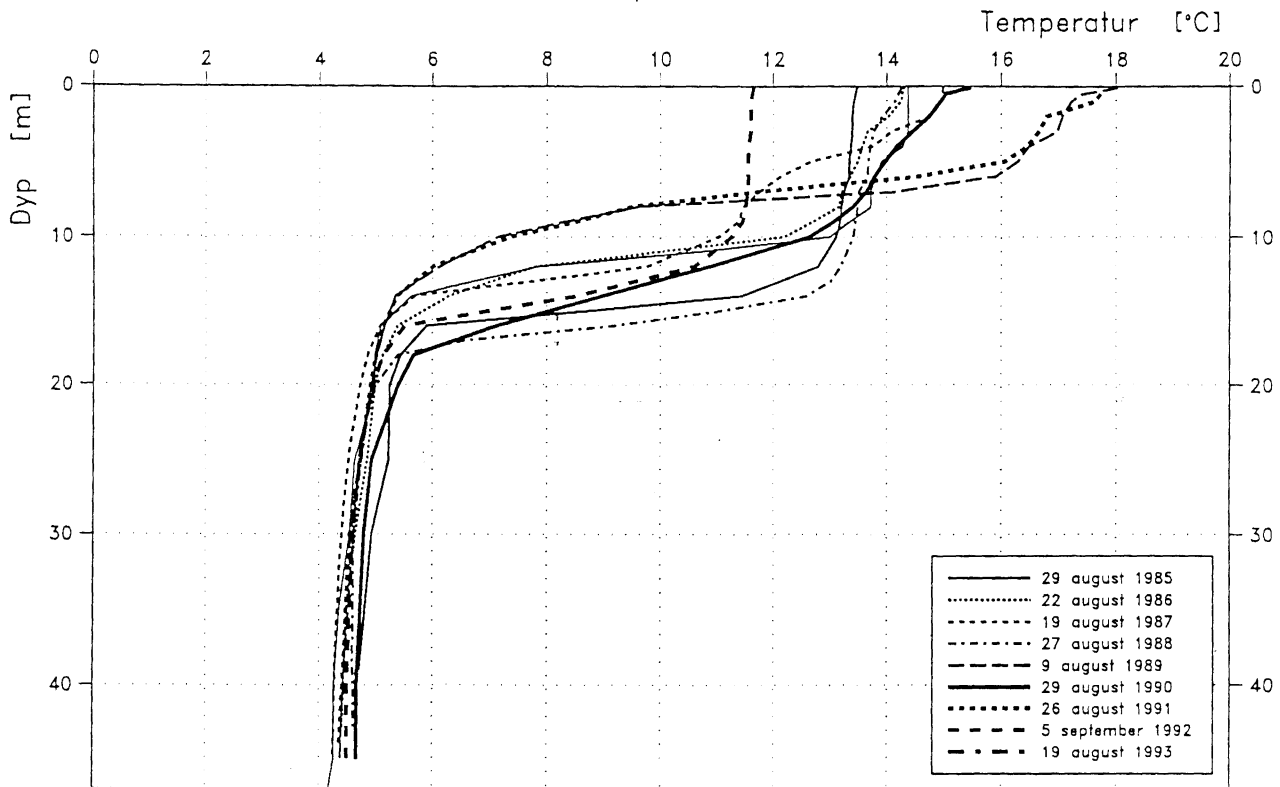


LANGEVANN 1993



Figur 21. Temperaturvertikaler målt i Langevatn 1992 og 1993

1214222 Bjørndalsvatnet



Figur 22. Temperaturvertikaler målt i Bjørndalsvatn 1985-93.

at det i slike somre også er lite vind og følgelig lite vertikal blanding i vatnet.

Målingene som er vist fra vatna i Mandalsvassdraget illustrerer det en generelt ser ved sammenlikning av sprangsjiktets beliggenhet i regulerte og uregulerte vatn. I magasiner vil sprangsjiktet påvirkes av tappetunnelens beliggenhet slik at det "trekkes nedover" og svekkes i magasiner med dyptliggende tappetunnel.

4. DAGENS FROSTRØYKFORHOLD

Det er få opplysninger om frostrøyk langs Mandalselva. De eneste kjente observasjoner er tatt ved Fuglestveit, ca 3 km nedenfor utløpet av Laudal kraftverk vintrene 1986-88. I disse tre vintrene ble det registrert lufttemperatur, luftfuktighet og forekomsten av frostrøyk ble notert og fotografert. Av disse tre vintrene var de to første karakterisert som kalde mens den siste var mild. Vinteren 1985-86 ble det notert 12 dager med "litt frostrøk" og 5 dager med "frostrøyk", ialt altså 17 dager med registrert frostrøyk. Vinteren 1986-87 var tilsvarende tall 11 og 1 dag, ialt 12 dager med frostrøyk. Vinteren 1987-88 var det bare 3 dager med "lett frostrøyk".

Konklusjonen må være at det i dette området forekommer endel

lett frostrøyk over og langs elveleiet i kalde vintre, men bare sjeldent tettere frostrøyk som kommer innover land.

Ved å sammenlikne de registrerte laveste lufttemperaturene fra Fuglestveit med temperaturene de samme datoer på Byglandsfjord finner en at det er bare små forskjeller mellom de to målestedene. Vintertemperaturklimaet på Fuglestveit og på Byglandsfjord synes derfor å være godt korrelert. På Byglandsfjord har det vært værobservasjoner siden 1919, vi kan derfor herfra beregne hva som vil være den normale forekomsten av lave lufttemperaturer også ved Fuglestveit. Disse beregningene viser at det normalt er 20 dager med minimumstemperaturer lavere enn -10°C , 7 dager lavere enn -15°C og 2 dager er det kaldere enn -20°C i en normalvinter. Erfaringer fra andre frostrøykundersøkelser tilsier at det sjeldent er lett frostrøyk før lufttemperaturen kommer under -10°C , og at tett frostrøyk opptrer først ved -15°C , se f.eks Utaaker, 1993. Det synes derfor å være en bra sammenheng mellom de observasjoner som ble gjort i 1986-88 og det vi forventer av frostrøykfrekvenser vurdert ut fra lufttemperaturmålinger. Det konkluderes derfor med at det i normale vintre kan forventes 10-20 dager hvor det vil forekomme litt eller noe frostrøyk ved Fuglestveit.

Hvor representativ er så Fuglestveit for resten av dalbunnen langs Mandalselva? Det er ikke mulig å si noe eksakt om dette uten å foreta en befaring i en typisk frostrøyksituasjon. Slike situasjoner har det ikke vært mange av, om enn noen, siden vinteren 1986-87. De utsagn som er kommet fra lokale informanter tilsier at det ikke er noen områder hvor elva går åpen som er spesielt mer utsatt for frostrøyk enn området ved Fuglestveit. Konklusjonen som ble trukket om at det normalt opptrer 10-20 dager med frostrøyk langs elva i en normalvinter, antas derfor å kunne gjelde for hele strekningen fra Holum til Håverstad. Fra Holum til havet antas vinterklimaet å være noe mildere enn i dalen videre oppover og frekvensen av frostrøyk bør derfor være noe lavere. I tillegg fryser denne delen av elva lettere til i strenge kuldeperioder, se kapitell 2.1.

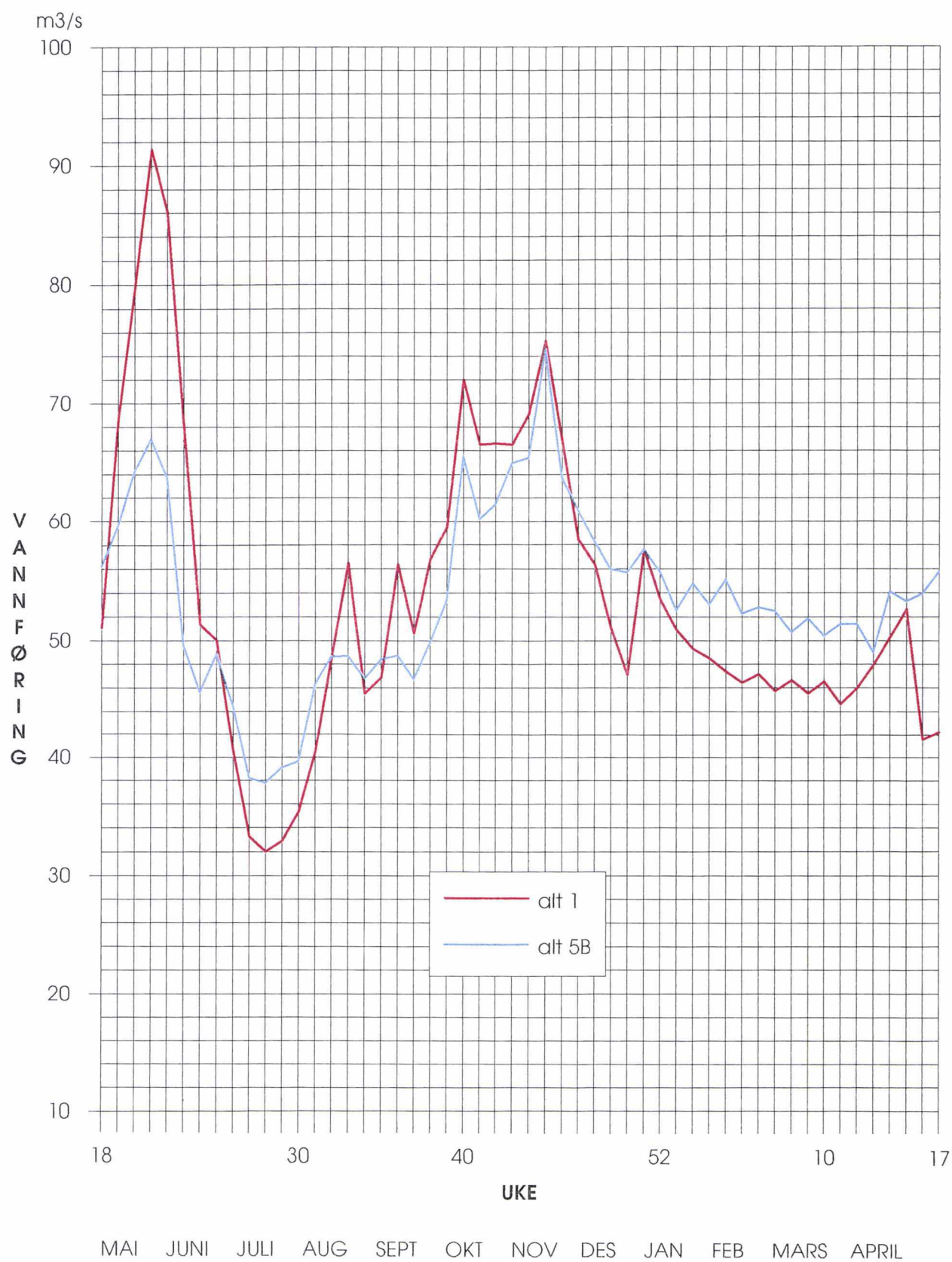
5. ENDRINGER I VANNFØRINGEN ETTER UTBYGGINGEN

De endringer i vannføringsforholdene som kan forventes som følge av de ulike alternativer som er omtalt i kap. 1 er beregnet av Grøner A/S. Fordi slike endringer også er med å styre evt. endringer i vanntemperatur- og isforholdene, så gis det her en omtale av de beregnede endringer i vannføringsforholdene.

Ved største alternativ (alt. 5b) tenkes Langevatns HRV hevet til 703.5 m oh og overføringstunnellen til Nåvatn utvides til å kunne ta 25 m³/s mot 15 m³/s idag. Ved dette alternativet vil det bli en vesentlig reduksjon i vannføringen i Monn under vår- og høstflommene, dvs. i mai-juni og i oktober-november. Resten

Vannføringer nedenfor Håverstad

Middel 1931 - 80



av året blir det bare mindre reduksjoner av vannføringen i Monn.

Den største endringen blir avløpsvannføringen fra Skjerka kraftverk ut i Ørevatn. Denne økes fra dagens max. på 30.5 m³/s til 50 m³/s. Fordi slukeevnen i Håverstad kraftverk ikke er tenkt økt utover dagens 69 m³/s, så vil heller ikke den midlere vannføringen nedenfor Håverstad endres særlig mye, men det blir en tendens mot mer utjevnet vannføring hele året. Dette er vist i figur 23. Den største endringen ved alt. 5b kommer i mai og første del av juni da vannføringen, pga økt magasinivolum, reduseres med opptil 20 m³/s. I juli økes vannføringen med ca 5 m³/s mens det i august - oktober blir omtrent samme reduksjon. I januar-april blir det igjen en økning på ca 5 m³/s.

Ved alternativene med HRV i Skjerkevatn/Nåvatn hevet til hhv. 628, 631 og 635 m oh er det også utarbeidet tilsvarende kurver som figur 23. Tendensen er at endringene fra dagens vannføringskurve blir gradvis mindre med mindre magasinivolum.

Videre nedover Mandalselva vil de absolutte endringene som vises for Håverstad beholdes, men de relative endringer avtar fordi den uregulerte delen av vannføringen øker.

6. ENDRINGER I VANNTEMPERATURFORHOLDENE

I dette kapitlet vurderes eventuelle endringene av dagens vanntemperaturforhold for de alternativer som er omtalt i kap. 1. Mellom noen av alternativene er det imidlertid så små forskjeller at konsekvensene vil måtte bli de samme. Følgende alternativer behandles :

Alt. 2a. HRV i Skjerkevatn/Nåvatn 628 m oh, Langevatn som idag
 Alt. 3a. HRV i Skjerkevatn/Nåvatn 631 m oh, Langevatn som idag
 Alt. 5a. HRV i Skjerkevatn/Nåvatn 644 m oh, Langevatn som idag
 Alt. 5b. HRV i Skjerkevatn/Nåvatn 644 m oh, HRV i Langevatn
 703.5 m oh

6.1 Alternativ 2a.

Vanndypet i Skjerkevatn øker med 23 m og inntakstunnelen kan ved fullt magasin bli liggende på 37 m. Temperaturvertikalmålingene i figur 19 viser at det er små vertikale temperaturforskjeller ved dagens regulering. Dette tilsier at det ikke blir noen endring i temperaturen i avløpsvannet fra Skjerka kraftverk det aller meste av året. På ettersommeren kan det imidlertid bli en kort periode hvor avløpsvannet fra Skjerka kraftverk blir 1-2 °C lavere enn idag. Denne temperatursenkningen vil også kunne merkes i Ørevatn i området rundt avløpstunnelens utløp. Endringen forventes imidlertid å bli så kortvarig og så liten at den ikke vil kunne merkes videre nedover Mandalselva.

6.2 Alternativ 3a.

Inntakstunnelen i Skjerkevatn kan ved fullt magasin bli liggende på 40 m dyp. Heller ikke ved dette alternativet forventes det noen merkbare temperaturkonsekvenser i selve Mandalselva. Konsekvensene blir derfor som beskrevet for alt.2a.

6.3 Alternativ 5a.

Inntaksdypet i Skjerkevatn blir ved dette alternativet liggende på 53 m ved fullt magasin. Magasinvolumet av Nåvatn/Skjerkevatn blir omtrent fordoblet. Denne vesentlige økningen i vannvolum og dyp tilsier at oppvarmingen om våren og forsommeren av magsinvannet vil gå saktere enn idag og avkjølingen utover høsten forsinkes noe. Denne forsinkelsen av oppvarmingen vil være mest merkbar nær overflaten og i juni. Sprangsjiktet i Nåvatn kan komme noe dypere ned på ettersommeren og høsten i somre med vindfullt vær.

Avløpstemperaturen fra Skjerka kraftverk vil kunne bli opptil et par grader lavere i august og september, mest merkbart etter somre med pent og varmt vær da sprangsjiktet ofte ligger høyt. I slike situasjoner vil også avløpstemperaturen fra Håverstad kraftverk kunne senkes ca 1°C. I august-september blir det bare ubetydelige endringer i midlere vannføring, se figur 23. Temperatursenkningen på ca 1 °C ved Håverstad vil derfor gradvis avta nedover vassdraget og blir neppe merkbar nedenfor Bjelland kraftverk.

Avløpstemperaturen fra Skjerka kraftverk om vinteren kan komme til å øke litt, men neppe mer enn 0.5°C. Denne temperaturøkningen vil bare bli merkbar i Ørevatn like utenfor kraftverket og vil ikke merkes i selve Mandalselva.

6.4 Alternativ 5b

Alternativet innebærer at, i tillegg til det som følger av 5a, mer enn en tredobling av vannvolum i Langevatn. Inntaksdypet øker fra ca 16 til 36 m ved fullt magasin. På samme måte som beskrevet for Nåvatn så vil det økte vannvolumet bety at oppvarmingen av overflatelaget i Langevatn forsinkes noe i mai-juni og avkjølingen forsinkes tilsvarende om høsten. Ingen av de målte temperaturvertikalene i Langevatn (figur 21) går dypere enn til 25 m. Det er imidlertid sannsynlig at inntaket vil ligge godt under sprangsjiktet hele sommeren. Dette betyr at temperaturen i evt. overført vann til Nåvatn vil synke med 1-3°C i juli-september. Denne avkjølingen vil også merkes i øvre del av Nåvatn. Som nevnt under alt. 5a så forventes også Nåvatn av andre grunner å bli litt kaldere om sommeren, avkjølingsvirkningene av "Langevatnvann" blir derfor neppe merkbar i den sørlige halvdel av Nåvatn. Temperaturendringene i resten av vassdraget blir derfor som beskrevet for alt. 5a.

6.5 Oppsummering om vanntemperaturendringer

Bortsett fra utbyggingsalternativene 5a og 5b, så vil de andre alternativene bare gi lokale temperaturendringer i de berørte magasiner og i Ørevatn utenfor Skjerka kraftverk. Ved alt. 5a og 5b kan det også bli en temperatursenkning på ca 1°C på ettersommeren i øvre del av Mandalselva. Denne temperatursenkningen blir ikke merkbar nedenfor Bjelland kraftverk.

Disse konklusjonene bygger på den forutsetning at vannføringen ut av Håverstad kraftverk ikke endres mer enn det som er vist i figur 23. Dersom vannføringen endres mer, så vil også dette kunne påvirke vanntemperaturen videre nedover Mandalselva. Disse endringene kan for sommermånedene beregnes ut fra kurvene i figurene 15-17.

KAP.7 ENDRINGER I ISFORHOLDENE

Dette kapitlet bygges opp på samme måte som foregående kapittel og det er de samme utbyggingsalternativer som omtales.

7.1 Alternativ 2a.

Reguleringshøyden i Skjerkevatn økes med 23 m. Dette betyr at isleggingsprosessen forsinkes litt fordi et større vannvolum skal avkjøles utover høsten. Det betyr også at det blir en vesentlig bredere sone med oppsprukket is enn idag etterhvert som vannstanden senkes utover vinteren og våren. Dette betyr at ferdselsmulighetene til og fra isen kan bli noe vanskeligere, spesielt på steder hvor strendene er bratte og/eller ujevne. Vannstrømmen fra Nåvatn til Skjerkevatn planlegges å gå gjennom den nåværende sørligste Nåvannsdammen (Dam I) ved at en av buene i betongdammen fjernes. Dette betyr at det vil bli en kraftig strøm i dette området etterhvert som vannstanden senkes. Det vil da oppstå en råk i Nåvatn inn mot Dam I og en tilsvarende råk utover i Skjerkevatn (Hagedalsvatn) nedstrøms dammen. Dette vil oppleves som nye råker i forhold til dagens issituasjon. Derimot vil den store råka som idag går utover i Skjerkevatn fra tappetunnelen (se figur 3) forsvinne så lenge denne tunnelen ikke blir brukt. Det samme gjelder ishullet i Nåvatn over inntaket, se fig.5. Tunnelen vil bare bli brukt når vannstanden må senkes til under kote 606 m. Dette antas å bli aktuelt i relativt få vintre. I dette området blir det altså i hovedsak bedre isforhold. På resten av Skjerkevatn ventes ingen vesentlige endringer fra dagens isforhold.

I Ørevatn vil avløpsvannet fra den nye Skjerka kraftstasjon komme ut ca 400 m lenger sør enn idag. Dette vil bety at råka også flyttes sørover ca 400 m. Fordi kraftverkes slukeevne også økes fra ca 30 til 50 m³/s så vil råka øke noe i størrelse når kraftverket kjøres for fullt. Sannsynligvis vil dette bare skje i perioder, og en må derfor forvente at råkas størrelse vil variere mer iløpet av vinteren enn det en er vant til idag.

Råka vil sannsynligvis dreies raskt mot sør og vil neppe nå særlig langt mot nord. Rundt råka vil det igjen bli et område med usikker is. Dagens råkområde vil derimot kunne bli helt islagt utover vinteren.

I andre deler av vassdraget ventes ingen endringer fra dagens isforhold.

7.2 Alternativ 3a.

Forskjellen fra alternativ 2a er at Skjerkevatn heves ytterligere 3 m hvilket innebærer at også HRV for Nåvatn heves 3 m.

For Skjerkavatn og Ørevatn blir konsekvensene de samme som beskrevet for alt. 2a.

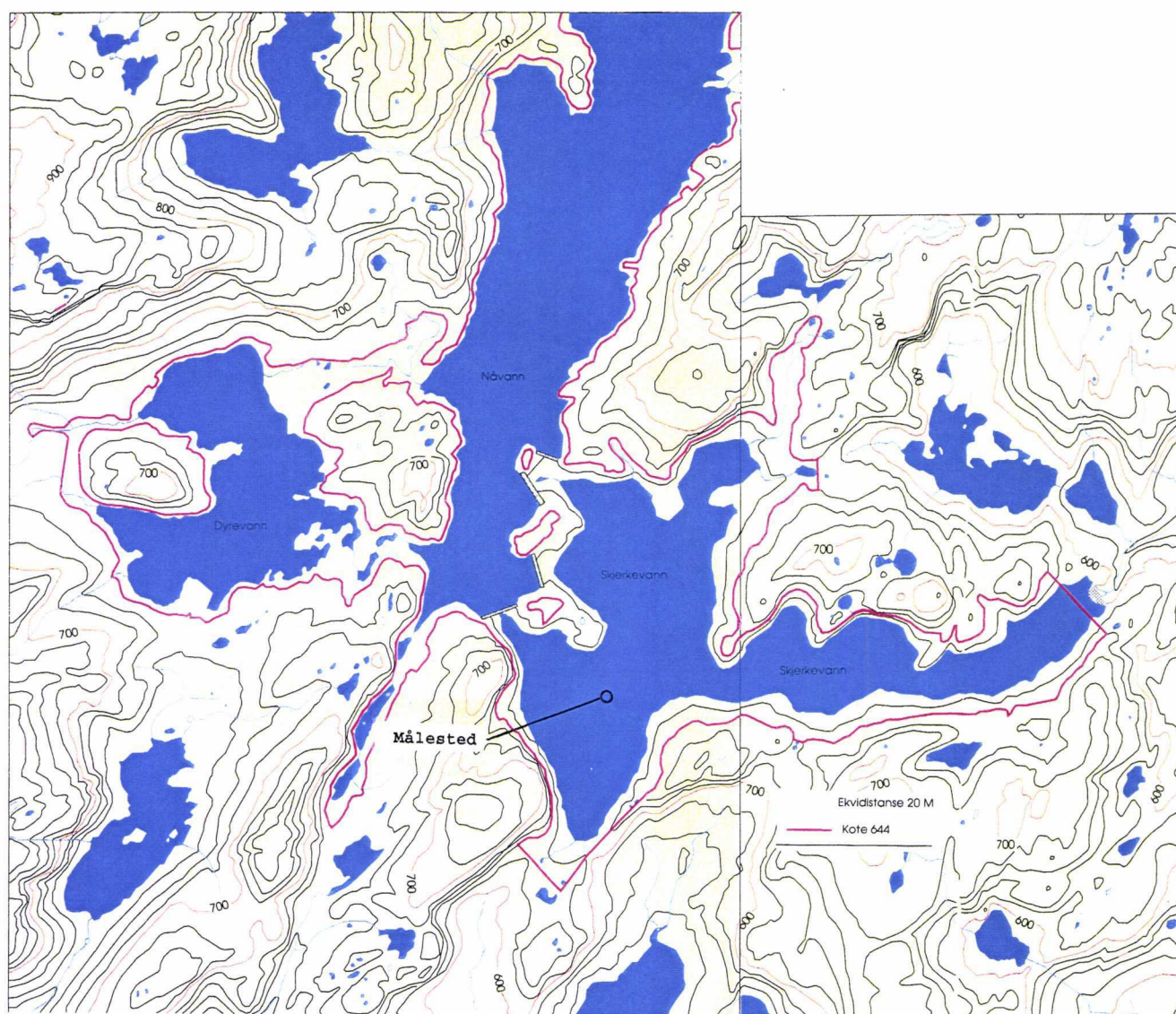
For Nåvatn vil en heving av HRV med 3m bety at sonen med oppsprukket is under nedtappingen av magasinet utover etter vinteren og våren kan bli litt breiere. Dette antas imidlertid å skape bare mindre tilleggsproblemer for ferdsel langs de rutene som benyttes idag. Ellers blir isforholdene på Nåvatn og i resten av vassdraget som idag.

7.3 Alternativ 5a

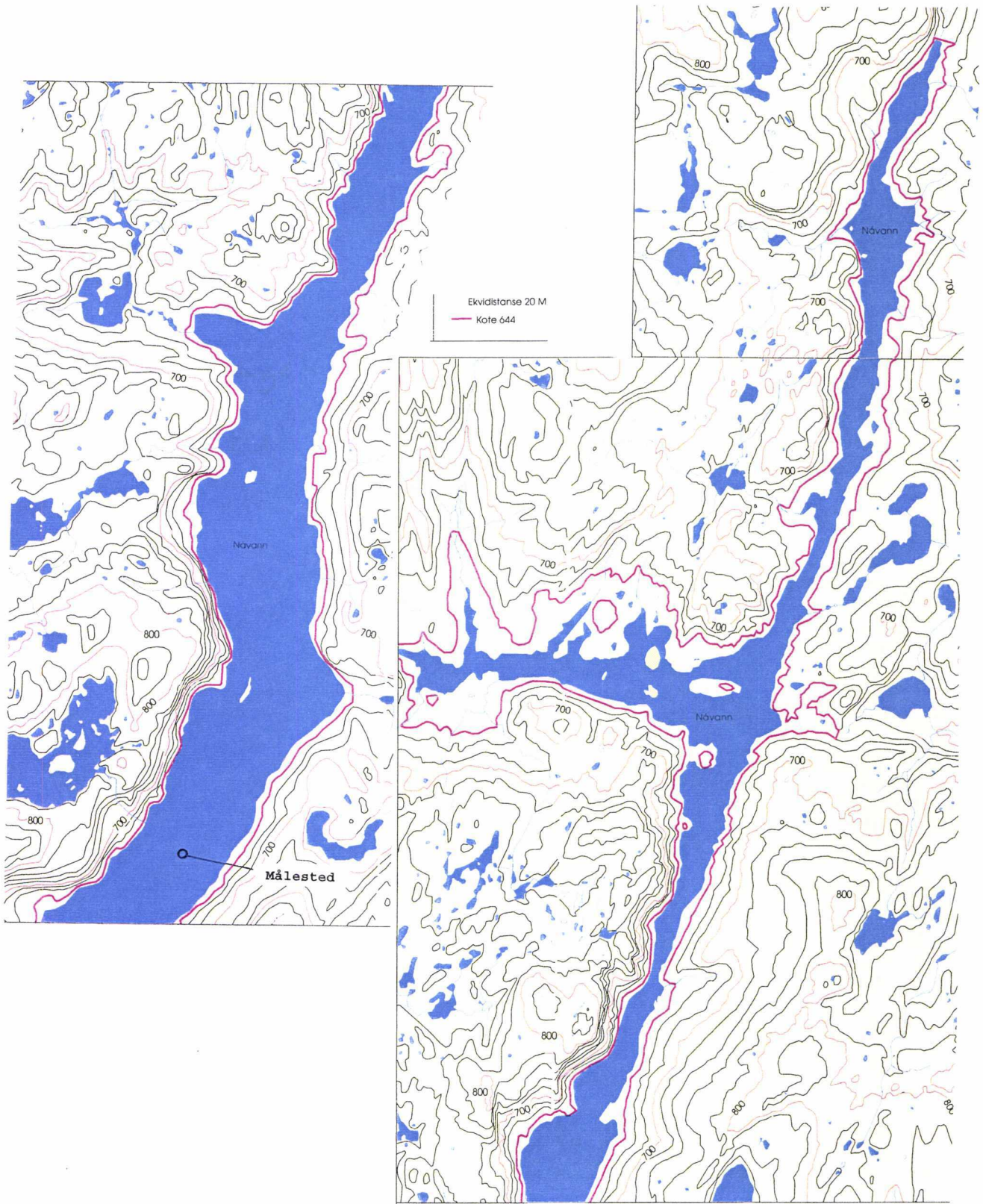
Ved dette alternativet heves HRV i Skjerkevatn og Nåvatn til 644 m oh. I figur 24 og 25 er vist hvor høyt vannet vil komme ved HRV. For begge vatna betyr dette at vannvolumet øker såpass mye at avkjølingen utover høsten forsinkes noe. Dette vil igjen bety at isleggingstidspunktet også vil forsinkes. Hvor stor forsinkelsen kan bli er vanskelig å kvantifisere, men antas å kunne bli opp mot et par uker.

Under nedtappingen om ettervinteren og våren vil det bli noen nye områder som kan få oppsprukket is. Spesielt gjelder dette et større området rundt Dyrevatn, vest for Nåvassdammene. Her kan det bli områder med usikker is og råker rundt de nye øyene under første del av nedtappingen. Etter at dette området er blitt "tørrelagt" vil dette faremomentet være borte. De samme forholdene får en i vika inn mot Vetingsåni (Svartevatn), her kan det bli vanskeligere å ferdes med kjøretøyer til og fra vatnet. Ellers langs Nåvatn er strendene så bratte at ferdsel ikke er aktuelt utenom de løypetraseene som allerede benyttes idag. Fordi vandypet øker såpass mye, så vil det ta lenger tid utover vinteren før råkene ved gangbruene åpner seg, se figur 4. Men dette vil fortsatt måtte betraktes som usikre isområder.

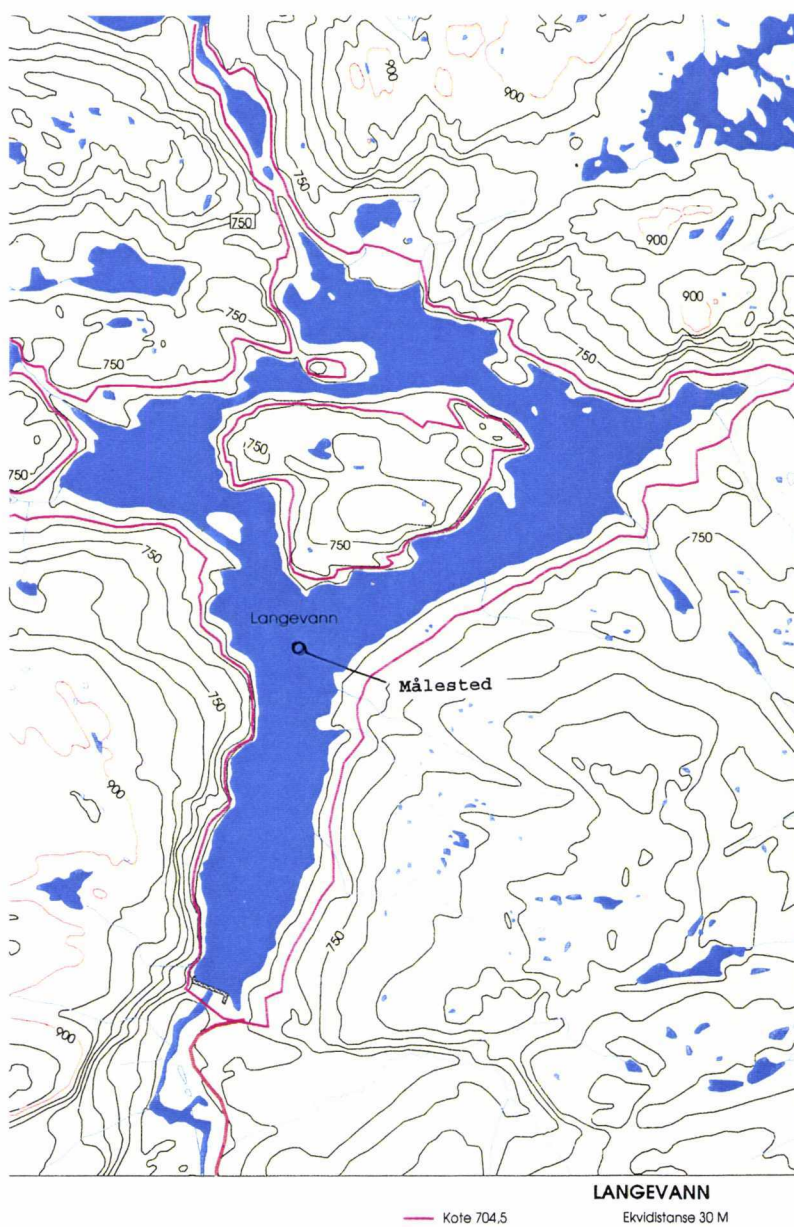
For Skjerkevatn og Ørevatn blir isforholdene ellers som beskrevet i kap. 2a med det unntak at det sannsynligvis blir lengre perioder med full kjøring av Skjerka kraftverk, og følgelig lenger varighet med en større råk ut i Ørevatn.



Figur 24. Nåværende HRV og HRV ved alternativ 5b (rødt) for Skjerkevattn og nedre del av Nåvatn.



Figur 25. Nåværende HRV og HRV ved alternativ 5b (rødt) for midtre og nordre del av Nåtven.



Figur 26. Nåværende HRV og HRV ved alternativ 5b (rødt) for Langevatn.

Som det fremgår av kap. 6.3 så vil ikke vintertemperaturen endre seg i selve Mandalselva. Det ventes derfor heller ikke noen endring i forhold til dagens isforhold slik de er beskrevet i kap. 2.

7.4 Alternativ 5b.

Konsekvensene for isen på Nåvatn, Skjerkevatn, Ørevatn og i Mandalselva blir som beskrevet for alt. 5a.

For Langevatn er beliggenheten av HRV vist i figur 26. En tilleggsregulering på 20 m vil kunne gi merkbare utslag på isforholdene. Isleggingstidspunktet vil forsinkes som beskrevet tidligere for Nåvatn. Dessuten vil sonen med oppsprukket is bli vesentlig breiere og flere nye daler i "hjørnene" av vatnet blir berørt av oppsprukket is. I dag tappes Langevatn ned tidlig på vinteren, med såvidt stor økning i reguleringsvolum må en forvente at nedtappingen vil foregå vesentlig lenger utover våren. Det må derfor konkluderes med at ferdsel over Langevatn om vinteren og våren vil kunne bli vanskeligere enn idag.

7.5 Økt kapasitet i tunnelen mellom Langevatn og Nåvatn

Ved en økning i overføringskapasiteten fra 15 til 25 m³/s viser produksjonssimuleringer at den gjennomsnittlige vannføringen i vintermånedene likevel øker lite. Det meste av den økte vannoverføringen vil komme i mai og i oktober-november. I dagens situasjon går det 14 m³/s i tunnelen i november-desember, dette avtar jevnt til 9-10 m³/s i mars. Ved økt kapasitet vil tilsvarende tall bli 20-21 m³/s i november, men forholdsvis raskt avtakende til 8-10 m³/s i februar og mars.

Virkningene på isforholdene i Nåvatn ventes derfor å begrense seg til første del av vinteren ved at isleggingen i den nordligste delen da forsinkes noe og råka utenfor tunnelåpningen holder seg noe større enn idag i desember og januar. I februar og mars vil kapasitetøkningen alene ikke gi noen merkbare endringer. Det må imidlertid presiseres at dette gjelder for normale tilsigsforhold. Ved unormalt stort tilsig kan vannføringen øke også på ettervinteren og føre til en større råk. Under slike tilsigsforhold vil de generelle isforhold erfaringssmessig likevel bli dårlige. Isforholdene i andre deler av vassdraget ventes ikke å bli påvirket av kapasitetsøkningen i tunnelen.

7.6 Oppsummering om endringer i isforholdene

Alle alternativer gir endringer i lokaliseringen og størrelse på råker i isen på Skjerkevatn og Ørevatn. For alt. 5a og 5b blir det også merkbare endringer i tidspunktet for islegging på Nåvatn og Skjerkevatn og på Nåvatn blir det nye områder med periodevis usikre isforhold. Ved alt. 5b vil isforholdene på Langevatn endres såpass mye at det må ventes problemer for ski- og snøscooterferdsel. Ved en økt overføringskapasitet mellom Langevatn og Nåvatn kan det ventes forsinket islegging på nordligste del av Nåvatn. I selve Mandalselva ventes ingen endringer.

8. ENDRINGER I FROSTRØYKFORHOLD

Fordi det ikke ventes endringer i isforholdene i selve Mandalselva, så blir det heller ikke noen endringer i frostrøykforholdene over og langs elva slik disse er beskrevet i kap. 4.

Fordi utløpsråka i Ørevatn flyttes ca 400 m sørover så må en regne med at den frostrøyken som evt. dannes over denne råka også vil flytte seg sørover og holder seg derfor mer utover selve vatnet.

LITTERATUR

Devik O. 1961: Om innflytelsen av Mandalselvens regulering på isforholdene på strekningen Håverstad kraftstasjon til Mandal.

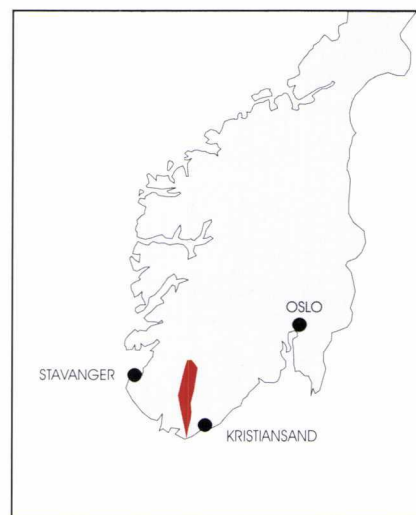
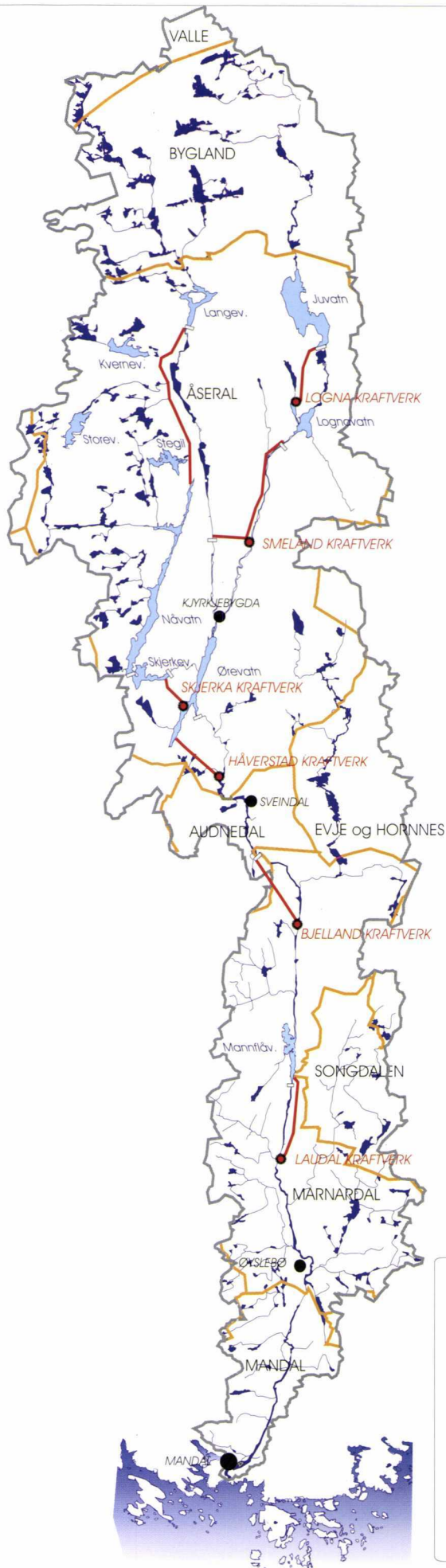
Iskontoret 1960. Oversikt over avløps- og isforholdene i Mandalsvassdraget.

Tvede A.M 1982: Kosåna i Mandalsvassdraget. Mulige endringer i vanntemperatur og isforhold ved utbygging. Oppdragsrapport 7-82 fra Hydrologisk avdeling, NVE.

Utaaker K. 1993: Virkninger av vassdragsreguleringer på lokalklimaet. NVE-publikasjon nr.12-93

I 1993 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

- | | | |
|----|----|---|
| Nr | 1 | Bjarne Krokli: Flomberegning for Tyinvassdraget. (39 s.) |
| " | 2 | Randi Pytte Asvall: Tyin kraftverk. Virkninger av ombygging på vanntemperatur- og isforhold. (8 s.) |
| " | 3 | Hallgeir Elvehøy: Sluttrapport for massebalansemålinger på Spørteggbreen. (24 s.) |
| " | 4 | Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Arendalsvassdraget. (65 s.) |
| " | 5 | BEGRENSET |
| " | 6 | BEGRENSET |
| " | 7 | Johan Engebak: Tilsigsmålinger i Glommavassdraget. (9 s.) |
| " | 8 | Einar Beheim og Eirik Smidt Eriksen: Vassdragsteknisk seksjon 1992. (84 s.) |
| " | 9 | Bjarne Krokli: Regulerings innvirkning på naturlige flommer i Høyangervassdraget (079.Z). (49 s.) |
| " | 10 | Rune Dahl, Hans Otnes, Frode Trengereid: Rapport fra uværet i Nord-Norge vinteren 1993. (20 s.) |
| " | 11 | Randi Pytte Asvall: Øvre Otta. Virkninger på vanntemperatur- og isforhold ved utbygging av Glitra og Øyberget kraftverker. (14 s.) |
| " | 12 | Eirik Traae: Vassdragsteknisk vurdering av utfyllinger i Drammenselva i tråd med kommunedelplanen og vei-tunnel langs Drammenselva. (13 s.) |
| " | 13 | BEGRENSET |
| " | 14 | Kjell Hegge: Magasinkapasiteten i Leiras nedbørfelt. (6 s.) |
| " | 15 | Kjell Hegge: Undersøkelser vedrørende mulig endret flombilde i Leira. (6 s.) |
| " | 16 | Bjarne Krokli: Dambrudds- og flodbølgesimulering i Namsenvassdraget. (13 s.) |
| " | 17 | Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Rausjømarka (003.H og 002.C0). (19. s.) |
| " | 18 | Arve M. Tvede: Opprustning og utvidelse av Skjerka kraftverk. Konsekvenser for is, vanntemperatur og frostrøyk. (47 s.) |



MÅLESTOKK
0 1 10
kilometer

Tegnforklaring

-  Regulert vann
-  Dam
-  Tunnel
-  Nedbørfelt
-  Kommunegrense
-  Kraftverk

KRAFTVERKENE I MANDALSVASSDRAGET

Kraftverk	Ytelse/effekt (MW)	Magasin mill m ³
Logna	19,0	142,0
Smeland	24,0	143,4
Skjerka	82,5	225,6
Håverstad	44,0	380,2
Bjelland	53,0	382,4
Laudal	27,0	384,4



VEST-AGDER ENERGIVERK

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT



72030173