



0-95075

# Nye Skjerka Kraftverk Opprusting og utvidelse

Konsekvensvurderinger for vannkvaliteten  
i Mandalsvassdraget

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-95075	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3305	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo	Televeien 1 4890 Grimstad	Rute 866 2312 Ottestad	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: <b>NYE SKJERKA KRAFTVERK OPPRUSTING OG UTVIDELSE</b> Konsekvensvurderinger for vannkvaliteten i Mandalsvassdraget	Dato:	Trykket:
	25.08.95	NIVA 1995
Forfatter(e): Stein W. Johansen Torulv Tjomsland	Faggruppe:	Geografisk område:
	VASSDRAG	Vest-Agder
	Antall sider:	Opplag:
	47	30

Oppdragsgiver: Vest-Agder Energiverk (VAE)	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

<p>Ekstrakt:</p> <p>Vannkvaliteten i Mandalsvassdraget, dvs. magasinområdene og Mandalselva med sidevassdrag er beskrevet. Det er gjort konsekvensvurderinger for vannkvaliteten som følge av planer om utvidelse og opprusting av Nye Skjerka Kraftstasjon.</p> <p>Vannkvaliteten i Mandalsvassdraget er generelt sur og ionefattig og er liteforurenset m.h.p. næringssalter. Vassdraget er fortsatt i stor grad påvirket av sur nedbør selv om forsuringpåvirkningen synes å ha blitt noe mindre de senere år.</p> <p>Vannkvaliteten i både magasinområder og i Mandalselva forventes å bli lite endret som følge av den utvidete regulering. Eventuelle endringer vil ligge innenfor dagens "normale" år til år variasjon. Det kan oppstå mindre forskyvninger i dagens mønster for årstidsvariasjon m.h.p. forsuringsavrenningen.</p> <p>Strekningen Langevann- inntak Smeland kr.st. vil få noe redusert resipientkapasitet ved en utvidelse av Nåvannmagasinet.</p> <p>En generell flomdempning og utjevnet vannføring som er resultatet av en utvidet regulering, vil gi bedre vekstforhold og mulighet for økt mengdemessig forekomst av krypsiv, teppedannende levermoser og algebegroing på utsatte områder i Mandalselva.</p>
---

4 emneord, norske

1. Mandalsvassdraget
2. Vassdragsregulering
3. Vannkvalitet
4. Tilgroing

4 emneord, engelske

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder

*Stein W. Johansen*

Stein W. Johansen

For administrasjonen

*Dag Berge*

Dag Berge

82-577-2832-2

**NIVA**

**NYE SKJERKA KRAFTVERK  
OPPRUSTING OG UTVIDELSE**

**KONSEKVENSVURDERINGER FOR  
VANNKVALITETEN I MANDALSVASSDRAGET**

August 1995  
Prosjektleder: Stein W. Johansen  
Medarbeider: Torulv Tjomsland

## Forord

*Etter møte mellom Leif Haugerud fra Vest-Agder Energiverk og Stein W. Johansen på NIVA 21. februar med påfølgende utarbeidelse av programforslag 28. mars, fikk NIVA i oppdrag av Vest-Agder Energiverk i brev av 6. april 1995 å utføre en konsekvensvurdering for vannkvaliteten i Mandalsvassdraget som følge av planer for opprusting og utvidelse av Nye Skjerka Kraftverk. Konsekvensvurderingen skulle i vesentlig grad basere seg på allerede eksisterende materiale om vannkvaliteten i vassdraget.*

*For å dokumentere vannkvaliteten i selve magasinene, ble det foretatt en runde med vannprøvetaking i slutten av april i 9 av magasinene. Prøvene ble tatt av Vest-Agder Energiverk og sendt til NIVA for analyse.*

*På NIVA har Stein W. Johansen vært prosjektleder og sammen med Torulv Tjomsland skrevet rapporten.*

*NIVA, august 1995*

*Stein W. Johansen*

## Sammendrag

Det er gjort en beskrivelse av dagens vannkvalitet i Mandalsvassdraget basert på tidligere undersøkelser og annet tilgjengelig materiale, samt en prøveserie fra reguleringsmagasinene i april 1995. På bakgrunn av dette er det gjort en konsekvensvurdering for vannkvaliteten i Mandalsvassdraget som følge av planer om en opprusting og utvidelse av Nye Skjerka Kraftstasjon.

### 1. Vannkvalitet dagens situasjon.

Vannkvaliteten i Mandalsvassdraget, dvs. både magasinområdene og Mandalselva med sidevassdrag er generelt sur og ionefattig og er lite forurenset m.h.p. næringssalter. Vassdraget er i stor grad påvirket av sur nedbør. I den siste 5-års perioden har veide årsmidler for pH variert mellom 4,73 og 4,87, med en tilsvarende variasjon i konduktiviteten på 2,42 til 3,49 mS/m i Mandalselva. Det er påvist små forskjeller i vannkvaliteten innenfor de ulike deler av vassdraget. Dette har sin naturlige årsak i både en øst-vest og nord-sør gradient i nedbør i magasin-områdene og resten av vassdraget ned til Mandal. Det er også påvist markerte årstidsvariasjoner for flere parametre som henger nøye sammen med avrenningsmønsteret. Størst innvirkning på årsvariasjonen i vannkvaliteten, har kraftige nedbørepisoder med spesielt høye konsentrasjoner av sjøsalter.

En analyse av tidsutviklingen av vannkvaliteten i vassdraget viser at den må karakteriseres som rimelig stabil, men med naturlige mindre år til år variasjoner. Det er en klar tendens til at forurensningspåvirkningen har blitt noe mindre de senere årene og at dette har begynt å gi seg utslag i en noe bedre vannkvalitet. Vassdraget synes å være inne i en positiv utvikling.

### 2. Konsekvenser av opprusting og utvidelse for vannkvaliteten.

a). Vannkvaliteten i magasinområdene vil ikke bli vesentlig endret som følge av utvidet magasinkapasitet i Nåvann og Langevann. Vannkvaliteten i nedbøren og avrenning fra de tungt forvitretlig grunnfjellsbergarter i området vil fortsatt være det mest bestemmende for vannkvaliteten. En må forvente erosjon og utvasking av finmateriale fra de nye områdene som blir neddemt. Manøvreringen av magasinene vil bestemme graden av dette og hvor lang tid det tar før likevekt innstiller seg. Med bakgrunn i det sparsomme løsmassedeckket og tynne jordsmonn i området vil påvirkningen av vannkvaliteten generelt bli liten. Alternativet med den største reguleringshøyden vil ha størst negativ innvirkning på vannkvaliteten.

b). Vannkvaliteten i Mandalselva vil trolig ikke endres i vesentlig grad ved noen av de foreslåtte alternativer til utvidet regulering. Flomdempning og utjevnet vannføring vil kunne endre noe på de nå "normale" sesongmessige svingninger i vannkvaliteten, men likevel godt innenfor det som må karakteriseres som naturlig år til år variasjon ut fra dagens situasjon. Det nye vannføringsregimet vil ikke føre til noen økt forurensning m.h.p. næringssalter i vassdraget.

c). Partikkelforurensning i forbindelse med bygging og oppstart av nye overføringstunneler mellom Langevann - Nåvann og Nåvann - Ørevann er beregnet til å ha begrenset virkning både i tid og rom. Nær tunnelmunningene vil det i en kort periode kunne bli relativt store partikkelkonsentrasjoner på 215 og 170 mg/L i henholdsvis Nåvann og Ørevann. Dette vil imidlertid avta raskt med avstand fra utslippsstedet slik at i elveutløpene og kraftverksinntakene fra Nåvann og Ørevann vil påvirkningen bli neglisjerbar. Det er derfor liten fare for videre transport i vassdraget ved en forsiktig oppstart av de nye anleggene.

d). Anleggsarbeidene i forbindelse med de nye dammene forventes å kunne gi midlertidig lokal partikkelforensning til de berørte magasinene men neppe med skadelig omfang. Det kan forventes noe videretransport fra Nåvann ned til Ørevann, men trolig i små konsentrasjoner og liten transport videre til Mandalselva.

### **3. Behov for minstevannføring på strekningen Langevann - inntak Smeland kr.st.**

I forbindelse med vårflommen i mai-juni og høsten med periodevis store nedbørmengder vil denne strekningen få sterkt redusert vannføring i forhold til dagens situasjon med normalt overløp fra Langevann. Resten av året vil forholdene være tilnærmet uendret med bare mindre reduksjoner i vannføringen. Konsekvensen av den utvidete regulering vil være redusert resipientkapasitet og mulighet for økt tilgroing pga. redusert "opprensning" i forbindelse med de årvisse flomepisoder. Vannkvaliteten vil trolig holde seg innenfor dagens normale år til år variasjon. Det foreligger ikke tilstrekkelig med data for å kunne finberegne konsekvensen av redusert resipientkapasitet og dermed behov for minstevannføring. Det bør imidlertid taes med i planleggingen muligheten av å kunne slippe vann i den nåværende overløpstrase, dersom forholdene blir slik at dette vil bli nødvendig i fremtiden.

### **4. Konsekvenser for tilgroing i Mandalselva.**

Eventuelle små endringer i vannkvaliteten i Mandalselva som følge av den foreslåtte økte regulering vil neppe føre til kvalitative endringer (antall arter av alger, moser og høyere planter) i det nåværende begroings-samfunnet. Når det gjelder den mengdemessige forekomst av enkelte begroings-samfunn som f.eks krypsiv, teppedannende levermoser og trådformed grønnalgesamfunn, vil en generell flomdemping og utjevnet vannføring (som er resultatet av den utvidete regulering), gi bedre vekstforhold og mulighet for økt forekomst for alle disse elementer i forhold til dagens situasjon.

# Innhold

Forord .....	1
Sammendrag .....	2
1. Beskrivelse av Mandalsvassdraget .....	5
1.1. Gjennomførte reguleringer og utbygginger .....	5
1.2. Beskrivelse av planene for opprusting og utvidelse av Skjerka kraftverk .....	7
1.3. Nedbørforhold og temperatur .....	9
1.4. Åseral kommune .....	9
2. Vannkvaliteten i Mandalsvassdraget .....	10
2.1. Vannkvalitet i magasinområdene .....	10
2.2. Vannkvalitet i Mandalselva .....	17
2.3. Vannkvalitet i sidevassdrag .....	22
2.4. Tidsutvikling vannkvalitet .....	26
3. Effekter på vannkvaliteten i Mandalsvassdraget .....	30
3.1. Effekter på vannkvaliteten i magasinområdene .....	31
3.1.1. Vannkvalitet i magasinene .....	31
3.1.2. Vannkvalitet på strekningen Langevann - inntak Smeland Kr.st .....	33
3.1.3. Konsekvenser av partikkelforurensning fra anleggsarbeidene .....	35
3.2. Effekter på vannkvaliteten i Mandalselva .....	38
4. Konsekvenser for tilgroing i Mandalselva .....	41
5. Referanser .....	43
6. Primærdata .....	45

# 1. Beskrivelse av Mandalsvassdraget

## 1.1. Gjennomførte reguleringer og utbygginger

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 renner ut i havet sentralt i Mandal by.

Nedbørfeltet ved utløpet i havet er på 1800 km<sup>2</sup>. Midlere avløp er ca. 49 l/s/km<sup>2</sup> tilsvarende en midlere vannføring på ca. 88 m<sup>3</sup>/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 delen av feltet er det en sterkt avtagende avløpsintensitet fra vest mot øst fra 65 til 44 l/s/km<sup>2</sup>.

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 på henholdsvis ca. 193, 329 og 405 km<sup>2</sup>. Fra Ørevann som ligger på ca. kote 259m har vassdraget navnet Mandalselven. Nedstrøms Ørevann er det bare to større sidevassdrag, Kosåna og Høyeelven, begge med nedbørfelt øst for hovedelven.

I figur 1 er satt opp en skisse over Mandalsvassdraget med tilhørende nedbørfelt og hvor reguleringsinngrep og kraftstasjoner er inntegnet.

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.

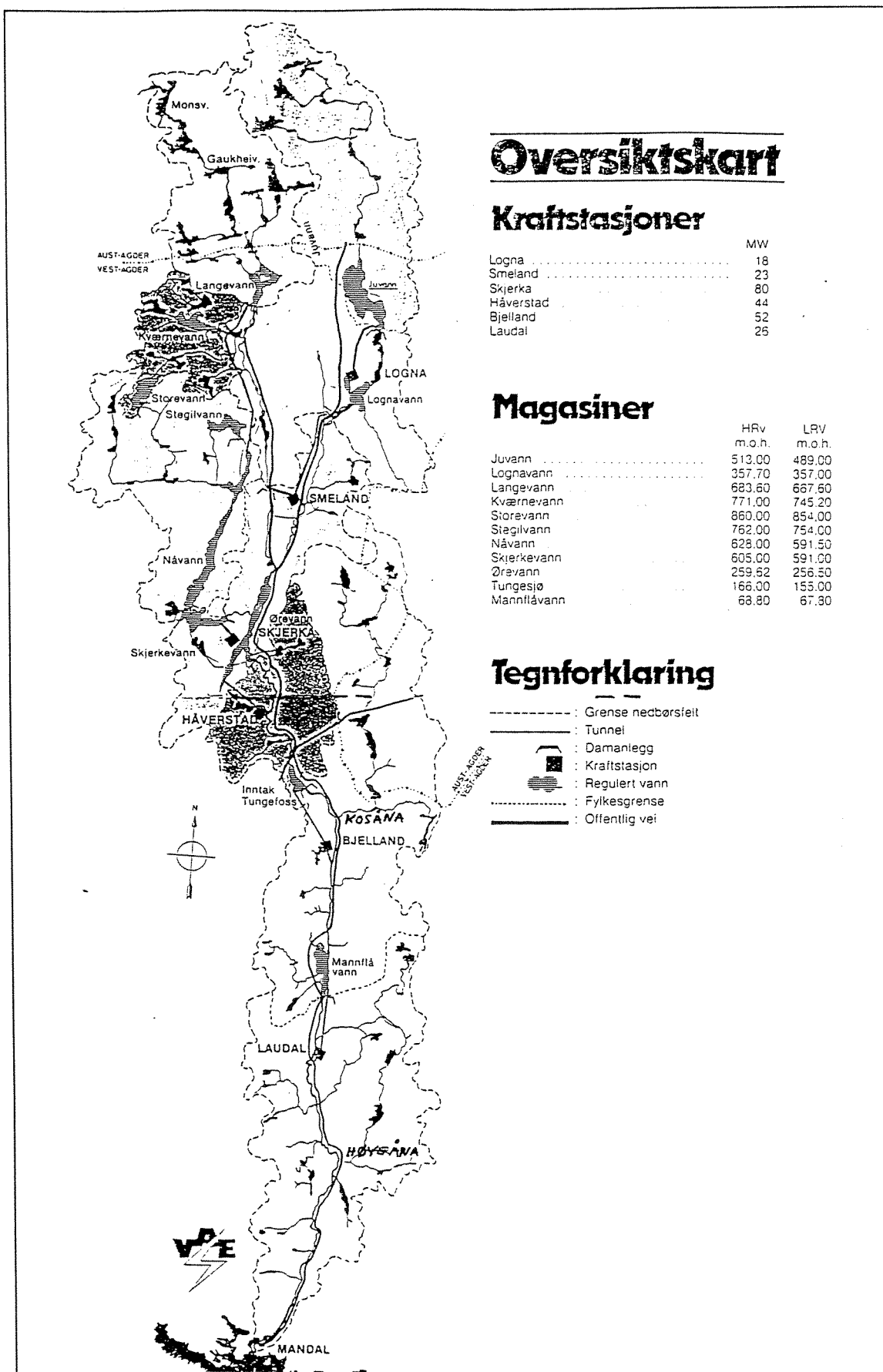
Med grunnlag i gitte tillatelser i perioden 1932-1952 er det bygget følgende reguleringsmagasin og kraftverk:

Reguleringsmagasiner:

Magasin	HRV m.o.h.	LRV m.o.h.	Reguleringshøyde	Volum mill. m <sup>3</sup>
Langevann	683,60	667,60	16,00	22,0
Kvernevann	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
Samlede magasinivolumer				385,6

\*) HRV sommer 68,30





Figur 1. Skisse av Mandalsvassdraget med inntegnet reguleringsinngrep og kraftstasjoner (kilde: Vest-Agder Energiverk).

Kraftverk:

Kraftverk	Ytelse MW	Slukeevne m <sup>3</sup> /s	Antall aggregater	Midlere årsproduksjon GWh <sup>*)</sup>	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
Samlet ytelse og produksjon	244			1443	

<sup>\*)</sup> simulert for perioden 1931-1980.

## 1.2. 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 maskinkapasitet
- for liten ytelse (effekt)
- store vanntap ved flom
- store falltap i vannveiene (tunnel og rørledninger)
- dårlig virkningsgrad av 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 Ørevann ca. 7 km sør for kommunesenteret Kyrkjebygd. Prosjektområdets beliggenhet fremgår av kartene på 2. og 3. omslagsside.

I dag utnytter kraftverket avløpet fra et nedbørfelt på tilsammen 429 km<sup>2</sup> med en midlere avrenning på 27 m<sup>3</sup>/s. Det er i dag etablert magasiner på tilsammen 225,6 mill. m<sup>3</sup>. Dette utgjør 26,5% av årsavløpet.

Kraftstasjonen har en slukeevne på max 30,5 m<sup>3</sup>/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 sydvest for nåværende kraftstasjon. I den nye kraftstasjonen forutsettes installert 2 aggregater med en samlet ytelse på ca. 179 MW og med en slukeevne på ca. 50 m<sup>3</sup>/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:

HRV k.628	Magasinvolum:	193 mill. m <sup>3</sup>
HRV k.631	Magasinvolum:	221 mill. m <sup>3</sup>
HRV k.635	Magasinvolum:	264 mill. m <sup>3</sup>
HRV k.644	Magasinvolum:	380 mill. m <sup>3</sup>

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:

HRV k.703,5	Magasinvolum:	74,3 mill. m <sup>3</sup>
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 m<sup>3</sup>/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.

### 1.3. 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.

#### Nedbør

Følgende data for nedbør er registrert:

Skjerka kraftstasjon (263 m.o.h.).

Nedbør (mm) i perioden 1970-1992:

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR
middel	187	129	136	78	93	97	108	145	194	210	243	186	1806
største årsnedbør	435	512	305	116	18	211	191	122	195	285	90	256	2736
minste årsnedbør	179	131	73	71	96	50	61	2	110	356	234	83	1448

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

#### Temperatur.

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

JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR
-2,3	-2,4	0,1	3,4	8,8	13,0	14,2	13,5	9,9	6,5	2,2	-0,6	5,5

### 1.4. 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 km<sup>2</sup> 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 langsatter daldrag og elvepartier fra Ljosland og Borteli i nord til Mjåland i sør. Det eneste tettstedet i kommunen er kommunesenteret i Kyrkjebygd som ligger der Mon og Logna møtes i nordenden av Ørevann.

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

Hytter og fritidsbebyggelse finnes i et ikke uvesentlig omfang. De viktigste konsentrasjoner av slik bebyggelse ligger ved Flystveit, Ljosland og Borteli. Det er turistentre med bl.a. tilrettelagte 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 offentlige 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:

Antall sysselsatte:			Fordeling på næring i %:					
Menn	Kvinner	Ialt	Primær- næring	Bergverk og industri	Bygg og anlegg	Varehandel	Transport	Offentlig og private tjenester
222	172	394	19	14	15	10	7	36

## 2. Vannkvaliteten i Mandalsvassdraget

Det eksisterer pr. i dag en god del informasjon om både vannkvaliteten i Mandalsvassdraget og andre forhold som har betydning for vannkvaliteten. Vannkvaliteten i Mandalselva er relativt godt undersøkt ved flere enkeltundersøkelser av ulikt omfang (Gjessing og Samdal 1964, Samdal 1973, Brettum og Lindstrøm 1983, Blakar og Digernes 1991, Andersen 1993, Kaste m.fl. 1993 og Larsen og Haraldstad 1994), og har siden 1964 inngått som en av elvene i statlig program for forurensningsovervåkning, som i dag administreres under SFT (SFT 1994). I 1986 ble det gjort en landsomfattende undersøkelse av vel 1000 innsjøer i Norge, hvorav flere innsjøer lå i nedbørfeltet til Mandalselva (SFT 1987). Noen få av disse er videre fulgt opp årlig i forbindelse med 100-sjøers undersøkelsen (SFT 1994). For en beskrivelse av dagens vannkvalitet i Mandalsvassdraget samt tidsutvikling, vil det bli brukt data fra disse undersøkelsene.

Før denne undersøkelsen eksisterte det ingen direkte målinger av vannkvaliteten i de berørte reguleringsmagasiner i forbindelse med den planlagte reguleringsutvidelsen med unntak av noen målinger fra utløp Skjerka Kraftstasjon og fra Kyrkjebygda etter samløp Logna og Monn nedstrøms utløp Smeland kraftstasjon. Dette representerer det samlede avløp fra 8 av de 11 magasinene i vassdraget. Det ble derfor tatt en serie vannprøver i regi av VAE i april 1995 i 9 magasiner oppstrøms Håverstad kraftstasjon som et grunnlag for en beskrivelse av vannkvaliteten i magasinområdene.

Det er lagt vekt på å gjøre en mest mulig fyldig dokumentasjon av vannkvaliteten i Mandalsvassdraget basert på eksisterende data som grunnlag for en konsekvensvurdering for den planlagte opprusting og utvidelsen av reguleringen. Det eksisterer således ikke noe materiale som spesielt er samlet inn og programmessig tilrettelagt med tanke på en grundig og detaljert konsekvensutredning. Det foreliggende materialet vil likevel kunne brukes til å forutsi sannsynlig vannkvalitet som følge av reguleringen.

### 2.1. Vannkvalitet i magasinområdene

I tabell 1 er satt opp resultatene fra vannprøvene tatt i magasinene i april 1995. Pga. vekslende forhold m.h.p. is, snø og tilgjengelighet på denne årstiden, ble prøvene tatt noe forskjellig. Det ble tatt prøver under isen på Skjerkevann, Nåvann, Storevann og Stegilvann. I Langevann,

Kvernevann og Juvann ble det tatt prøver i utløpet, mens Ørevann og Lognavann var isfrie slik at prøvene ble tatt fra land. Dette er bare en enkelt prøveserie på et gitt tidspunkt i året. Følgelig må en regne med at det vil være mindre variasjoner omkring de målte verdier over et år. Prøvene regnes likevel å gi en god beskrivelse av vannkvaliteten i området.

Prøvene tatt i magasinene bekrefter den vannkvaliteten som tidligere er beskrevet for Mandalselva hvor surt ionefattig vann med pH 5 eller mindre uten bufferevne dominerer. Prøvene viser også at det er lite humus-stoffer i vannet (lave TOC-verdier <2.6 mgC/L) og lite næringssalter. Med NO<sub>3</sub>-verdier i området 150-265 µgN/L og Tot.P-verdier i området <1-6 µgP/L, vil fosfor være det begrensende næringsstoff for plantevekst i dette systemet.

Når det gjelder forskjeller i vannkvaliteten i de ulike magasinene er disse små. Det ser ut for at de to magasinene i øst er meget like, mens det er noe større forskjeller i de vestlige magasinene. Langevann og Nåvann synes å ha en noe bedre vannkvalitet m.h.p. forsuring enn de mindre magasinene som Kvernevann, Storevann og Stegilvann. Ørevann som er blandingsmagasinet for avløpet fra de østlige og vestlige magasinene før det går ut i Mandalselva, hadde den beste vannkvaliteten ved prøvetidspunkt med pH 5,01 og alkalinitet på 0,03 mmol/L.

**Tabell 1.** Vannkjemiske data fra 9 magasinene i Mandalsvassdraget 20.04.95.

Magasin	pH	ALK	Kond.	Turb.	Ca	Mg	Na	K	SO <sub>4</sub>	Cl	TOC	Al/Il	Al/R	Tot.N	NO <sub>3</sub>	Tot.P
		mmol/L	mS/m	FTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Juvann	4,9	0,025	1,91	0,6	0,45	0,2	1,33	0,1	2,1	2,3	2,4	69	164	295	165	2
Lognavann	5,01	0,029	1,9	0,6	0,56	0,21	1,38	0,16	2,2	2,4	2,6	74	164	330	150	4
Langevann	4,94	0,026	2,08	0,7	0,54	0,23	1,58	0,11	2,2	2,8	2,2	60	146	325	185	3
Kvernevann	4,9	0,024	1,87	0,48	0,27	0,19	1,38	0,09	1,8	2,5	0,83	22	154	325	225	< 1
Storevann	4,76	0,018	2,16	0,65	0,21	0,2	1,52	0,1	1,8	2,8	0,51	11	142	385	265	1
Stegilvann	4,64	0,01	2,36	1	0,29	0,19	1,34	0,1	2	2,6	2,1	45	138	445	260	3
Nåvann	4,95	0,026	2,08	1,4	0,51	0,24	1,59	0,11	2	3,1	1,9	52	140	405	245	4
Skjerkevann	4,82	0,02	2,13	1,4	0,38	0,22	1,5	0,1	2	3	1,8	49	144	385	230	4
Ørevann	5,01	0,03	2,05	2,8	0,64	0,25	1,51	0,19	2,3	2,7	2,6	70	167	320	180	6

Av tidligere undersøkelser om vannkvalitet i magasinområdene, finnes det data fra en rekke av innsjøene i nedborfeltet til magasinene fra 1000-sjø undersøkelsen i 1986 (SFT 1987). I tabell 2 og 3 er satt opp en oversikt over vannkjemiske data fra innsjøer som drenerer til henholdsvis det østlige magasinområdet (Juvann og Lognavann) og det vestlige magasinområdet. Sammenligner en tallene fra 1986 med 1995 i det østlige magasinområdet, synes det som om pH er tilnærmet uforandret, mens magasin vannet i 1995 viser en høyere konduktivitet og generelt høyere konsentrasjoner av de fleste hovedioner. Dette gjelder spesielt vannene som drenerer ned til Juvann. Noe av denne forskjellen skyldes trolig forskjell i prøvetakingstidspunkt i forhold til årstiden (høst og senvinter).

Sammenligner en data fra 1986 og 1995 i det vestlige magasinområdet, kan det se ut som om pH har økt noe samtidig som det har blitt en generell økning av kalsium, magnesium, natrium og klorid, mens sulfatkonsentrasjonen har gått noe tilbake. Noe av forskjellene kan igjen tilskrives en viss variasjon med årstiden (se senere). Det som imidlertid er viktig med 1986-undersøkelsen er at den dokumenterer en nord-sør gradient i det vestlige magasinområdet. Som det fremgår av tabell 3 og figur 2 er det høyere pH og lavere konduktivitet i vannene som drenerer til Langevann, enn vannene som drenerer til Nåvann direkte. Den sørlige delen av magasinområdet har dermed en dårligere vannkvalitet m.h.p. forsuring enn de nordlige deler. Mens pH lå tett oppunder pH 5 i nord, lå pH nærmere 4,5 lengst i sør. En økning av

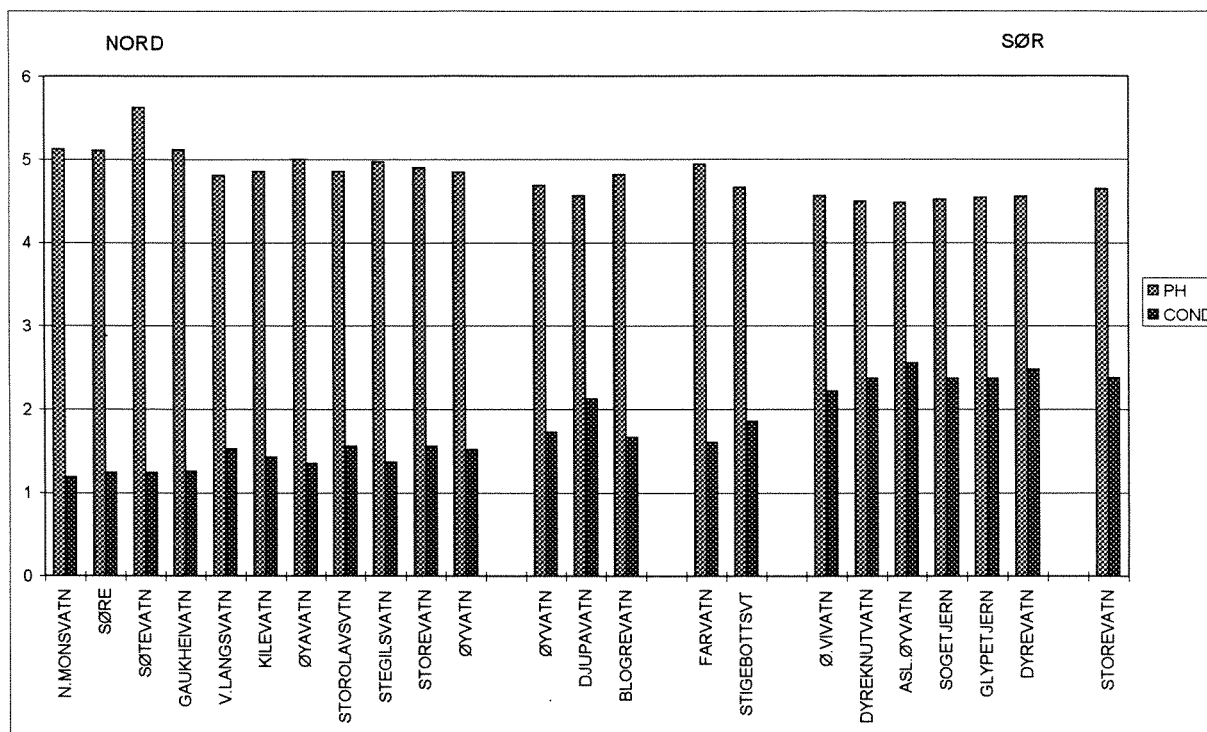
konduktiviteten fra nord til sør i området skyldes i tillegg til lavere pH også større konsentrasjoner av spesielt natrium, klorid og sulfat. Hvorvidt denne nord-sør gradienten er like markert i dag er vanskelig å si. Vannkvaliteten målt i magasinene i 1995 tyder på at det fortsatt kan være en gradient til stede.

**Tabell 2.** Vannkjemiske data fra innsjøer i nedbørfeltet til Juvann og Lognavann 08.10.1986. (SFT 1987).

Vann:	pH	Kond.	Ca	Mg	Na	K	SO <sub>4</sub>	Cl	TOC	Al/il	Al/R	NO <sub>3</sub>
		mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L
<b>Drenerer til Juvann:</b>												
LYKKJEVATN	5	1,21	0,36	0,1	0,52	0,09	1,9	0,8	1,3	15	95	100
RØYNLIVATN	4,92	1,35	0,34	0,11	0,61	0,09	1,9	1	0,73	11	117	148
KOLSHEIVATN	4,86	1,31	0,28	0,1	0,62	0,09	1,9	1	0,5	<10	123	157
HEGESTØLVATN	4,95	1,37	0,42	0,12	0,6	0,11	2,3	1	1,56	22	101	95
<b>Drenerer til Lognavann:</b>												
TJALDALSVATN	4,92	1,94	0,71	0,18	0,9	0,24	3,4	1,3	3,46	56	173	82

**Tabell 3.** Vannkjemiske data fra innsjøer i nedbørfeltene til de vestliggende magasiner. Prøver tatt 08.10 og 12.10.1986. (SFT 1987).

Vann:	pH	Kond.	Ca	Mg	Na	K	SO <sub>4</sub>	Cl	TOC	Al/il	Al/R	NO <sub>3</sub>
		mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L
<b>Drenerer til Langevann:</b>												
STOROLAVSVATN	4,86	1,56	0,29	0,12	0,77	0,09	2,1	1,4	0,72	<10	134	134
STEGILSVATN	4,97	1,37	0,38	0,12	0,67	0,13	2,2	1,1	1,14	11	99	105
ØYAVATN	5	1,35	0,37	0,12	0,63	0,13	2,1	1,1	1,1	<10	93	106
KILEVATN	4,86	1,43	0,26	0,11	0,68	0,08	2,1	1,3	0,67	<10	125	100
SØRE	5,11	1,24	0,37	0,12	0,65	0,12	1,9	1	1,04	<10	82	108
SØTEVATN	5,62	1,24	0,59	0,14	0,78	0,1	2,3	1,1	0,92	<10	59	61
GAUKHEIVATN	5,12	1,26	0,38	0,12	0,68	0,12	2	1	1,08	13	84	119
V.LANGSVATN	4,81	1,53	0,32	0,11	0,65	0,11	2,1	1,1	0,75	<10	125	175
N.MONSVATN	5,13	1,19	0,37	0,12	0,63	0,11	1,8	0,9	1,1	15	84	87
STOREVATN	4,9	1,56	0,37	0,13	0,81	0,1	2,4	1,2	1,51	24	132	98
ØYVATN	4,85	1,52	0,29	0,12	0,74	0,1	2,2	1,1	1,41	25	152	108
<b>Drenerer til Kvernevann:</b>												
ØYVATN	4,69	1,73	0,19	0,1	0,71	0,09	2,1	1,2	0,12	<10	165	230
DJUPAVATN	4,57	2,13	0,19	0,11	0,84	0,06	2,4	1,7	<0,1	<10	169	250
BLOGREVATN	4,82	1,67	0,3	0,13	0,81	0,1	2,3	1,3	1,01	16	145	147
<b>Drenerer til tunnel Langevann-Nåvann:</b>												
STIGEBOTTSVATN	4,67	1,86	0,29	0,12	0,7	0,12	2,5	1,2	1,2	<10	130	159
FARVATN	4,94	1,6	0,37	0,14	0,78	0,11	2,4	1,3	1,09	13	149	132
<b>Drenerer til Nåvann:</b>												
DYREKNUTVATN	4,5	2,37	0,38	0,17	0,88	0,1	2,9	1,5	4,59	41	116	176
ASL.ØYVATN	4,48	2,56	0,25	0,14	0,92	0,09	2,7	1,9	0,56	<10	125	290
SOGETJERN	4,52	2,37	0,25	0,14	0,8	0,11	2,9	1,5	0,71	<10	159	260
GLYPETJERN	4,54	2,37	0,29	0,15	0,88	0,13	2,8	1,6	1,92	13	165	250
DYREVATN	4,56	2,48	0,43	0,18	1,02	0,15	3	1,8	2,45	25	155	270
Ø.VIVATN	4,57	2,22	0,29	0,16	0,89	0,09	2,4	1,8	2,93	40	148	150
<b>Drenerer til Ørevann:</b>												
STOREVATN	4,65	2,38	0,41	0,18	1,19	0,16	3	2,1	2,25	23	164	199



Figur 2. pH og konduktivitet fra oktober 1986 i innsjøer som drenerer til magasinene til Skjerka kraftstasjon jmf. tabell 3.

I forbindelse med vannkvalitetsundersøkelsen i Mandalsvassdraget utført av ADH i 1992-1993 (Andersen 1993), foreligger det noen data som kan illustrere enn viss årstidsvariasjon i den samlede avrenning fra magasinområdene. Det er i denne anledning brukt data fra stasjon 2 Kyrkjebygda nedstrøms samløp Logna og Monn som representerer det samlede avløp fra magasinområdet i øst, og stasjon 3 utløp Skjerka kraftstasjon som representerer det samlede avløp fra magasinområdet i vest. Det er også tatt med data fra stasjon 8 Stoveland og SFTs overvåkningsstasjon nederst i elva. De to siste stasjoner burde teoretisk være nokså like m.h.p. vannkvalitet, men forskjellige tidspunkt for prøvetaking kan gi mindre utslag i form av forskjeller. I samtlige figurer er også tatt med døgnmiddelvannføring ved VM 548 Kjølemo.

I figur 3 er satt opp de målte pH-verdier i perioden september 1992 til august 1993. Det fremgår her tydelig både en årstidsvariasjon og en markert forskjell mellom de to magasinområder. For hele denne perioden var det en klart høyere pH i avrenningen fra det østlige magasinområdet (sta.2) i forhold til det vestlige (sta.3). Laveste pH ble målt til 4,8 i øst, mens i vest gikk det ned til 4,6. Sammenligner en med pH-målingene nederst i Mandalselva ved Stoveland og SFTs stasjon, er det klart perioder hvor pH er høyere i Mandalselva i forhold til avrenningen fra magasinene, men også lenger perioder hvor pH ligger mellom de to vannkvaliteter fra magasinområdene. Generelt synes det å være en tendens til lavest pH i vinterhalvåret ved stor vannføring og i forbindelse med snøsmelting om våren, mens i perioder med lav vannføring og i sommerhalvåret er pH høyest.

En annen parameter som viser forskjellen på de østlige og vestlige magasinområder er kalsiumkonsentrasjonen (figur 5). Igjen er det en klar forskjell i hele perioden ved at avrenningen fra det østlige området har et høyere Ca-innhold enn det vestlige og således en noe bedre vannkvalitet. Tilsvarende målinger nederst i Mandalselva viser generelt høyere kalsiumkonsentrasjoner i forhold til begge magasinområder noe som betyr at restfeltet



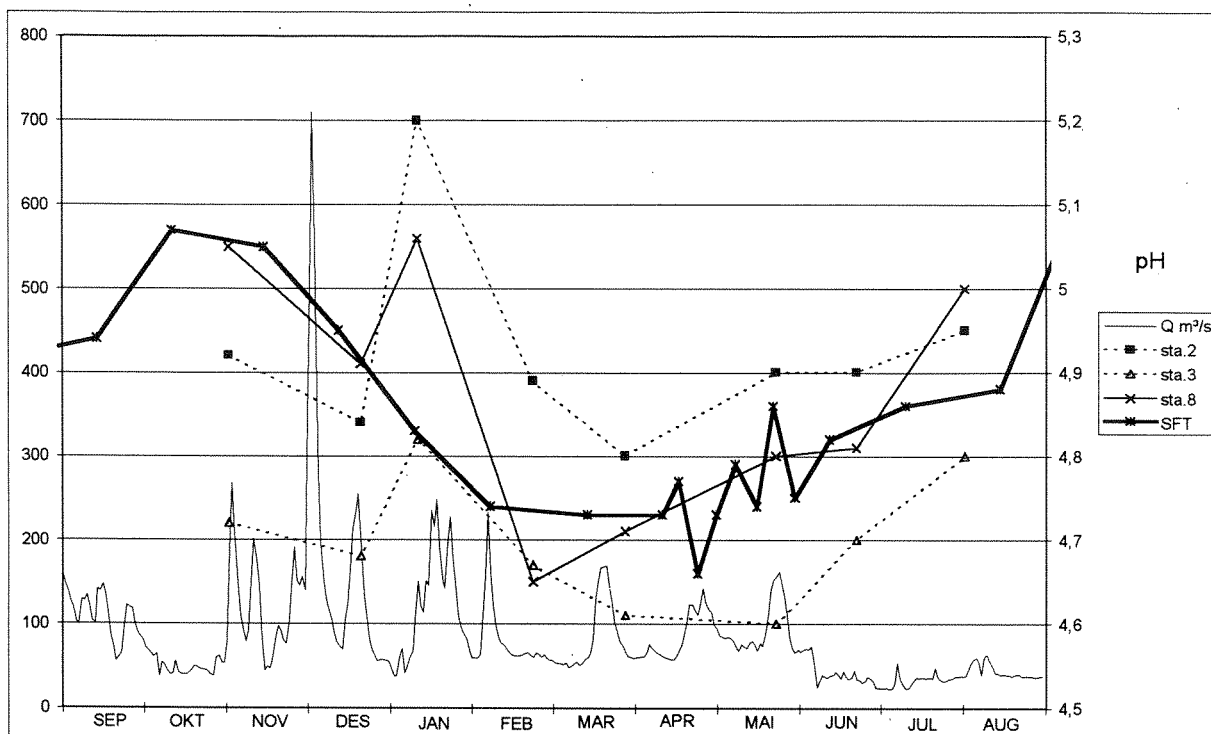
nedstrøms Ørevann naturlig bidrar med relativt mer ionerikt vann enn vannet fra høyfjellet selv om pH periodevis også kan være lav her.

Konduktiviteten, dvs. det samlede mål på mengden løste ioner i vannmassen, er satt opp i figur 4. Perioden det ble tatt prøver i, var noe spesiell med til dels store nedbørmengder i perioden november-januar. Dette førte til en storflom med døgnmiddelvanntføring over 700 m<sup>3</sup>/s og flere mindre flommer over 200 m<sup>3</sup>/s. I tillegg inneholdt denne nedbøren store mengder sjøsalter, i første rekke natrium og klorid, som påvirket konduktiviteten betydelig. Generelt viser målingene at det er en høyere konduktivitet nederst i Mandalselva i forhold til avrenningen fra magasinene. Det går også frem at sjøsaltepisoden ga seg først utslag i en høy konduktivitet nederst i Mandalselva og at det ble en klar forsinkelse av det salte vannet i magasinområdene pga. vinterforhold med snø og oppholdstid. Størst forsinkelse var det i det vestlige magasinområdet målt ved utløp Skjerka kraftstasjon. Med bakgrunn i de observerte Ca-konsentrasjoner i denne perioden er det grunn til å anta at det normalt ikke er så store forskjeller på konduktiviteten fra de østlige og vestlige områder, men at store utslag kan forekomme i de tilfeller hvor nedbøren er ekstra mett med sjøsalter. I tillegg kommer den naturlige vest-øst gradienten i nedbør hvor det normalt er større nedbør i de vestlige strøk. P.g.a. denne spesielle episoden er det vanskelig å si noe mer om eventuelle normale årstidsvariasjoner i avrenningsvannet fra magasinområdene i forhold til det som er målt på SFTs stasjon over flere år (se senere).

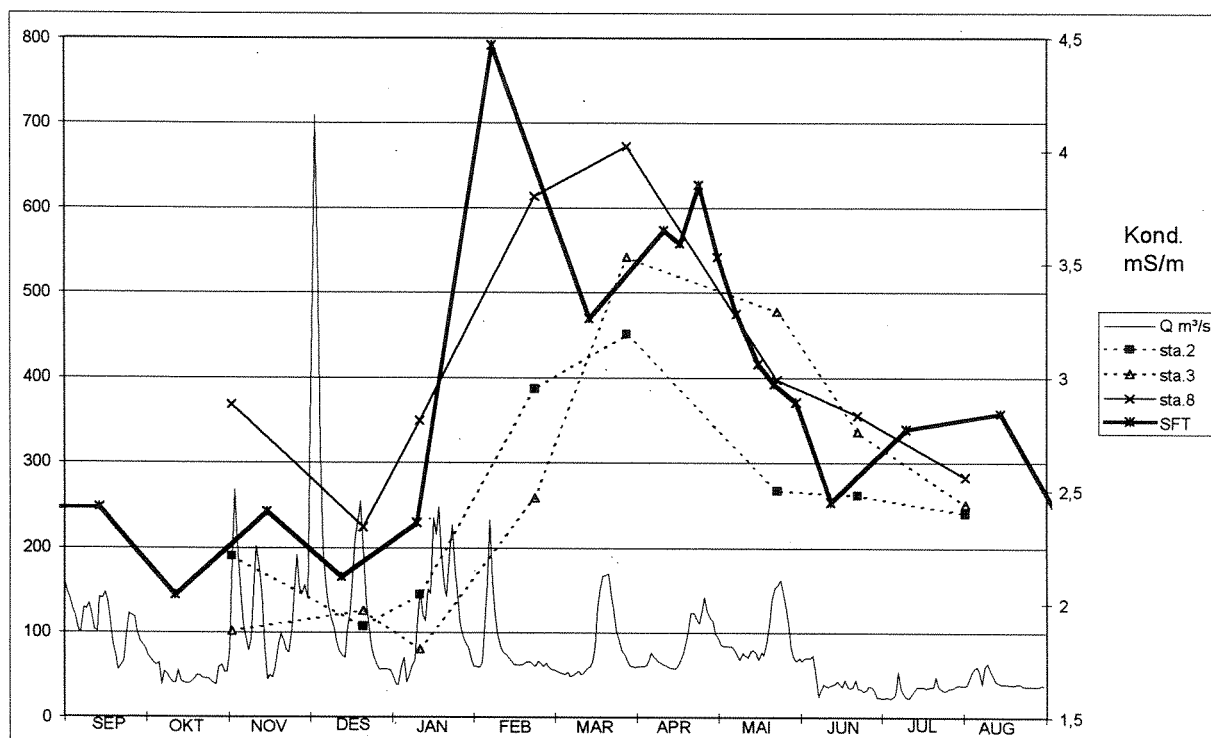
I figur 6 er satt opp målinger av nitrat for den samme tidsperioden. For nitrat som fortsatt er med å bidra til forsureningen i dette området er det en tendens til en liten årstidsvariasjon med de høyeste konsentrasjoner på ettervinter og vår, mens de laveste konsentrasjoner blir målt i sommerperioden på lav vannføring i Mandalselva. Når det gjelder avrenningsvannet fra magasinområdene, ble de høyeste konsentrasjoner målt i utløpet av Skjerka, dvs. fra de vestlige områder. Nitratkonsentrasjonene fra magasinområdene var periodevis både høyere og lavere enn konsentrasjonene nederst i Mandalselva på samme tid, som klart viser at de ulike delnedbørfelter i vassdraget bidrar med ulike mengder nitrat til forskjellig tid på året.

Målte verdier for TOC, som gir et bilde av humusinnholdet i Mandalsvassdraget (det er tidligere vist en god sammenheng mellom farge og TOC i Mandalselva) er satt opp i figur 7. Det fremgår her en klar årstidsvariasjon med de høyeste konsentrasjoner om høsten og deretter et jevnt avtak mot de laveste verdier på lav vannføring på sommeren. Det var liten forskjell i TOC-konsentrasjoner mellom de to magasinområdene. Det synes gjennomgående å være høyere humusinnhold nederst i Mandalselva i forhold til avrenningsvannet fra magasinområdene, noe som viser at restfeltet nedstrøms Ørevann har avrenningsvann med et ofte høyere humusinnhold enn vannet fra fjellområdene. Dette er forøvrig en naturlig forskjell i avrenning fra høyfjells- og lavlandsområder.

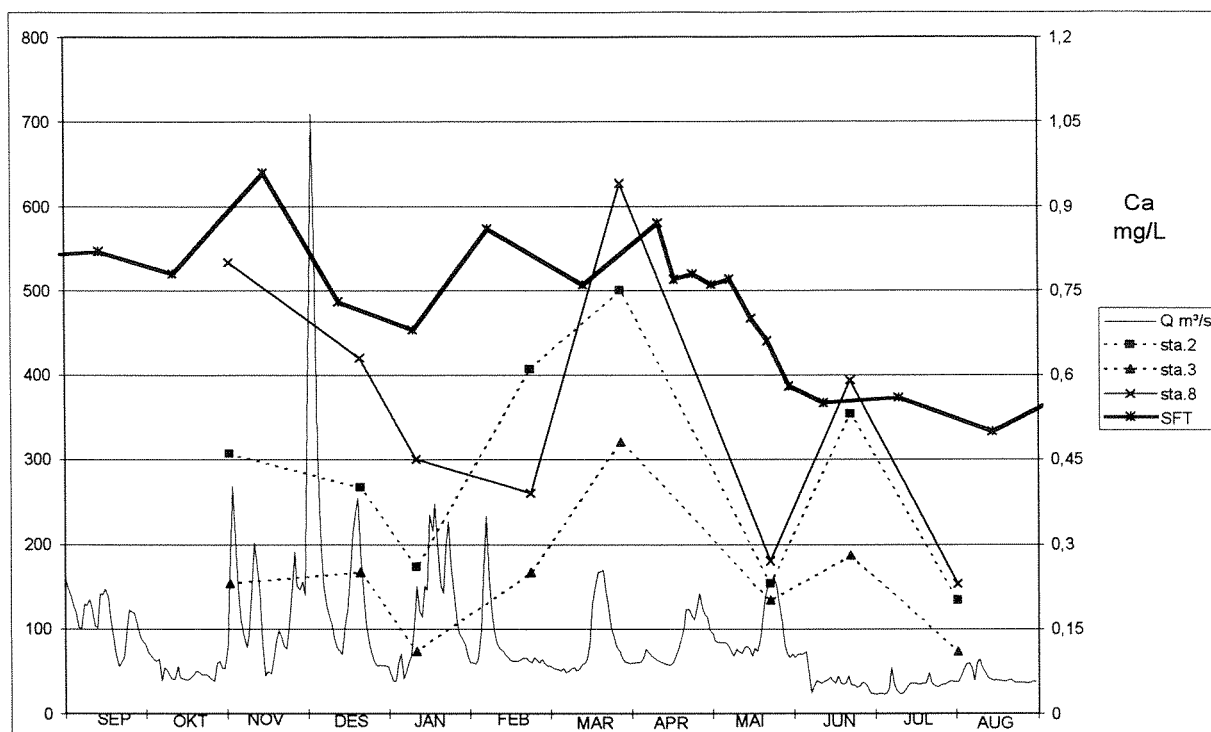
Selv om forholdene avvek noe fra normalen i måleperioden september 1992 til august 1993, viser de utførte målinger at en må forvente en til dels betydelig årstidsvariasjon i en rekke vannkvalitetsparametre under dagens forhold i hele vassdraget.



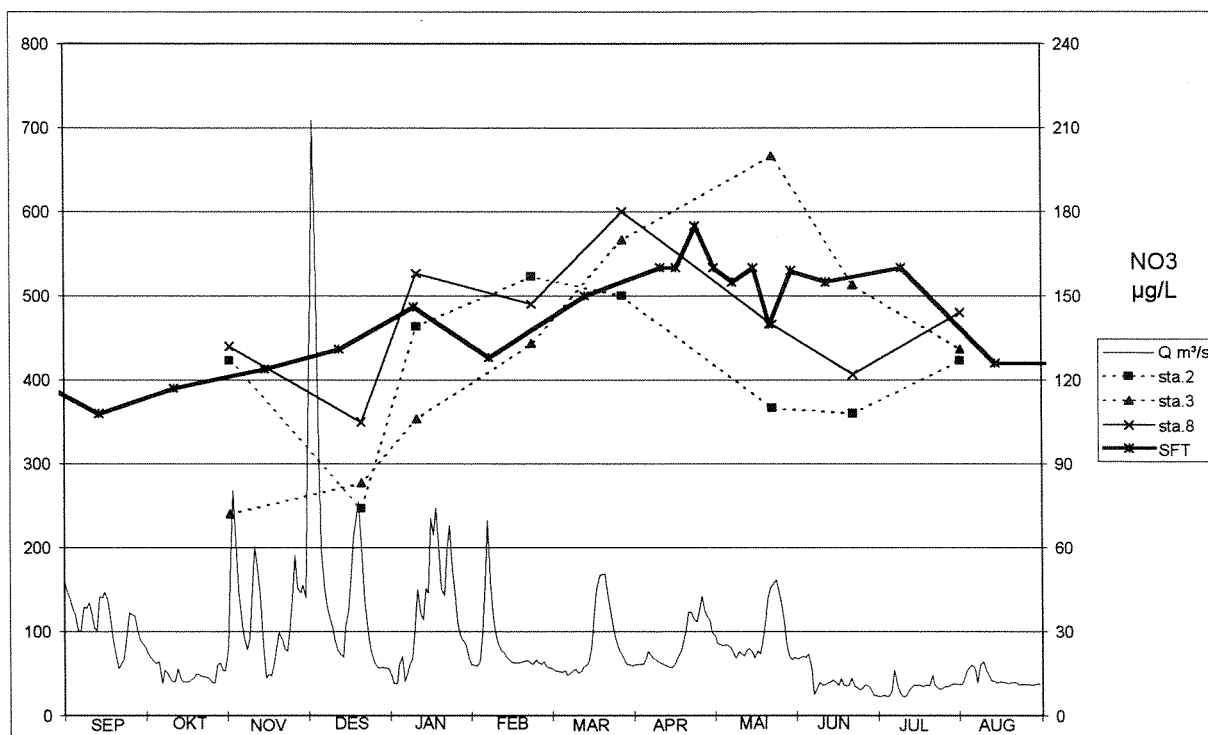
**Figur 3.** Målinger av pH på sta.2 Kyrkjebygda (Logna + Monn), sta.3 utløp Skjerka kraftstasjon, sta.8 Stoveland og SFTs stasjon i Mandalselva i perioden september 1992 til august 1993. Vannføring ved stasjon VM 548 Kjølamo er inntegnet.



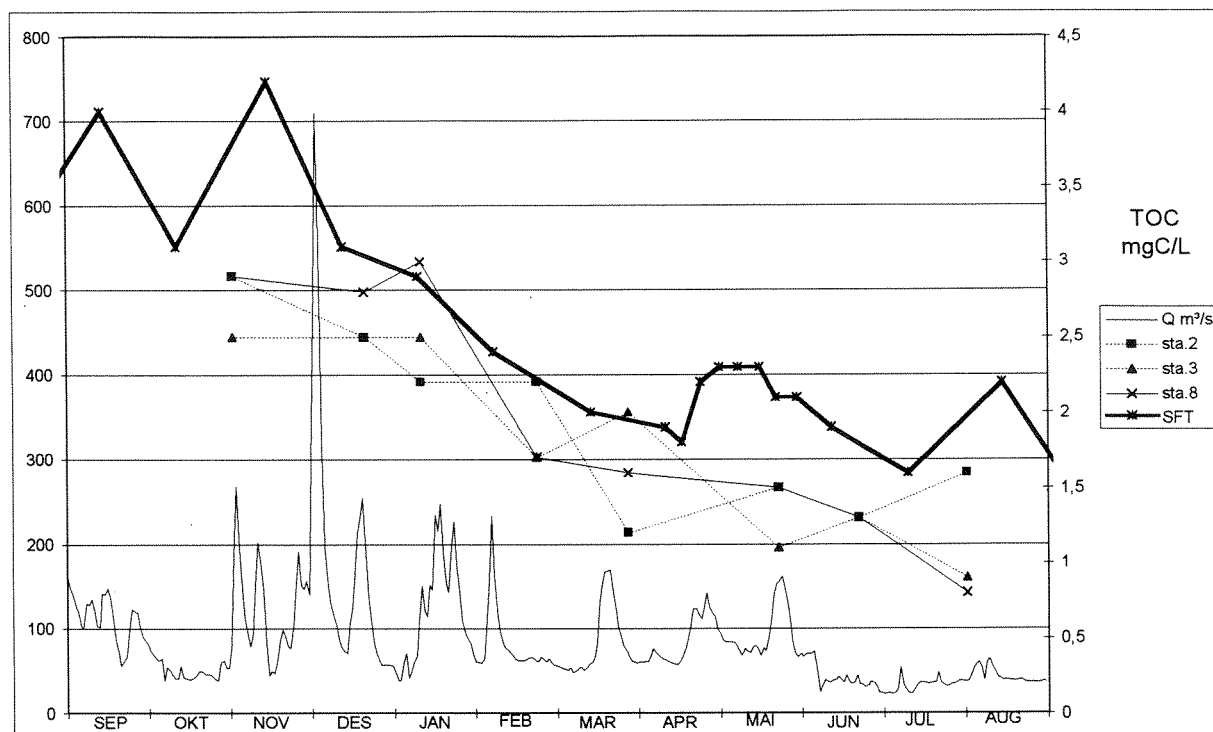
**Figur 4.** Målinger av konduktivitet på sta.2 Kyrkjebygda (Logna + Monn), sta.3 utløp Skjerka kraftstasjon, sta.8 Stoveland og SFTs stasjon i Mandalselva i perioden september 1992 til august 1993. Vannføring ved stasjon VM 548 Kjølamo er inntegnet.



**Figur 5.** Målinger av kalsium på sta.2 Kyrkjebygda (Logna + Monn), sta.3 utløp Skjerka kraftstasjon, sta.8 Stoveland og SFTs stasjon i Mandalselva i perioden september 1992 til august 1993. Vannføring ved stasjon VM 548 Kjølmo er inntegnet.



**Figur 6.** Målinger av nitrat på sta.2 Kyrkjebygda (Logna + Monn), sta.3 utløp Skjerka kraftstasjon, sta.8 Stoveland og SFTs stasjon i Mandalselva i perioden september 1992 til august 1993. Vannføring ved stasjon VM 548 Kjølmo er inntegnet.



**Figur 7.** Målinger av TOC på sta.2 Kyrkjebygda (Logna + Monn), sta.3 utløp Skjerka kraftstasjon, sta.8 Stoveland og SFTs stasjon i Mandalselva i perioden september 1992 til august 1993. Vannføring ved stasjon VM 548 Kjølemo er inntegnet.

## 2.2. Vannkvalitet i Mandalselva

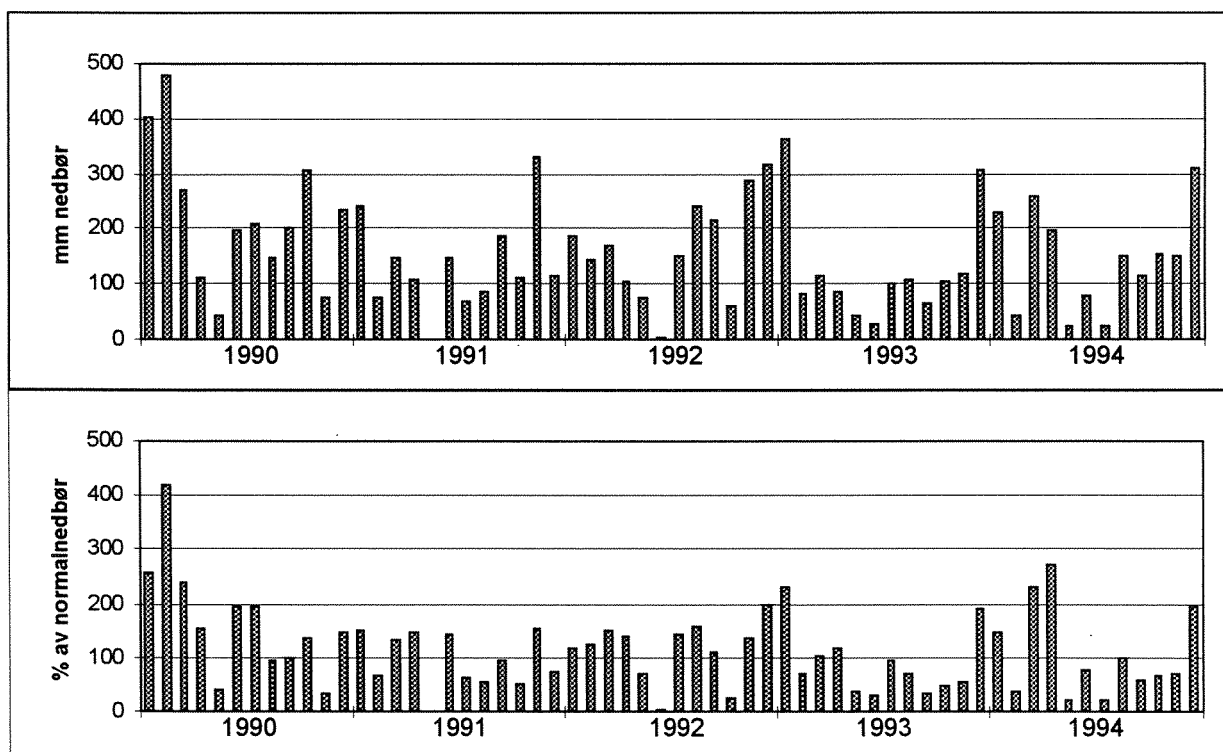
For å dokumentere vannkvaliteten i Mandalselva er det valgt å presentere data fra SFTs overvåkningsstasjon som ligger nederst i elva før samløp med havet og oppstrøms eventuell påvirkning fra sjøen. Dette representerer vannkvaliteten på det samlede avløp fra Mandalsvassdraget. Volumveide middelerverdier for en rekke komponenter er satt opp i tabell 4 for den siste 5-års perioden.

**Tabell 4.** Vannkjemiske data fra SFTs overvåkningsstasjon nederst i Mandalselva. Data presentert som årlige volumveide middelerverdier for perioden 1990-1994.

År:	antall prøver	pH	Kond.	Ca	Mg	Na	K	SO4	Cl	TOC	Al/iI	Al/R	Tot.N	NO3
			mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L
1990	26	4,73	2,74	0,53	0,24	1,74	0,19	2,6	3,4	2,3	27	152	294	158
1991	25	4,82	2,42	0,63	0,23	1,50	0,16	2,6	2,5	2,7	44	160	318	167
1992	20	4,85	2,51	0,70	0,24	1,69	0,16	2,5	3,2	2,9	63	166	269	135
1993	18	4,78	3,29	0,77	0,35	2,87	0,20	2,6	5,5	2,6	64	198	303	153
1994	22	4,87	2,58	0,68	0,26	2,06	0,20	2,8	3,1	3,1	76	162	417	224

Mandalselva er meget sur med veide årsmidler under pH 4,9. Det kan synes å være en tendens til svakt økende pH i vassdraget. Med unntak av 1993 som var et noe spesielt år, er ionesammensetningen rimelig stabil målt som årsmidler. I 1993 ble vannkvaliteten påvirket av kraftige nedbørsepisoder med høyt innhold av sjøsalter. En fikk en til dels betydelig økning av spesielt natrium og klorid.

For å se på eventuelle årstidsvariasjoner i vannkvaliteten i Mandalselva, har en valgt å se nærmere på den siste 5-års perioden 1990-1994. Nedbørsforholdene i denne perioden er fremstilt i figur 8 representert ved nedbørstasjonen i Åseral. 5-årsperioden preges av og til dels å følge det normale nedbørmønsteret for området med høyest nedbør høst og vinter og en relativt tørr periode midt på sommeren. Det har også vært perioder med til dels kraftige avvik fra normalen, hvor spesielt 1990 skiller seg ut. Dette året var det svært store nedbørmengder både vinter og sommer. Ellers har det vært spesielt mye nedbør både vinteren 1992/93 og 1993/94. Basert på årnormalen var 1990 det klart mest nedbørrike med 155% av normalnedbør, mens 1991 og 1993 lå under normalen med henholdsvis 6 og 12%. I 1994 var det tilnærmet likt årnormalen.



Figur 8. Månedsnedbør i perioden 1990-1994 som mm og i % av nedbørnormalene for 1961-1990 målt på stasjon 4148 Åseral.

I figur 9 er fremstilt pH i Mandalselva i perioden 1990-1994. pH har i denne perioden variert mellom 4,66 og 5,2 med en klar årstidsvariasjon med de laveste pH-verdier i forbindelse med regn og snøsmelting i vinterhalvåret og om våren. De høyeste verdier er alltid målt på lavvannføring om sommeren eller tidlig på høsten. 50% av de målte verdier ligger under pH 4,82 noe som viser at Mandalselva er fortsatt meget sur selv om det har vært en svak tendens til både økende minimum og maksimum for året.

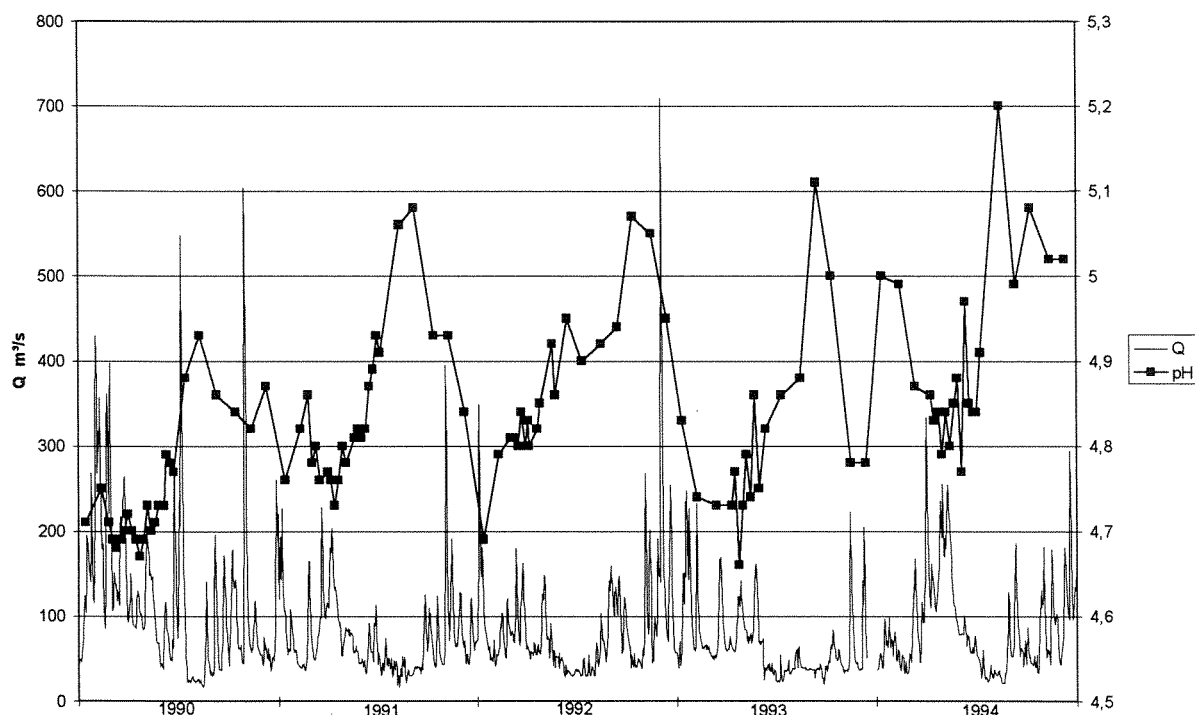
Konduktiviteten i Mandalselva har for tilsvarende periode variert mellom 1,68 og 4,47 mS/m (figur 10). Det er her noe mindre tydelig årsvariasjon og spore siden dette er en sammensatt parameter hvor spesielt lav pH og episoder med høye konsentrasjoner av sjøsalter i nedbøren gir de største utslagene over året. Middelerdi for hele 5-års perioden ligger på 2,6 mS/m.

Foruten H<sup>+</sup> ved lav pH, er det ionesammensteningen som er avgjørende for den målte konduktiviteten i elva. I figurene 11 og 12 er satt opp årsvariasjon for alle de viktigste

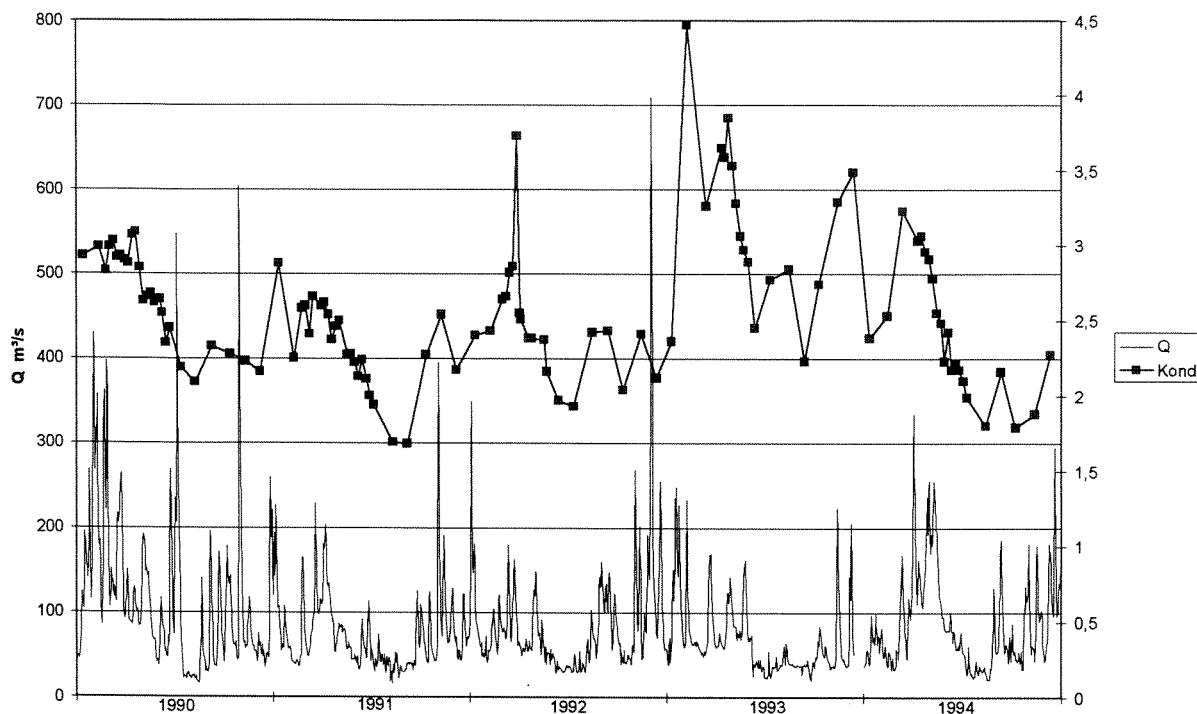
hovedionene. Konsentrasjonene av kalsium, magnesium, natrium og kalium har variert mellom henholdsvis 0,41-1,04mg/L, 0,15-0,52mg/L, 1-3,81mg/L og 0,11-0,26mg/L. Størst variasjon ser en i de to sjøsaltkomponentene natrium og magnesium. Sulfat og klorid har variert henholdsvis mellom 1,7-3,4mg/L og 1,7-8,6mg/L, hvorav klorid viser meget god samvariasjon med natrium. Ionesammensetningen i Mandalselva virker rimelig stabil, men en ser klart at sjøsaltepisodene kan gi meget store utslag i ionsammensetningen. I siste 5-års perioden er det spesielt episoden vinteren 1993 som førte til meget høye konsentrasjoner av natrium og klorid hele dette året og et stykke ut i 1994.

Når det gjelder konsentrasjonen av næringssalter i Mandalselva, inngår ikke måling av fosfor i SFT-programmet, kun nitrogenkomponenter. I figur 13 er satt opp målte konsentrasjoner av nitrat og total nitrogen som har variert mellom henholdsvis 108-265 og 230-480 og med middelerverdier på 165 og 313  $\mu\text{gN/L}$ . Andelen nitrat av total nitrogen varierer fra 38-64% med en tendens til årstidsvariasjon med høyeste nitrat-konsentrasjoner og andel av total nitrogen i perioder med mye nedbør og stor avrenning. Siden det ikke finnes tilsvarende måleserier for fosfat og total fosfor konsentrasjoner i Mandalselva, er det vanskelig å vurdere forurensningsaspektet ved vannkvaliteten m.h.p. næringssalter. Undersøkelsen fra 1992-93 som dekker tilnærmet et år viste imidlertid at forurensningsbelastningen i hele vassdraget var svært liten og at det ble målt svært lave konsentrasjoner av fosfor i forhold til nitrogen.

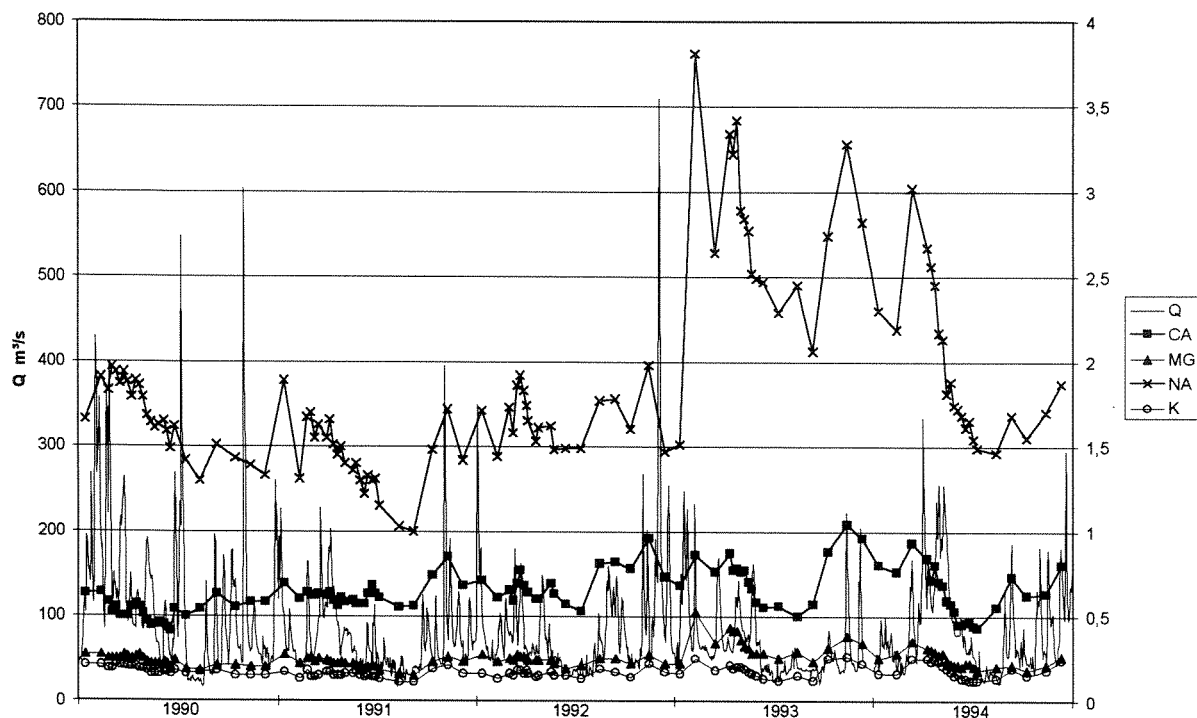
Når det gjelder innhold av organisk stoff viser TOC-konsentrasjonen en markert årssyklus gjennom hele den siste 5-års perioden med en total variasjon mellom 1,4 og 4,7 mgC/l (figur 14). Det er en klar sammenheng mellom de første store regnflommene på ettersommeren og høsten hvert år og de høyeste konsentrasjoner av TOC. Etter konsentrasjonstoppen på høsten er der hvert år et mer eller mindre jevnt avtak ned mot de laveste konsentrasjoner i perioden med lavvannføring om sommeren. Dette variasjonsmønster er en naturlig konsekvens av den naturlige syklus i vekstperioden for vegetasjonen på land og perioden for nydannelse av humus i jordsmonnet. Størst utvasking av humus fra nedbørfeltet vil naturlig falle om høsten.



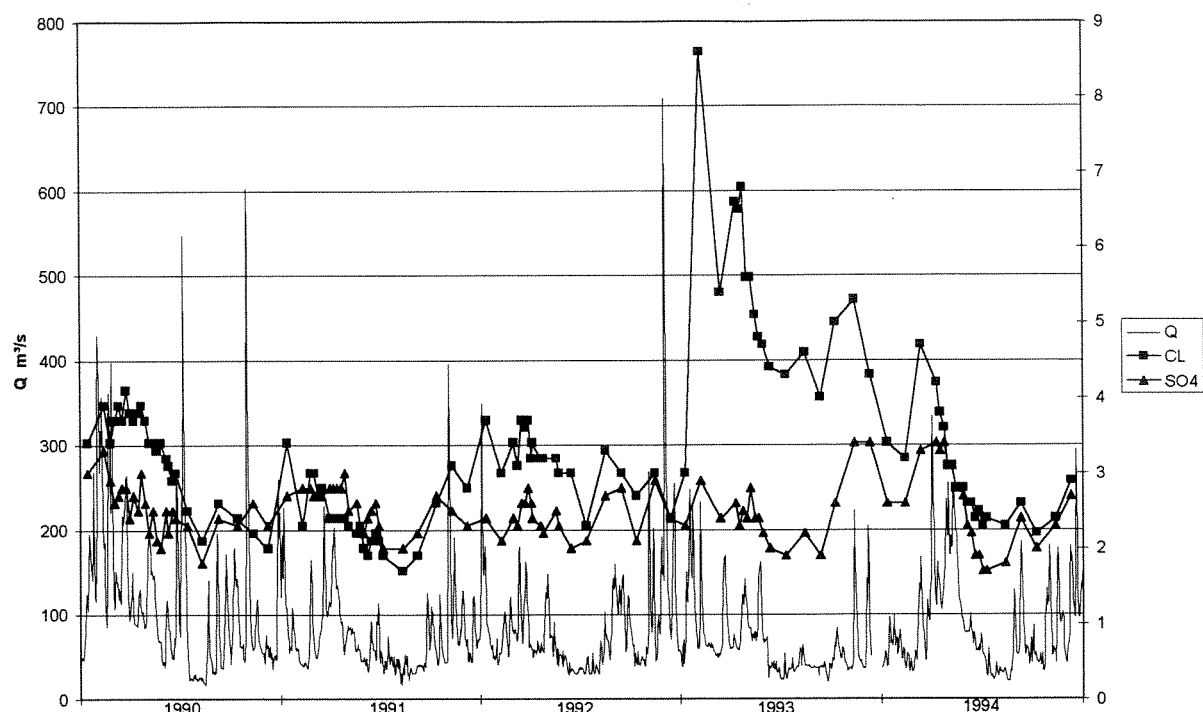
**Figur 9.** pH i Mandalselva i perioden 1990-1994 og vannføring ved stasjon VM 548 Kjølmo. Data fra SFT (1994).



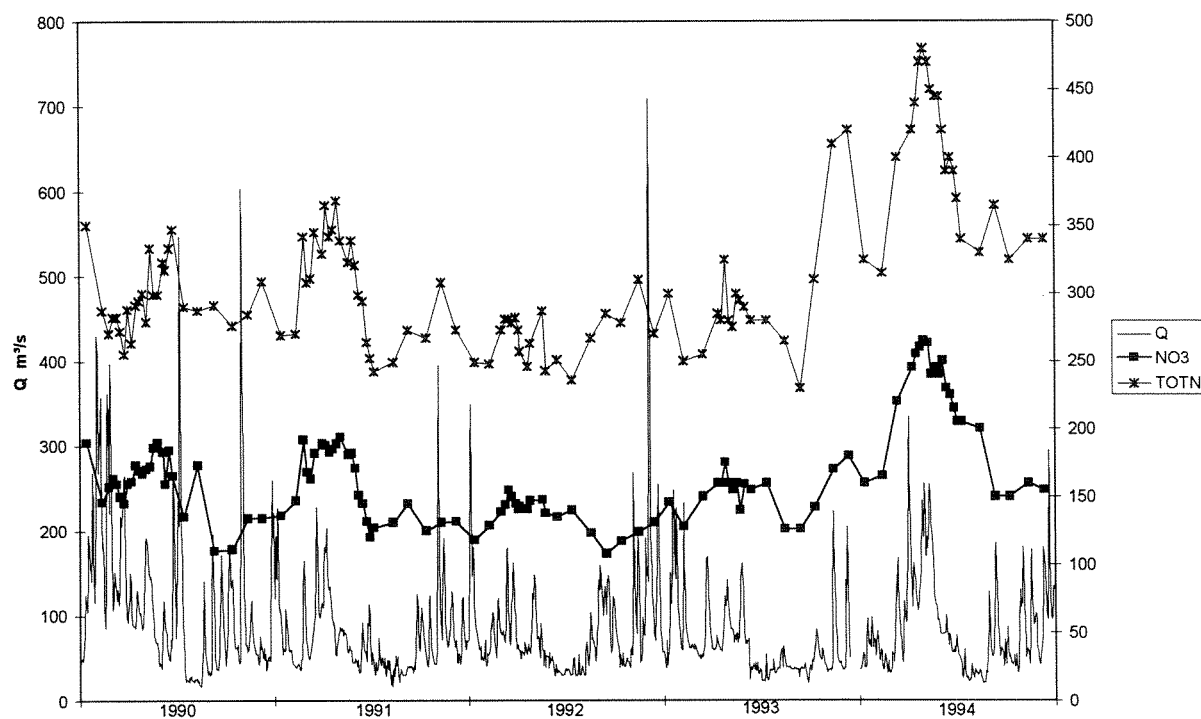
Figur 10. Konduktivitet (mS/m) i Mandalselva i perioden 1990-1994 og vannføring ved stasjon VM 548 Kjølemo. Data fra SFT (1994).



Figur 11. Konsentrasjoner av kalsium, magnesium, natrium og kalium i Mandalselva i perioden 1990-1994 og vannføring ved stasjon VM 548 Kjølemo. Data fra SFT (1994).

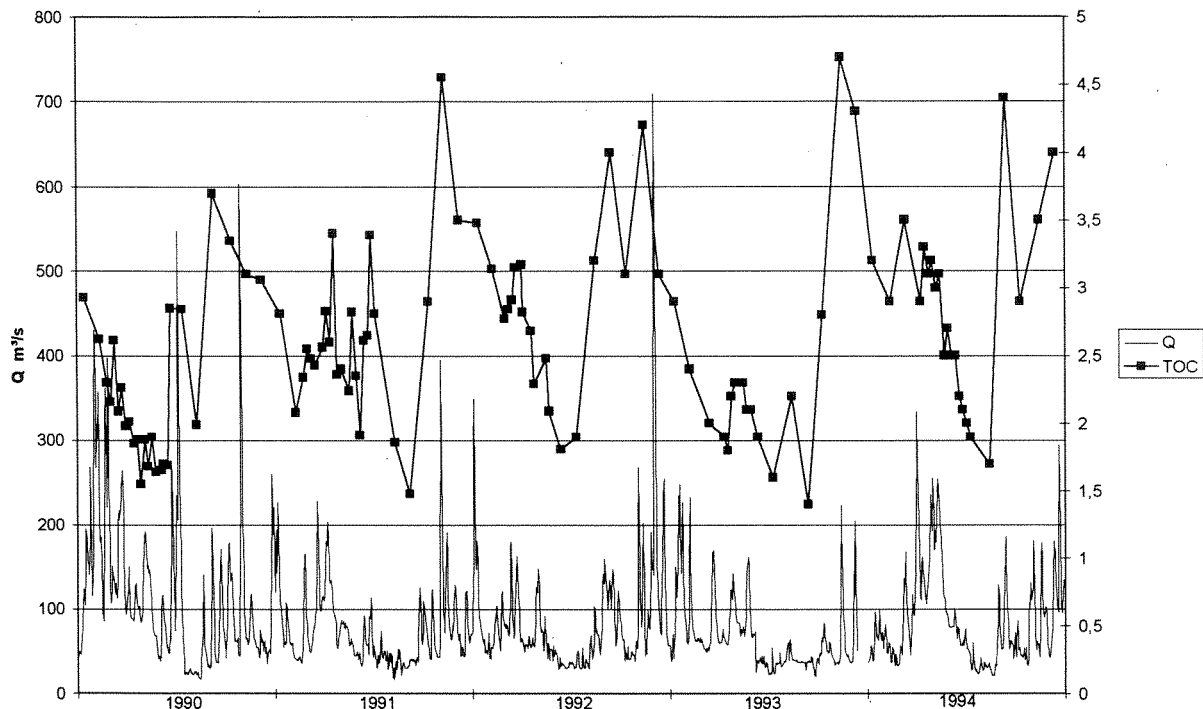


Figur 12. Konsentrasjoner av klorid og sulfat i Mandalselva i perioden 1990-1994 og vannføring ved stasjon VM 548 Kjølemo. Data fra SFT (1994).



Figur 13. Konsentrasjoner av nitrat og total nitrogen i Mandalselva i perioden 1990-1994 og vannføring ved stasjon VM 548 Kjølemo. Data fra SFT (1994).





**Figur 14.** Konsentrasjoner av TOC (total organisk karbon) i Mandalselva i perioden 1990-1994 og vannføring ved stasjon VM 548 Kjølemo. Data fra SFT (1994).

### 2.3. Vannkvalitet i sidevassdrag

Med sidevassdrag tenker en seg alle sidebekker og nedbørfelter som drenerer til Mandalselva nedstrøms Ørevann-magasinet. Den mest omfattende undersøkelsen omkring vannkvaliteten i sidevassdragene ble utført i årene 1989-1990 på oppdrag fra VAE (Blakar og Digernes 1991). Det er senere gjort mindre undersøkelser i bl.a. Høyeåna i 1992-93 (Kaste m.fl. 1993) og i flere andre småvassdrag i forbindelse med utarbeidelsen av kalkingsplan for Mandalsvassdraget (Larsen og Haraldstad 1994). Andersen (1993) har også med en stasjon som er representativ for Kosåna.

I undersøkelsen 1989-1990 ble det gjort målinger i 9 sidevassdrag til Mandalselva hvorav Kosåna og Høyeåna var de to største med nedbørfelter på henholdsvis 217 og 84 km<sup>2</sup>. I figur 15 og 16 er satt opp min, maks og middelværdier for pH og konduktivitet for de undersøkte sidevassdragene samt stasjonen i Mandalselva. Konklusjonen i undersøkelsen var at i denne perioden var Mandalselva nedstrøms Laudal kraftstasjon kronisk sur med pH-verdier i området 4,5-4,9 hele året. De fleste av de uregulerte sidevassdragene hadde i tørtversperioder med liten avrenning brukbar vannkvalitet (alkalinitet > 30 µekv/L). I flomperioder sank alkaliniteten til null og faretruende lave pH-verdier (pH < 4,9) ble registrert i alle sidevassdragene. I de 4 vassdragsavsnitt med midlere pH > 5,1 var dette et utslag av kalking i disse vassdragene. Dette gjaldt terskelbassengstrekningen oppstrøms Laudal målt ved Kleveland, Logåna, Finså og Røyselandsbekken. De resterende sidevassdrag ble den gang antatt å være upåvirket av kalking. De to største sidevassdragene Kosåna og Høyeåna var klart blant de sureste sidevassdrag, spesielt Kosåna. Kosåna var fortsatt det sureste delvassdraget til Mandalselva ved prøvetaking i august 1993 i forbindelse med arbeidet med kalkingsplanen.

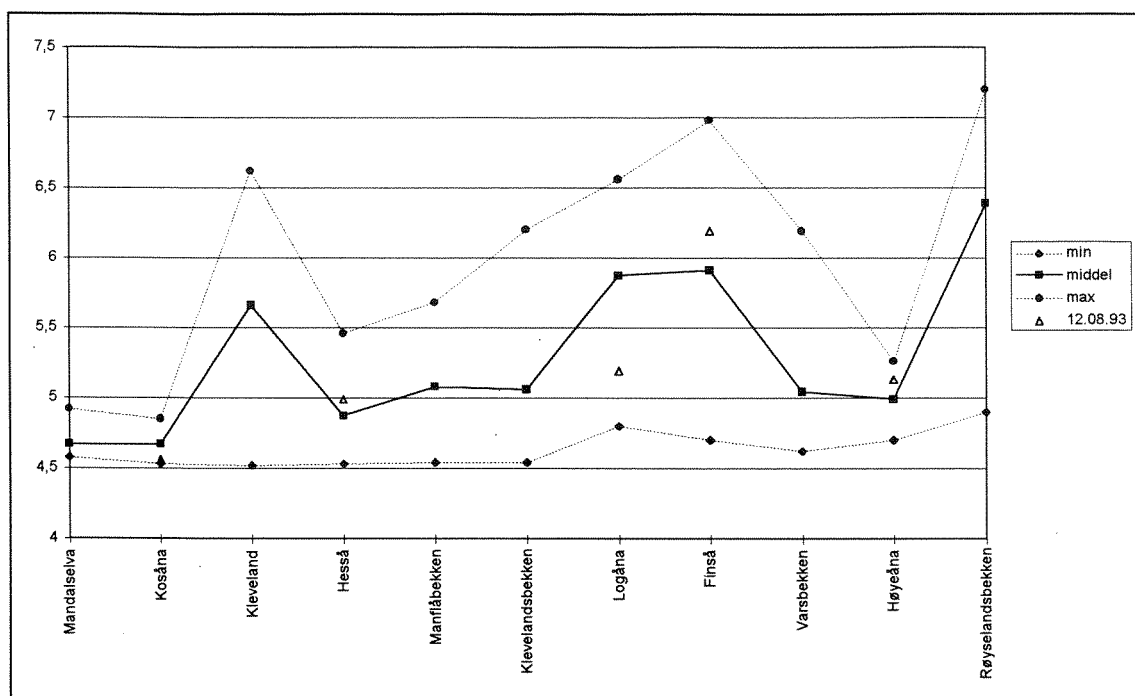
Konduktivitetsverdiene fremstilt i figur 16 viser at Mandalselva har lavere konduktivitet enn samtlige sidevassdrag i undersøkelsen. Det fremgår også en gradient med økende konduktivitet

jo nærmere havet en kommer. Dette blir antatt å ha sammenheng med gradvis avtak i sjøsaltpåvirkning med økende avstand fra havet (Blakar og Digernes 1991). Denne gradienten ble også funnet i det vestlige magasinområdet.

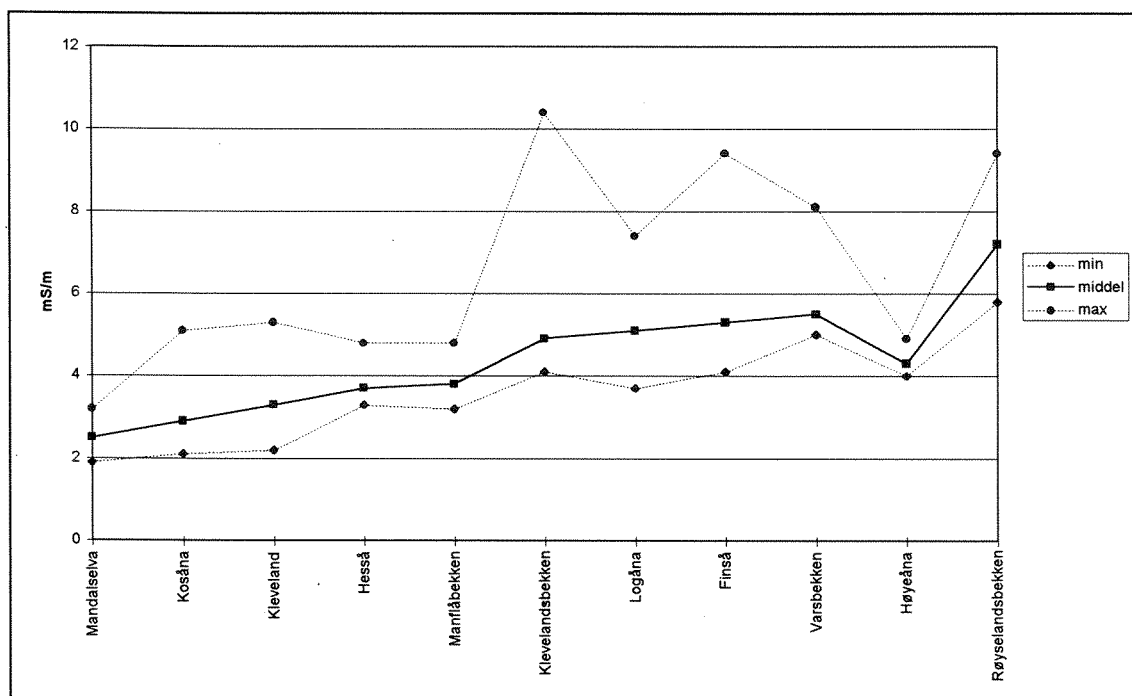
Som et eksempel på årstidsvariasjon i pH i to av sidevassdragene er det i figurene 17 og 18 satt opp målte pH-verdier i sidevassdragene Kosåna og Høyeåna fra 4 undersøkelser i perioden 1989-1993. I de samme figurene er også plottet inn pH-målinger fra SFTs stasjon i Mandalselvas hovedløp og døgnmiddelvannføring ved VM 548 Kjølamo nederst i elva. Når det gjelder Kosåna er det generelt målt svært lave verdier her i forhold til hovedelva, alltid  $\text{pH} < 4,9$ . De fleste målinger ligger likt med eller lavere enn i hovedvassdraget. De laveste pH-verdier er målt om vinteren og tidlig vår i perioder med mye nedbør og snøsmelting. Vinteren 1993 med de tidligere omtalte sjøsaltepisoder, gikk pH helt ned i 4,45. De høyeste verdier er målt i perioder med lav vannføring i hovedvassdraget men kommer selv da ikke over pH 4,9. I perioder med liten vannføring i hovedelva som følge av manøvrering av kraftverkene, vil derfor Kosåna periodevis kunne bidra vesentlig til å holde en lav pH i hovedelva (se senere).

Figur 18 viser at pH kan variere mye i Høyeåna fra 5 til 6,05 i undersøkelsen i 1992-93. Det går tydelig frem at pH i Høyeåna ligger generelt høyere i forhold til SFTs stasjon i hovedelva. Det er i perioder med ekstra mye nedbør og følgelig stor avrenning at pH i Høyeåna synes å ligge nær opp til pH i Mandalselva. Således er begge de to kraftige nedbørepisoder i 1990 og 1993 dekket. Resten av tiden er pH til dels betydelig høyere. De høyeste verdier er målt i perioder med liten vannføring i hovedvassdraget. Det ble målt pH opp mot 5,26 i lavvannsperioden i 1989 sammenlignet med over pH 6 i 1992. Dette kan bety at forsureningssituasjonen har bedret seg noe i dette vassdraget de senere år, men enkelt-episoder viser fortsatt at pH kan bli svært lav.

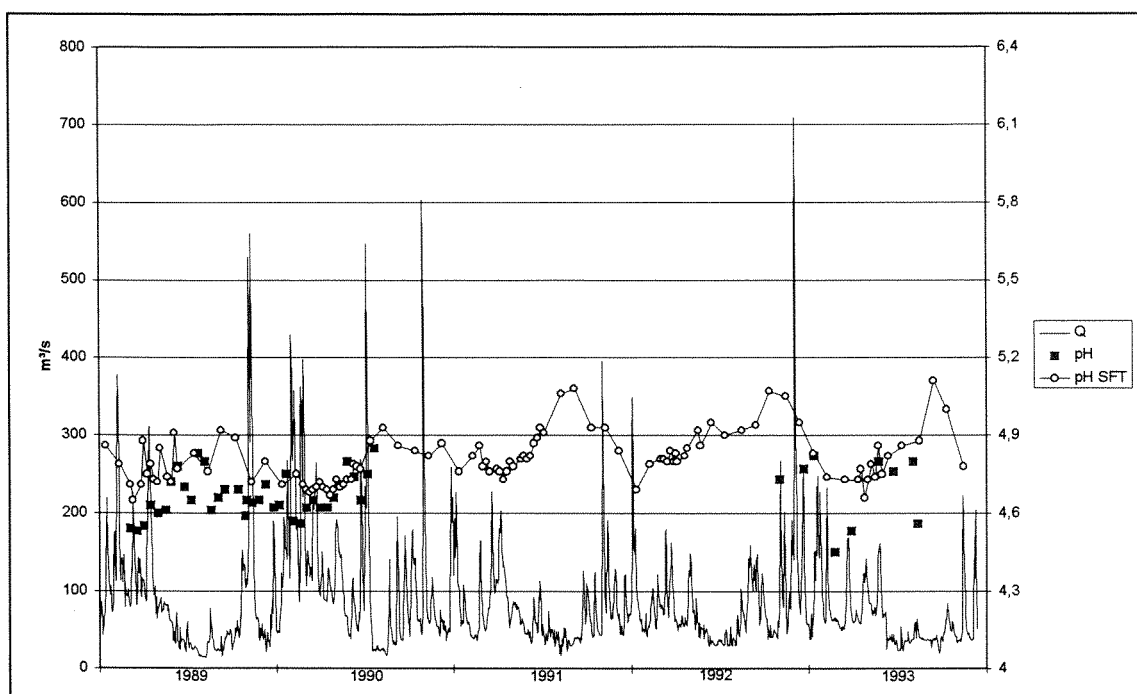
Det er vanskelig å anslå hvilken effekt samtlige sidevassdrag vil ha på vannkvaliteten i Mandalselvas hovedløp. Til dette eksisterer det ikke tilstrekkelig med målinger. Det som imidlertid foreligger av data tyder på at noen av sidevassdragene kan bidra til å opprettholde en lav pH i hovedvassdraget, men at det sjelden vil bli episoder hvor sidevassdragene er i stand til å senke pH vesentlig i forhold til basis-pH ut fra Ørevann-magasinet. Beregninger for Høyeåna viser at dette vassdraget som utgjør omlag 5% av vannføringen i Mandalselva nedstrøms samløp mellom de to elvene, bare i situasjoner med ekstreme avvik i vannføring og surhet kan påvirke vannkvaliteten i Mandalselva i nevneverdig grad (Kaste m.fl. 1993). Når det gjelder det andre større sidevassdraget Kosåna, viser tilsvarende teoretiske beregninger at dette kan ha større innvirkning på vannkvaliteten i Mandalselva (se senere).



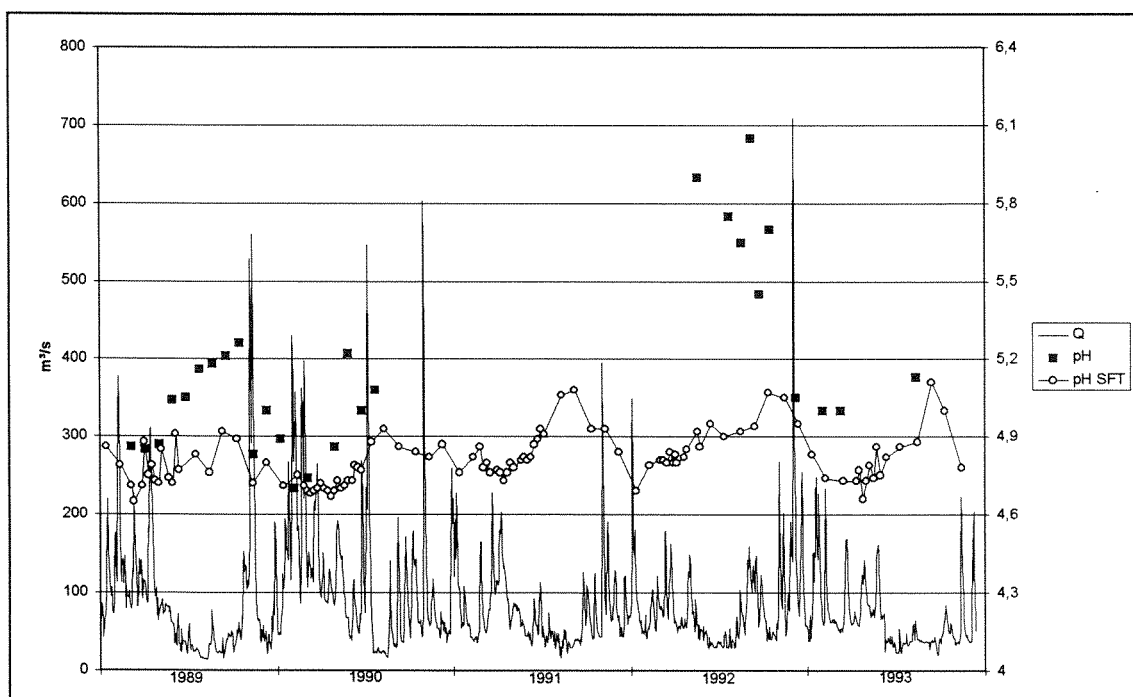
**Figur 15.** pH-data (min, middel og max-verdier) fra undersøkelsen i 1989-1990 (Blakar og Digernes 1991) samt enkeltmålinger fra 5 av sidevassdragene 12.08.93 i forbindelse med kalkingsplan (Larsen og Haraldstad 1994).



**Figur 16.** Konduktivitets-data (min, middel og max-verdier) fra undersøkelsen i 1989-1990 (Blakar og Digernes 1991).



**Figur 17.** pH målt ved Sunde Kosåna i 1989-90 (Blakar og Digernes 1991), 1992-93 (Andersen 1993) og i selve Kosåna 12.08.93 (Larsen og Haraldstad 1994). Inntegnet er også pH fra SFTs stasjon i Mandalselva og vannføring ved VM 548 Kjølemo i perioden 1989-1993.



**Figur 18.** pH målt i Høyecåna i 1989-90 (Blakar og Digernes 1991), 1992-93 (Kaste m.fl. 1993) og 12.08.93 (Larsen og Haraldstad 1994). Inntegnet er også pH fra SFTs stasjon i Mandalselva og vannføring ved VM 548 Kjølemo i perioden 1989-1993.

## 2.4. Tidsutvikling vannkvalitet

Når det gjelder tidsutvikling for vannkvaliteten i Mandalsvassdraget, finnes det målinger av pH og konduktivitet fra 1964 og frem til i dag for den samlede avrenning fra Mandalselva. I forbindelse med SFTs overvåkningsprogram for langtransportert forurenset luft og nedbør, ble måleprogrammet utvidet i 1980 til å omfatte en rekke parametre (SFT 1994). Det finnes bare et vann, Stigebottsvannet nær Kvernevann-magasinet, i nedbørfeltet til Mandalsvassdraget som er fulgt opp med årlig prøvetaking i forbindelse med overvåkingen av 100-sjø programmet (SFT 1994), mens det finnes flere slike vann i nabovassdragene på begge sider. 4 av 100-sjøene er tatt med her for å illustrere mulig tidsutvikling i vannkvaliteten i området.

I figur 19 er fremstilt tidsutvikling for pH i Mandalselva i perioden 1964-1994. Total variasjon i denne perioden har ligget mellom pH 4,4-5,8. Siden 1967 har de årlige middelerverdiene ligget under pH 4,9 med en jevn nedgang mot de laveste verdier i årene 1978 og 1979. Etter denne perioden synes pH å ha stabilisert seg og har en svak økende tendens. I 1994 ble til eksempel laveste pH målt til 4,77, mens høyeste ble målt til pH 5,2. Denne positive trend for pH-utviklingen i Mandalselva viser at reduksjonen i sur nedbør på 30-35% på sørlandet de senere år (SFT 1994), kan begynne å vise resultater. Et mulig bidrag til denne utviklingen kan også være en begynnende effekt av kalking i en del mindre vann og sidevassdrag til Mandalselva (Larsen og Haraldstad 1994).

Konduktiviteten (figur 20) viser for den samme tidsperioden de klare årlige variasjonsmønstre og har variert mellom 1,3 og 5,39 mS/m. Det kan synes som om det har vært en svak økning i konduktiviteten fra målingene startet i 1964 men som nå synes å ha stabilisert seg og flatet ut. Det går tydelig frem at episoder med kraftig nedbør med mye sjøsalter sørger for den største variasjon i konduktiviteten. Det har spesielt vært to episoder, i 1983 og 1993, som har gitt store utslag. Begge disse episodene kommer tydelig frem på figur 21 hvor konsentrasjoner av natrium og klorid er satt opp siden målingene startet i 1980.

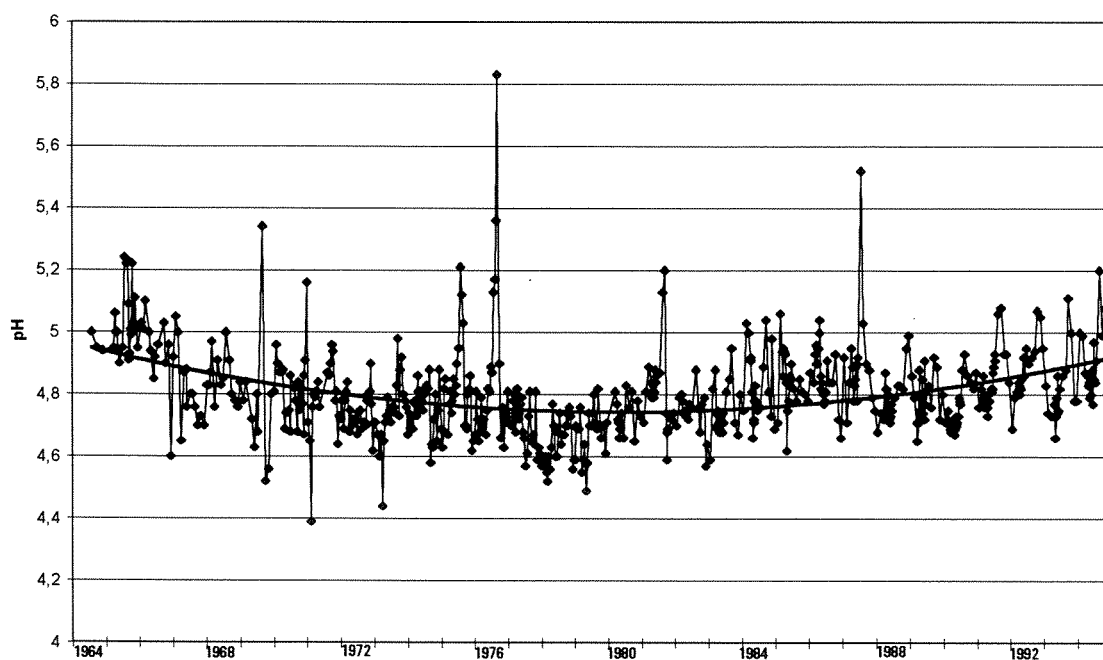
I figur 22 er satt opp tidsutvikling for sulfat og nitrat som begge er med på å bidra til forurenningen i elva. Sulfat konsentrasjonen viser en klar avtagende tendens siden målingene startet i 1980. Dette har trolig sammenheng med avtagende sulfat konsentrasjoner i nedbøren generelt over sørlandet de senere år. Samtidig viser nitrat-konsentrasjonen en svak økning selv om de årlige maks- og min-konsentrasjoner varierer mye.

Samlet sett synes tidsutviklingen for vannkvaliteten i Mandalselva å gå i positiv retning. Med dagens regulering er elva fortsatt sur men lite forurenset. Forurenningen synes å ha avtatt de senere år selv om pH fortsatt ligger under 4,9 på årsbasis.

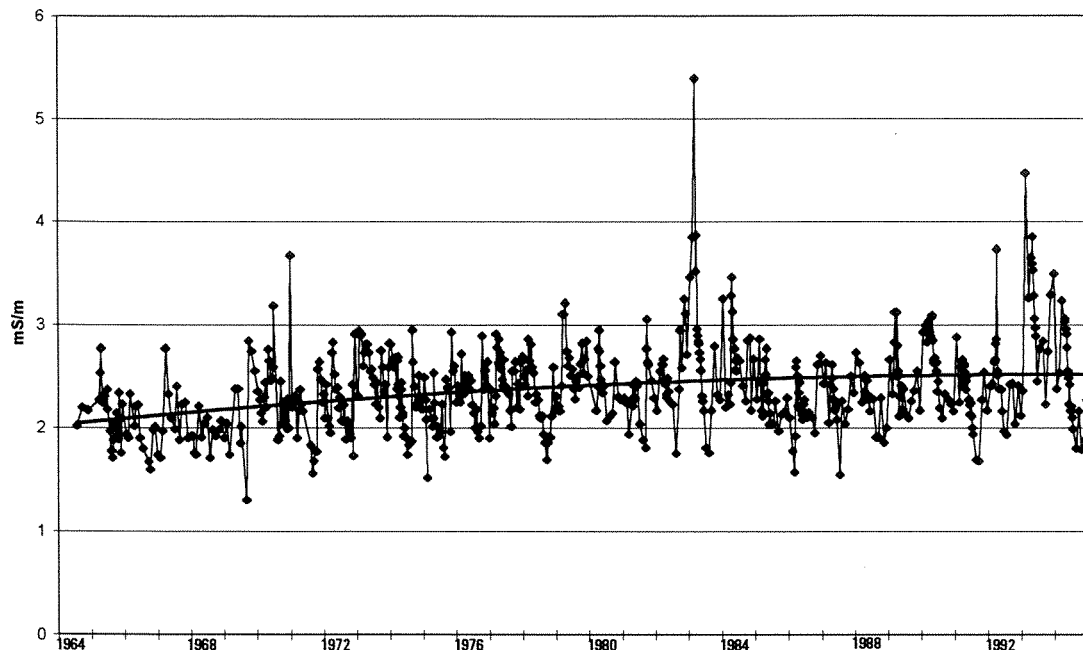
For å videre underbygge den positive utviklingen i vassdraget, er det tatt med eksempler på tidsutvikling for pH i 4 innsjøer i området (figur 23). Høvårdslandsvatn og Drivnesvatn ligger like vest for Bjelland på henholdsvis 288 og 168 m.o.h. og representerer lavlands-nedbørfeltet nedstrøms Ørevann i øst. Stigebottsvatn og Skreppvatn ligger på vel 800 m.o.h. og representerer fjell-nedbørfeltet i vest. Figur 24 viser forskjellen i vannkvalitet målt som konduktivitet, hvor det klart fremgår forskjellen på lavlandsvann med konduktivitet > 3 mS/m og høyfjellsvann med konduktivitet mellom 1 og 2 mS/m. Vannene i lavlandet vil naturlig ha et høyere innhold av oppløste ioner pga. nedbørens kontakt med større mengder løsmasser og jordsmonn i forhold til høyfjellsområdene. Når det gjelder verdiene for konduktivitet, er det interessant å merke seg at begge lavlandssjøene fikk en kraftig økning i 1993 som ikke ble registrert i de to fjellsjøene. Dette kan muligens antyde enn viss forsinkelse av effekten av sjøsaltepisoden i begynnelsen av 1993 i lavlandet i forhold til fjellområdet. Det er mulig at jordsmonnet i lavlandet mer har klart å holde tilbake saltene slik at de vaskes ut over et lengere

tidsrom i forhold til den mer direkte avvenning i fjellområdene. Det samlede avrenningsvann fra magasinområdene viste også tendenser til innbyrdes forsinkelse m.h.p. saltavrenningen under episoden i 1993.

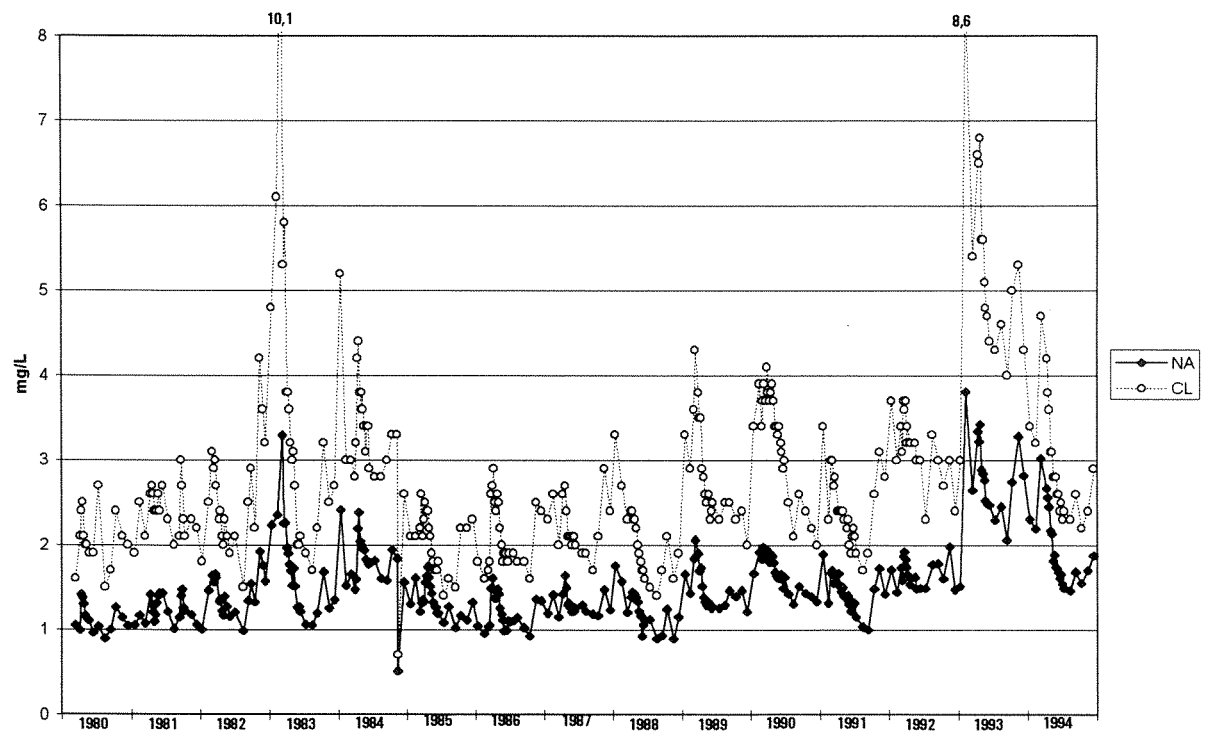
Ser en på pH-utviklingen i disse sjøene har det skjedd en økning fra 1986 til 1994 i alle sjøene, selv om det ikke har vært en jevn økende trend for alle mellomårene. Når det gjelder Høvårdsvatn og Drivnesvatn har pH økt her fra henholdsvis 4,52 til 4,82 og 4,71 til 5,04. For vannene høyere opp har pH i samme periode gått fra 4,67 til 4,88 og 4,96 til 5,16 i henholdsvis Stigebottsvatn og Skreppvatn.



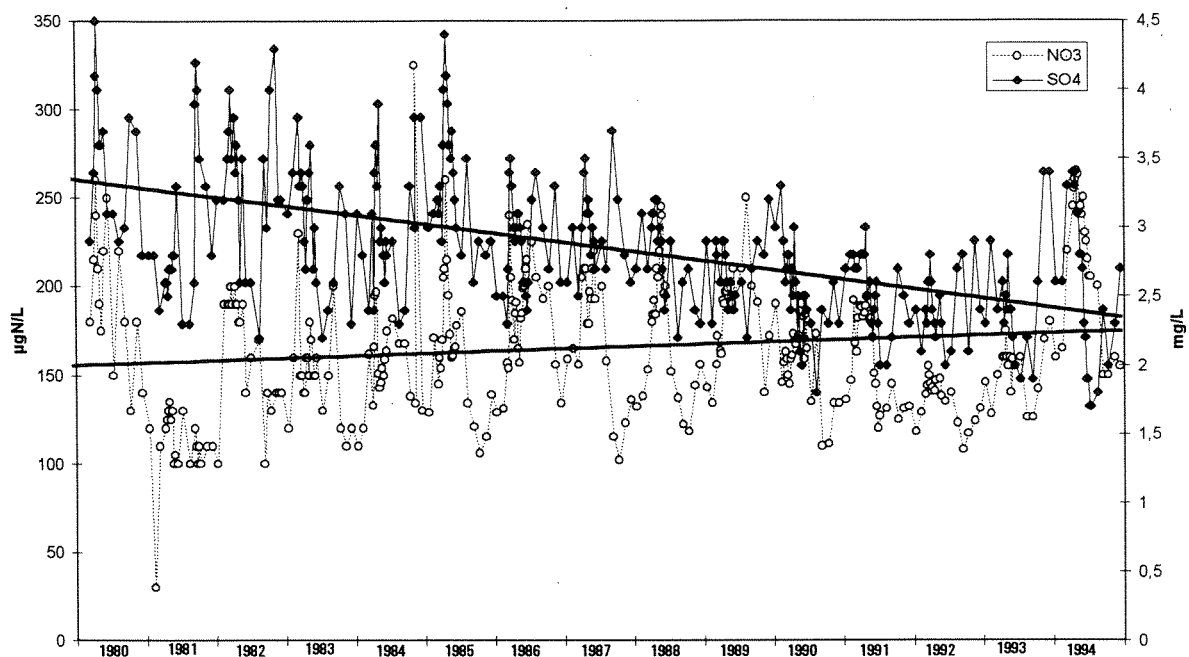
**Figur 19.** Tidsutvikling for pH i Mandalselva i perioden 1964-1994. Data fra SFTs overvåkningsstasjon. (SFT 1994).



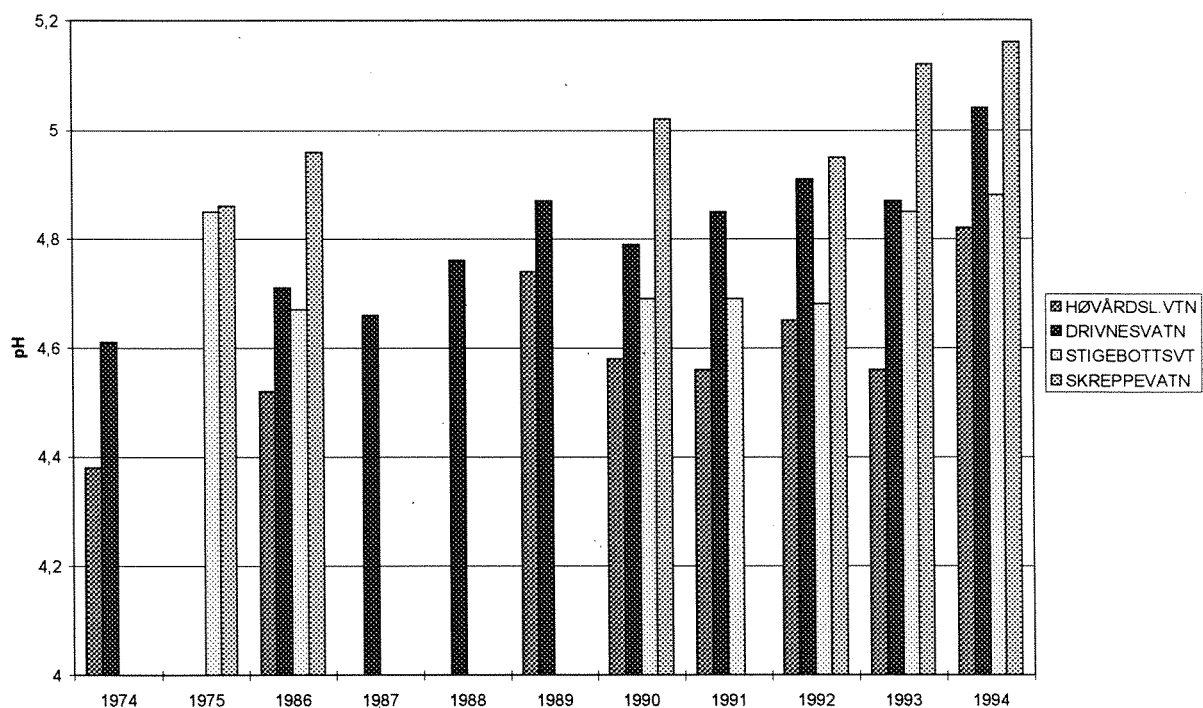
Figur 20. Tidsutvikling for konduktivitet i Mandalselva i perioden 1964-1994. Data fra SFTs overvåkningsstasjon. (SFT 1994).



Figur 21. Tidsutvikling for natrium og klorid i Mandalselva i perioden 1980-1994. Data fra SFTs overvåkningsstasjon. (SFT 1994).

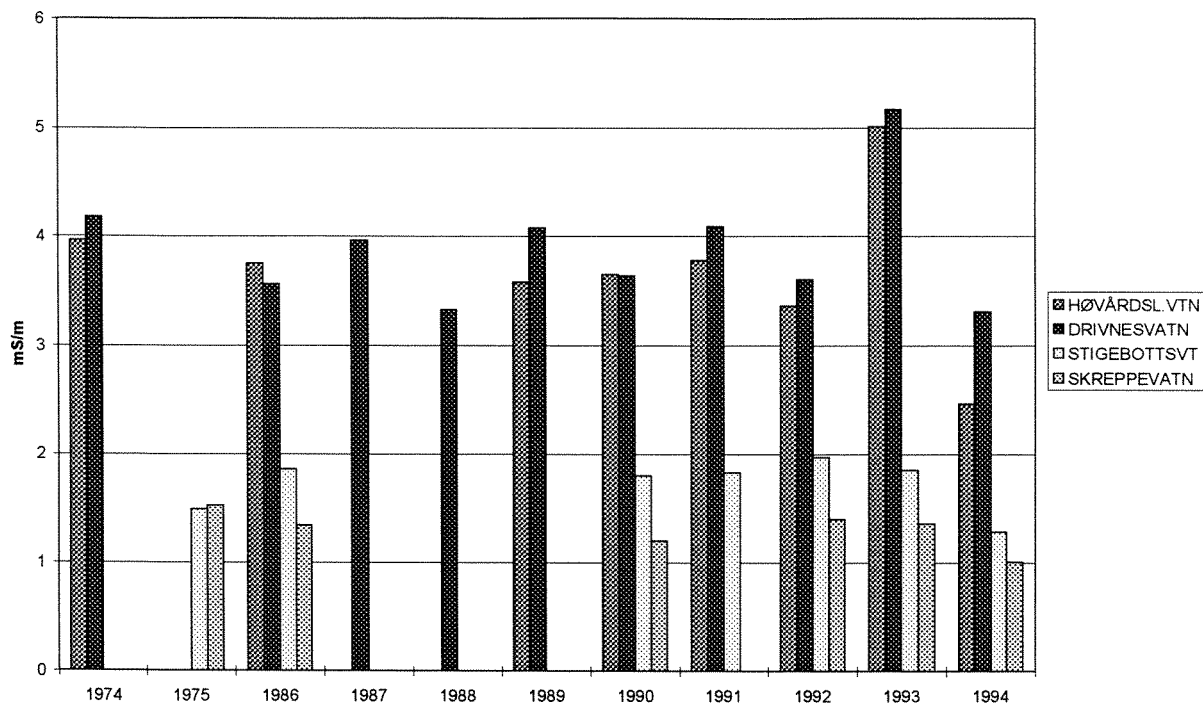


Figur 22. Tidsutvikling for sulfat og nitrat i Mandalselva i perioden 1980-1994. Data fra SFTs overvåkingsstasjon. (SFT 1994).



Figur 23. pH-verdier i 4 innsjøer i eller like ved nedbørfeltet til Mandalselva i perioden 1974-1975. Data fra overvåkningen av 100-sjøene (SFT 1994).





Figur 24. Konduktivitet (mS/m) i 4 innsjøer i eller like ved nedbørfeltet til Mandalselva i perioden 1974-1975. Data fra overvåkningen av 100-sjøene (SFT 1994).

### 3. Effekter på vannkvaliteten i Mandalsvassdraget

For å kunne vurdere konsekvenser for vannkvaliteten i Mandalsvassdraget, må en først få klarhet i avrenningsforholdene i vassdraget. Dette er beskrevet i rapport fra Grøner A/S (1993). Med den planlagte opprusting og utvidelse av Skjerka kraftverk vil dette ikke omfatte nye overføringer fra nye nedbørfelter med en annen vannkvalitet. Det er de samme nedbørfeltene som i dag er regulert som skal reguleres ytterligere ved å øke magasinkapasiteten. I prinsippet er det derfor deler av "det samme vannet" med dagens vannkvalitet i det vestlige magasinområdet som vil måtte blandes med tilnærmet "uendret vannkvalitet" fra det østlige magasinområdet og tilnærmet "uendret vannkvalitet" fra restfeltet nedstrøms Ørevannmagasinet til noe forskjellig tidspunkt i forhold til dagens situasjon.

Som det er beskrevet i kap.1.2 er det i hovedsak 4 ulike alternative utvidelser av Nåvann/Skjerkevann-magasinet og et alternativ for Langevann. I tabell 5 er satt opp en oversikt over utvidet magasinkapasitet ved de ulike alternativer. Ikke alle de oppsatte kombinasjoner av alternativene er aktuelle, men er tatt med for å vise den gradvise mulige økning i magasinkapasitet. Alternativ 1 er dagens situasjon mens alt.5B er det mest omfattende opprustingsalternativet hvor hele 60,3% av midlere årlig avløp kan magasineres.

**Tabell 5.** Magasinvolum (mill.m<sup>3</sup>) og årlig magasineringsmuligheter (% av årsavløp) ved de ulike alternative utvidelser av magasinene Langevann og Nåvann/Skjerkevann.

	alt.1	alt.2A	alt.2B	alt.3A	alt.3B	alt.4A	alt.4B	alt.5A	alt.5B
øvrige magasiner	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8
Langevann	22,0	22,0	74,3	22,0	74,3	22,0	74,3	22,0	74,3
Nåvann/ Skjerkevann	143,8	193,0	193,0	221,0	221,0	264,0	264,0	380,0	380,0
<b>TOTAL</b>	<b>225,6</b>	<b>274,8</b>	<b>327,1</b>	<b>302,8</b>	<b>355,1</b>	<b>345,8</b>	<b>398,1</b>	<b>461,8</b>	<b>514,1</b>
% økning		21,8	45,0	34,2	57,4	53,3	76,5	104,7	127,9
% av årsavløpet	26,5	32,3	38,4	35,5	41,7	40,6	46,7	54,2	60,3
nytt neddemt areal km <sup>2</sup>		0,75	2,2	1,5	2,95	2,5	3,95	5,75	7,2

### 3.1. Effekter på vannkvaliteten i magasinområdene

#### 3.1.1. Vannkvalitet i magasinene

Det er i første rekke magasinene Langevann, Nåvann (inklusive Skjerkevann) og Ørevann som forventes å kunne få endringer i vannkvaliteten. De resterende magasiner ovenfor Ørevann vil bli påvirket av den utvidete regulering.

##### Langevann-magasinet:

Langevann vil få økt HRV til kote 703,5. Dette innebærer en økning av HRV på 19,9m og ny total reguleringshøyde på 35,9m for dette magasinet. Nytt areal som blir neddemt utgjør ca. 1,45km<sup>2</sup>. Med en såvidt stor reguleringshøyde må en forvente at nytt oversvømt areal vil bli utsatt for en del erosjon som spesielt vil kunne vaske ut finmateriale og løste humusstoffer ut i vannmassene. Denne utvaskingen vil pågå inntil magasinet har kommet i stabil likevekt med den nye "normale" manøvreringen av magasinet. Dette kan ta mange år.

De geofaglige vurderinger viser imidlertid at magasinet ligger i et område med mye bart fjell og at løsmassedekket er meget sparsomt (Hansen 1993). Tynt og lite jordsmonn med sparsom vegetasjon tilsier også at en ikke kan forvente noen store endringer i den ionesammensetningen en finner i dag utover de variasjoner som allerede eksisterer. Den første tiden må en imidlertid forvente en liten økning i TOC-verdier og fargetall som følge av utvasket humus. Dette vil imidlertid gradvis avta mot dagens nivåer. Siden magasinet ikke vil motta vann fra andre nedbørfelter enn dagens situasjon, vil Langevann fortsatt ha den beste, dvs. minst sure vannkvaliteten i det vestlige magasinområdet på sikt.

Det skal bygges en ny fyllingsdam ved Langevann som vil medføre en del anleggsvirksomhet. En må forvente en viss påvirkning av vannkvaliteten i anleggsperioden med utlekking og utvasking av en del stoffer, samt partikler. Alt etter hvilke forholdsregler som taes på byggeplassen, vil denne virksomheten mest sannsynlig få svært begrenset effekt på vannkvaliteten både i omfang og i tid, dvs. kort varighet.

### Nåvann-magasinet:

Som det fremgår av tabell 5 vil dette magasinet sammen med nåværende Skjerkevann kunne bygges ut etter 4 ulike alternativer. Det første alternativet (alt.2A) går ut på å heve HRV i Skjerkevann til nåværende HRV i Nåvann slik at disse to magasinene slås sammen. De resterende 3 alternativer går ut på å heve HRV ytterligere i det nye stormagasinet (Skjerkevann/Nåvann) med henholdsvis 3, 7 og 16m. Det største alternativet (alt.5A) vil innebære neddemming av Dyrevann og et totalareal på 5,75km<sup>2</sup>, mens alternativet med 7m vil medføre nytt neddemt areal på 2,5km<sup>2</sup>.

Siden de geologiske forhold inklusive løsmasser, jordsmonn og vegetasjon er nokså likt for nedbørfeltene til dette magasinområdet og Langevann-magasinet, må en forvente de samme konsekvenser for vannkvaliteten m.h.p. erosjon og utvasking av finmateriale og humus-stoffer. Det vil være en økende grad av påvirkning med økende reguleringshøyde. Ser en på forholdet mellom økning i magasinivolum og neddemt areal avtar dette fra 65,6 ved alt.2A til 41,1 ved alt.5A, mens alt.3A og alt.4A er forholdsvis like med 51,5 og 48,1. Til sammenligning vil tilsvarende forhold i Langevann-magasinet være 36,1. Ut fra disse betraktninger bør en kunne forvente at bare alt.5A vil kunne ha tilsvarende påvirkning av vannkvaliteten som følge av erosjon og utvasking av finmateriale og humusstoffer som Langevann-magasinet. De resterende alternativer vil påvirkes i mindre grad.

Når det gjelder den kjemiske vannkvaliteten vil den i hovedsak måtte bli som i dag. Et unntak er eventuelt effekten av økt overføring av vann fra Langevann-magasinet i og med at kapasiteten her skal økes fra 15 til 25m<sup>3</sup>/s ved bygging av ny tunnel. Følgelig vil en del av dagens overløpsvann fra Langevann gå over til Nåvann i stedet for til Monn. Ut fra de vannkvalitetsdata som eksisterer, er dagens vannkvalitet m.h.p. forsuring noe bedre i nedbørfeltet til Langevann i forhold til nedbørfeltet til Nåvann. Økt overføring fra Langevann til Nåvann skulle derfor tilsi en bedring av vannkvaliteten i Nåvann på årsbasis. Manøvreringen av de to magasinene i forhold til hverandre vil selvsagt ha en viss betydning for når og i hvilket omfang den meget beskjedne bedringen vil skje.

Også i forbindelse med utvidelsen av Nåvann-magasinet skal det bygges nye dammer. For alt.2A og alt.3A vil en måtte erstatte 2 eldre dammer og i tillegg måtte bygge en ny. Ved alt.4A og alt.5A vil en måtte erstatte de samme 2 eldre dammer og i tillegg bygge 3 nye. En må forvente en viss påvirkning av vannkvaliteten i anleggsperioden med utlekking og utvasking av en del stoffer, samt partikler. Det er ellers vanskelig å forutsi eventuelle forskjeller i påvirkningsgrad mellom de ulike alternativer utover de generelle antagelser om at den største anleggsvirksomhet gir den største grad av påvirkning. Alt etter hvilke forholdsregler som taes på byggeplassen vil denne virksomheten mest sannsynlig få svært begrenset effekt på vannkvaliteten både i omfang og i tid, dvs. kort varighet.

Av andre anleggsarbeider som vil påvirke vannkvaliteten i dette magasinet, er byggingen av ny overføringstunnel fra Langevann. Effekter av dette er behandlet i et eget kapittel.

### Ørevann-magasinet:

Ørevann-magasinet vil ha den samme reguleringshøyde på 3,12m etter at Nye Skjerka er bygget. Når det gjelder de hydrologiske forhold vil ordinær drift ikke føre til andre sesongmessige variasjoner enn i dagens situasjon. En må imidlertid forvente at variasjoner i vannstand over døgnet kan bli noe større med til eksempel effektkjøring av både Nye Skjerka og Smeland kraftstasjoner (Grøner A/S 1993). Dette vil kunne medføre noe større erosjon og

utvasking av finmateriale i dette magasinet. Siden dette skjer i en allerede godt regulert strandsone vil det neppe få betydelige konsekvenser for vannkvaliteten m.h.p. eventuelt økt innhold av partikler og mer turbid vann i de fri vannmasser.

Når det gjelder den kjemiske vannkvaliteten vil den måtte avhenge i større grad enn tidligere av driften av de to kraftstasjonene Nye Skjerka og Smeland, som bestemmer blandingsforholdet mellom vannkvalitetene fra henholdsvis det vestlige og østlige magasinområdet. I og med at slukeevnen i Nye Skjerka blir økt fra dagens 30,5m<sup>3</sup>/s til 50m<sup>3</sup>/s, vil det periodevis kunne bli tilført relativt større mengder vann fra de vestlige magasiner til Ørevann i forhold til dagens situasjon hvor slukeevnen er tilnærmet lik i de to kraftverkene (Smeland 29m<sup>3</sup>/s). En kan likevel ikke forvente store endringer i vannkvaliteten som følge av dette, siden det i utgangspunktet bare er mindre forskjeller i vannkvaliteten mellom de to magasinområdene i øst og vest. Beregnet som årsmidler vil en tilnærmet komme likt ut som dagens forhold. Det en imidlertid kan forvente er at den nå observerte årstidsvariasjon i vannkvaliteten som for øvrig varierer fra år til år, kan endres noe ved at vannets oppholdstid i de vestlige magasiner økes. Med de nye magasinene er det muligheter for i større grad å kunne holde tilbake mindre surt vann i Langevann-magasinet og bruke mer surere vann fra Nåvann-magasinet. Dersom en teoretisk tenker seg en situasjon hvor en kjører Nye Skjerka for fullt med tapping av Nåvann i den surestre perioden, samtidig som Smeland står, vil dette kunne føre til en midlertidig relativt sur vannkvalitet i Ørevann og som vil forplante seg videre ned i vassdraget. Vannkvaliteten vil likevel ikke kunne bli surere enn det som periodevis oppstår under dagens forhold.

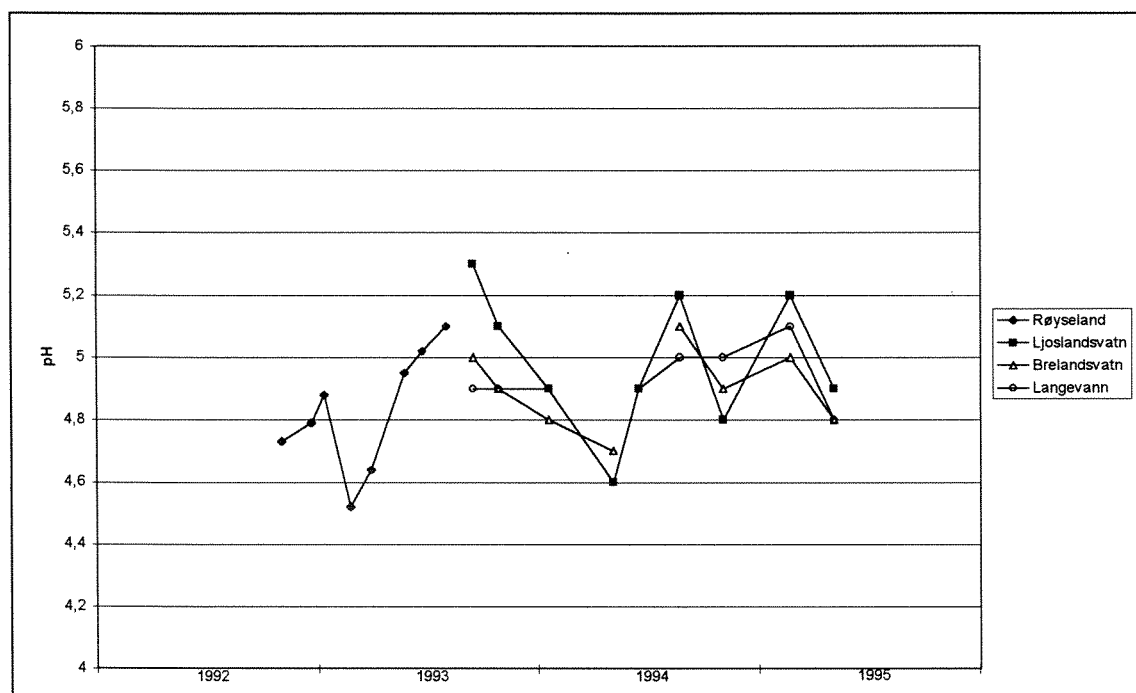
Siden maks slukeevne i Håverstad blir opprettholdt på 69m<sup>3</sup>/s, er dette mer enn de 79m<sup>3</sup>/s som Nye Skjerka og Smeland vil få til sammen. Følgelig er det trolig lite ønskelig å kjøre de to kraftverkene for fullt samtidig over lengere tid. Likeså er det umulig at Smeland kan stå uproduktiv i lengere perioder pga. relativt liten magasinkapasitet i forhold til årsavløpet. Under normale driftsforhold vil det derfor sjelden oppstå perioder hvor tapping fra Nåvann får dominere fullstendig i forhold til avløpet fra Smeland og de østlige magasinområder. Følgelig vil det normalt skje en blanding av vann fra de to magasinområder som medfører en stabil sur ionefattig vannkvalitet i Ørevann svært nær opp til dagens situasjon.

### **3.1.2. Vannkvalitet på strekningen Langevann - inntak Smeland Kr.st**

Når det gjelder de hydrologiske forhold på strekningen Langevann - inntak Smeland Kr.st., vil det bli periodevis til dels betydelige endringer i vannføringen i og med at overløpet fra Langevann blir kraftig redusert i periodene mai-juni og oktober-november, dvs. de normale flomperiodene i løpet av et år. Resten av året, dvs. i typiske lavvannsperioder forsommer og vinter, blir det bare mindre reduksjoner i vannføringen på denne strekningen (Grøner A/S 1993).

Vannkvaliteten på denne strekningen er ikke gjennomgått tidligere i rapporten. Her skal derfor kort oppsummeres resultatene fra det foreliggende datamaterialet. Andersen (1993) hadde prøvetakingsstasjon ved Røyseland oppstrøms inntak Smeland Kr.st. i 1992-1993. I denne perioden ble vannkvaliteten vurdert å være god m.h.p. innholdet av næringssalter, organiske stoffer og tarmbakterier, mens den var mindre god m.h.p. fargetall (humus-stoffer) og innholdet av partikler. Forurensningsgraden var generelt lav, noe som var i god overensstemmelse med store deler av resten av vassdraget og som indikerer at vannkvaliteten også var lik i store trekk. Resultatene tyder også på at resipientkapasiteten på denne strekningen var god nok for den menneskelige aktiviteten i dette området i denne perioden.

Når det gjelder forsuringssituasjonen, er det i figur 25 satt opp målte verdier fra 1992-1993 undersøkelsen fra Røyseland, samt enkelte målinger fra utløp Ljoslandsvatn, Brelandsvatn og Langevann-magasinet tatt i perioden 1993-1995 (Åseral kommune, teknisk etat). Resultatene viser at forsuringen er betydelig også i dette området med en til dels stor variasjon i pH over året. De laveste verdier blir målt i forbindelse med snøsmelting om våren og i nedbørepisoder om høsten og vinteren. Om sommeren blir pH > 5,0 både i Ljoslandsvatn og Brelandsvatn. Ser en på målte verdier i Langevann-magasinet på samme tidspunkt, er det perioder hvor pH både er høyere og lavere i forhold til Ljoslandsvatn. Tidsoppløsningen på denne prøveserien er imidlertid for dårlig til å kunne angi i hvilken grad overløpsvannet fra Langevann er med på å forsterke eller dempe forsuringssituasjonen på denne strekningen. Trolig er det kortere perioder hvor begge typer effekter kan oppnåes, uten at en kan kvantifisere størrelsen med det foreliggende datagrunnlag.



**Figur 25.** pH-verdier målt ved Røyseland oppstrøms inntak Smeland Kr.st i 1992-1993 (Andersen 1993) og målinger i Ljoslandsvatn, Brelandsvatn og Langevann-magasinet i 1993-1995 (data fra Åseral kommune, teknisk etat).

Når det gjelder effekter på resipientkapasiteten på denne strekningen som følge av eventuelt redusert overløp fra Langevann-magasinet, er også dette vanskelig å vurdere ut fra de eksisterende data. Overvåkningsdata (fra teknisk etat Åseral kommune) for perioden 1993-1995 viser ubetydelig innslag av termostabile koliforme bakterier i både Ljoslandsvatn og Brelandsvatn i hele perioden, noe som tilsier at resipientkapasiteten er tilstrekkelig med dagens forurensningsbelastning. Det er derfor også rimelig å anta at dette systemet har noe å gå på før belastningen blir for stor. Teoretisk sett reduseres resipientkapasiteten på strekningen Langevann - inntak Smeland Kr.st. i og med at tilsiget gjennom systemet blir redusert. Det foreligger ikke tilstrekkelig med data for å kunne finberegne konsekvensen av redusert resipientkapasitet og dermed behov for minstevannføring. Det bør imidlertid taes med i planleggingen muligheten av å kunne slippe vann i den nåværende overløpstrase, dersom forholdene blir slik at dette vil bli nødvendig i fremtiden.

### 3.1.3. Konsekvenser av partikkelforurensning fra anleggsarbeidene

Vi vil her gi en vurdering av hvordan partikler fra de nye tunnelene som skal lages kan forventes å påvirke vassdraget. Dette gjelder overføringstunnelen mellom Langevann og Nåvann, og tunnelen mellom Nåvann og Ørevann via nye Skjerka kraftstasjon. I tilknytning til tunnelarbeidet blir det liggende igjen finpartikulært materiale. Dette materialet vil bli spylt ut i startfasen når tunnelen settes i drift.

#### 3.1.3.1 Konsentrasjoner ved utløp av tunnelene

For å finne karakteristiske konsentrasjoner ved utløpet av tunnelene, nytter vi erfaringer fra tunnelen som ble sprengt i samme type bergart ved Hekni kraftsatsjon ved Langeid i Setesdal.

Vi antar den samme mengde partikler pr. areal og lik kornfordeling som det som ble målt i Hekni tunnelen. Videre nytter vi enkelte resultater/konklusjoner og beregningsmetoder som ble benyttet for å beregne massetransport ved "utspylingen" av tunnelen ved et tenkt igangkjøringsprogram (Skoglund 1994).

Vannføringen gjennom tunnelen ble antatt gradvis økt. De største konsentrasjonene av suspendert materiale ble beregnet til å finne sted i startfasen hvor partikler med diameter mindre enn 0.1 mm ble erodert og suspendert ved en midlere strømhastighet i tunnelen på 15 cm/s. Partiklene i denne perioden kom fortrinnsvis fra vegg og heng. Midlere tykkelse på dette laget var 0.5 mm hvorav 25% besto av materiale med diameter mindre enn 0.1 mm.

Maksimal konsentrasjon ble funnet ved å dividere erodert masse på vannmengde tilsvarende tunnelens volum. Varigheten med denne konsentrasjonen tilsvarer tiden det tar å fylle hele tunnelen med vann.

I tabell 6 og 7 er satt opp karakteristiske data og beregningsresultater. Basert på disse antagelsene kan vi forvente at maksimal konsentrasjon av partikler i suspensjon ved utløpet av tunnelen i Nåvann blir 215 mg/l i 24 timer. Ved utløpet fra nye Skjerka kraftstasjon i Ørevann ble de tilsvarende verdiene henholdsvis 170 mg/l og 5 timer.

**Tabell 6.** Karakteristiske data og beregningsresultater for de to tunnelene.

	Overføringstunnelen Langevann/Nåvann	Tunnel nye Skjerka Kraft.st. Nåvann-Ørevann
Lengde, m	13000	2700
Tverrsnittsareal, m <sup>2</sup>	20	35
Omkrrets vegg/heng, m	13	18
Vannføring, m <sup>3</sup> /s	3	5
Maks. konsentrasjon, mg/l	215	170
Varighet av maks. konsentrasjon, timer	24	5

**Tabell 7.** Beregnede konsentrasjoner av de ulike partikkelstørrelser.

Partikkeltype	diameter mm	andel %	Utløp i Nåvann Konsentrasj. mg/l	Utløp i Ørevann Konsentrasj. mg/l
kolloider	0-0.001	4	9	7
leire	0.001-0.002	4	9	7
fin silt	0.002-0.016	10	22	17
middels silt	0.016-0.031	14	30	23
grov silt	0.031-0.063	16	35	27
fin sand	0.063-0.1	52	110	88
Totalt	0-0.1	100	215	170

### 3.1.3.2 Spredning i vassdraget nedstrøms tunnelene

Partiklens spredning i Nåvann og Ørevann ble beregnet for karakteristiske situasjoner ved bruk av matematiske strøm- og spredningsmodeller (Tjomsland 1982).

I modellen blir innsjøen delt inn i celler. For hver celle blir horisontal og vertikal strømhastighet, temperatur og konsentrasjon beregnet fremover i tid med et gitt tidsintervall. De drivende kreftene er vind og vannføring i elvene. Når bevegelsen er kommet i gang, blir den påvirket av innsjøens form og jordrotasjon. Partiklene spres ved å følge strømmenes hovedretning (advektiv transport), ved turbulente virvler (diffusiv transport) og ved sedimentasjon.

I Nåvann vil partiklene spres lengst ved overflatestrøm rettet mot sør, dvs. fra overføringstunnelen mot inntaket til nye Skjerka kraftstasjon. I eksemplet avtok maksimum konsentrasjon fra 215 mg/l til ca 2 mg/l over en avstand på en kilometer (tabell 8). Ved utløpet av innsjøen, dvs. ved inntaket til Skjerka kraftstasjon var beregnede konsentrasjoner under 0.001 mg/l. Partikler grovere enn middels silt ( $d = 0.016$  mm) sedimenterer såpass raskt at de kun har betydning i utslippets nærsone. Simuleringer med endret vindstyrke ga sammenlignbare resultater. Svakere vind medførte noe økte konsentrasjoner i utslippssonen og reduserte verdier lenger vekk. Vind mot nord førte til nedoverrettede strømmer i utslippssonen og spredning utover (mot sør) på dypt vann. Spredningshastigheten ble langt mindre enn i det forrige eksemplet slik at partiklene i større grad sedimenterte i utslippsområdet. Maksimumkonsentrasjonenes varighet reduseres med transportavstanden. I eksempelet vist i tabell 8 varte konsentrasjonen nær maksimumverdiene i 12 og 6 timer ved henholdsvis 1 km og 5 km avstand fra utslippet.

**Tabell 8.** Nåvann, karakteristiske konsentrasjoner i overflaten. Vind: 3 m/s på langs av vannet mot sør.

	Sedimentasjon m/døgn	Avstand fra tunnelåpning			
		0 km mg/l	1 km mg/l	5 km mg/l	10 km mg/l
Kolloider	0.0	9	0.35	0.10	0.06
Leire	0.5	9	0.35	0.10	0.06
Fin silt	5.2	22	0.73	0.13	0.06
Middels silt	36	30	0.35	0.02	<0.001
Grov silt	96	35	0.09	<0.001	<0.001
Fin sand	430	110	<0.001	<0.001	<0.001
Totalt		215	1.9	0.4	0.2

**Tabell 9.** Ørevann, karakteristiske konsentrasjoner i overflaten. Vind: 3 m/s på langs av vannet.

	Sedimentasjon m/døgn	Avstand fra tunnelåpning			
		0 km mg/l	0.5 km mg/l	1 km mg/l	3 km mg/l
Kolloider	0.0	7	0.43	0.37	0.25
Leire	0.5	7	0.42	0.36	0.23
Fin silt	5.2	17	0.95	0.75	0.40
Middels silt	36	23	0.78	0.40	<0.001
Grov silt	96	27	0.43	0.10	<0.001
Fin sand	430	88	0.016	0.01	<0.001
Totalt		170	1.9	2.0	0.9

I Ørevann avtok beregnede konsentrasjoner fra 170 mg/l til 2 mg/l og 1 mg/l ved transport i overflaten i henholdsvis 1 km og 3 km (tabell 9). Vinden ble antatt å blåse på langs av vannet. Lavere strømhastigheter fører til økt sedimentasjonsandel i utslippssonen og reduserte verdier lenger vekk i forhold til beregningseksemplet. Varigheten med maksimum konsentrasjon vil avta fra 5 timer ved utslippsstedet til under en time et par kilometer lenger vekk.

Dersom partiklene transporteres korteste vei mot utløpet av vannet, dvs. mot utløpselven eller mot vanninntaket til Håverstad kraftstasjon, vil maksimum konsentrasjon i følge simuleringresultatene neppe overstige 1 mg/l. Ved andre strømretninger, noe som er langt mer sannsynlig, vil påvirkningen av utløpselven bli neglisjerbar.

### 3.1.3.3. Konklusjoner

I beregningseksemplene var partikkelkonsentrasjonen under 2 mg/l ved større avstander enn 1 km fra utslippsstedet. Det vil si at dette vannet kan karakteriseres som godt egnet til fiskeoppdrett og jordbruksvanning (<5 mg/l), og bading (< 3 mg/l) i følge SFTs vannkvalitetskriterier (Holtan og Rosland 1992). Godt drikkevann krever verdier under 1.5 mg/l. I utslippssonen vil konsentrasjonene være tilstrekkelig høye til at vannet klart må karakteriseres som "ikke egnet" (> 10 mg/l) for de nevnte brukerinteressene. Konsentrasjoner under 25 mg/l har neppe uheldige virkninger på fisk. Fisken kan vanligvis overleve med konsentrasjoner over 1000 mg/l (Alabaster and Lloyd 1982). Dessuten vil utslippets varighet være relativt kort og den regionale utbredelse være såpass begrenset at f.eks. fisk kan unngå.

I elveutløpene og kraftverksinntakene fra Nåvann og Ørevann vil påvirkningen bli neglisjerbar.

Anslaget over utspylt mengde partikler fra tunnelene er spesielt usikkert. Selv om denne mengden skulle bli opp til ti ganger større enn i vårt overslag, er det lite sannsynlig at det f.eks. vil føre til fiskedød.

En trinnvis økning av vannføringene i oppstartingsfasen med startvannføring under 3 m<sup>3</sup>/s og 5 m<sup>3</sup>/s henholdsvis i tunnelene Langevann - Nåvann og Nåvann - Ørevann, vil føre til lavere konsentrasjoner enn i beregningseksemplet.



### 3.2. Effekter på vannkvaliteten i Mandalselva

Konsekvensene for de hydrologiske forhold i Mandalselva på strekningen Håverstad og ned til Mandal viser at selv det største alternativet til ny regulering (størst magasinvolym med alt.5B), vil få liten eller ingen virkning på de større flommene. Den største endringen ved alt.5B kommer i mai og juni da middelvannføringen, pga. økt magasinvolym, reduseres med opp til 20 m<sup>3</sup>/s. I juli økes middelvannføringen med ca. 5m<sup>3</sup>/s mens det i august - oktober blir omtrent samme reduksjon. I januar - april blir det igjen en økning på ca. 5m<sup>3</sup>/s. Disse endringer fra dagens vannføringskurve blir gradvis mindre med mindre magasinvolym. Utjevning av vannføringene er derfor sammensatt av demping av de mindre, årvisse flommene og en generell større overføring av avløpet fra sommer til vinter, m.a.o. en økning av regulert vannføring.

Det ser ikke ut for at disse endringer i middelvannføringen vil få noen stor betydning for de resipientmessige forhold i Mandalselva. I den mest kritiske perioden med nå normal lavvannføring om sommeren, vil middelvannføringen øke noe. Andersen (1993) konkluderte med at forurensningsgraden m.h.p. virkninger av næringssalter var lav i hele vassdraget. Dette gjaldt også for tarmbakterier på de øvre stasjoner i Mandalselva, mens ved Fyglestveit og Stoveland var forurensningsgraden moderat. Disse forhold vil neppe kunne endres ved det nye vannføringsregimet. I den samme rapporten ble det også konkludert med at hovedkilden for partikler, organiske stoffer (vesentlig humus som gir brun farge på vannet) og fosfor i vannmassene syntes å være nedbørfeltet og utvasking ved nedbør. Disse forhold vil også bli de samme som før.

Det som imidlertid kan tenkes å endres noe er forsuringssituasjonen. I ekstreme perioder med store avvik fra normal vannføring kan det tenkes at sidevassdragene til Mandalselva kan få en noe større betydning for vannkvaliteten i kortere perioder. Som beskrevet tidligere er det spesielt to sidevassdrag, de to største Kosåna og Høyeåna som antas å kunne ha størst effekt. Teoretiske beregninger for Høyeåna (Kaste m.fl. 1993) viste at Høyeåna kunne ha negativ betydning for pH bare i ekstreme situasjoner. Til eksempel ville pH 4,5 i Høyeåna i en flomperiode med en tidobling av middelvannføringen, dvs. 37m<sup>3</sup>/s i Høyeåna i forhold til en middelvannføring på 79,1m<sup>3</sup>/s i Mandalselva ved samløp kunne føre til en pH-senkning fra 4,84 til 4,70. I en situasjon ved normalvannføring i både Høyeåna (pH 4,5) og Mandalselva (pH 4,84) ville pH bli redusert bare med 0,02 enheter.

Mens Høyeåna går i samløp med Mandalselva relativt langt nede i vassdraget, er samløp med Kosåna betydelig høyere oppe og vil følgelig ha innvirkning på en større bit av Mandalselva. I tillegg er middelavrenningen fra Kosåna over 2,5 ganger større enn Høyeåna og i utgangspunktet betydelig surere. I tabell 10 er satt opp en oversikt over tilsvarende teoretiske beregninger som for Høyeåna, med utgangspunkt i pH-verdier for Kosånas innvirkning på pH i hovedvassdraget ved ulike kombinasjoner av vannføring. Beregningene er forenklet lagt opp som et rent titreringsforsøk hvor det er antatt null bufferkapasitet i elvene. Middelavløp i Kosåna er 9,5m<sup>3</sup>/s, mens midlere årsflom og max årsflom er på henholdsvis 69,4 og 117m<sup>3</sup>/s (Larsen og Haraldstad 1994). Kosåna har sitt innløp i hovedvassdraget like nord for Bjelland kraftstasjon. Normalavløp ved Bjelland er 58,1m<sup>3</sup>/s, mens maks slukeevne i Bjelland Kr.st. er på 79m<sup>3</sup>/s. Som utgangspunkt er brukt målte pH-verdier i Kosåna i området 4,45 - 4,85 og antatt normalvariasjon i pH ved utløp Bjelland Kr.st. på 4,6 - 5,0 (Blakar og Digernes 1991, Andersen 1993).

Tabellen er en teoretisk illustrasjon på hvilke forhold som må til for at Kosåna skal kunne ha innvirkning på pH i Mandalselvas hovedvassdrag. Ser en på forholdene under normal avrenning, dvs. 9,5 og 58,1m<sup>3</sup>/s i henholdsvis Kosåna og Mandalselva, vil en episode med pH 4,45 i Kosåna redusere pH i Mandalselva etter samløp med 0,02 enheter dersom Mandalselva

er inne i en sur periode med pH 4,6. Er Mandalselva inne i en god periode med pH 5,0, vil bidraget fra Kosåna senke pH ned til 4,87. Tenker en seg at Kosåna fortsatt har middelvrenning mens Bjelland går med redusert last, til eksempel 25m<sup>3</sup>/s i lavvannperioden midt på sommeren, vil tilsvarende reduksjoner i pH etter samløp bli på 0,05 enheter fra pH 4,6 og pH ned til 4,77 fra 5,0. Dersom pH i Kosåna er høyere, som den oftest vil være opp til normalvannføring, vil den negative påvirkning av vannkvaliteten i Mandalselva bli tilsvarende mindre.

Går en videre og ser på mer ekstreme situasjoner, til eksempel lav vannføring i Mandalselva (25m<sup>3</sup>/s) og flomvannføring i Kosåna (69,4m<sup>3</sup>/s), vil pH 4,45 i Kosåna redusere pH etter samløp ved Bjelland til henholdsvis 4,48, 4,52 og 4,54 med pH 4,6, 4,8 og 5,0 som utgangspunkt. Dette betegnes som såkalte surstøt og vil kunne forekomme i Mandalselva under dagens forhold. Hyppigheten av slike episoder vil neppe bli særlig større som følge av det eventuelle nye vannføringsregimet i hovedvassdraget. Selv om Bjelland går for fullt, dvs. 79m<sup>3</sup>/s og Kosåna har normalflomavløp (69,4m<sup>3</sup>/s) eller ekstremflomavløp (117m<sup>3</sup>/s), vil surstøt oppstå. I disse situasjoner vil i utgangspunktet surt vann fra Bjelland med pH 4,6 få pH 4,52 og 4,5 etter samløp med Kosåna. Har vannet i hovedvassdraget en pH rundt 5,0 vil tilsvarende situasjon etter samløp medføre en pH på henholdsvis 4,66 og 4,6 ved de to flomvannføringer.

Med utgangspunkt i dagens situasjon med en til dels betydelig årsvariasjon i pH både i hovedvassdrag og sidevassdrag, er det lite sannsynlig at en vil få særlig endringer utover det en kan forvente under dagens forhold. En må imidlertid kunne forvente at en mindre forskyvning i pH variasjonen over året vil kunne oppstå som følge av den økte magasinkapasiteten i de vestlige magasinområder. Tilbakeholdelse av vann i magasinområdene med relativt gunstig pH kan i kortere perioder føre til at surstøt fra sidevassdragene nedstrøms Ørevann blir noe kraftigere enn i dagens situasjon. Førøvrig må en regne med bare mindre ubetydelige endringer i vannkvaliteten i Mandalselva. Et positivt trekk i dette bildet er den tilsynelatende bedring i vannkvaliteten generelt for hele området hvor effekten av sur nedbør er redusert de senere år. En eventuell oppfølging av kalkingsplan for Mandalselva vil videre ha betydelig større innvirkning på vannkvaliteten i forhold til den planlagte utvidete regulering.

Tabell 10. Teoretiske beregninger for pH i Mandalselva ved Bjelland ved ulike pH-verdier og vannføringer (m<sup>3</sup>/s) i Kosåna og i Mandalselva.

Kosåna		Mandalselva ved Bjelland		Mandalselva nedstrøms samløp	
pH	vannføring	pH	vannføring	pH	vannføring
4,45	9,5	4,6	58,1	4,58	67,6
4,65	9,5	4,6	58,1	4,61	67,6
4,85	9,5	4,6	58,1	4,63	67,6
4,45	9,5	4,8	58,1	4,73	67,6
4,65	9,5	4,8	58,1	4,78	67,6
4,85	9,5	4,8	58,1	4,81	67,6
4,45	9,5	5,0	58,1	4,87	67,6
4,65	9,5	5,0	58,1	4,93	67,6
4,85	9,5	5,0	58,1	4,98	67,6
4,45	9,5	4,6	25,0	4,55	34,5
4,65	9,5	4,6	25,0	4,61	34,5
4,85	9,5	4,6	25,0	4,66	34,5
4,45	9,5	4,8	25,0	4,67	34,5
4,65	9,5	4,8	25,0	4,75	34,5
4,85	9,5	4,8	25,0	4,81	34,5
4,45	9,5	5,0	25,0	4,77	34,5
4,65	9,5	5,0	25,0	4,87	34,5
4,85	9,5	5,0	25,0	4,95	34,5
4,45	69,4	4,6	25,0	4,48	94,4
4,65	69,4	4,6	25,0	4,64	94,4
4,85	69,4	4,6	25,0	4,77	94,4
4,45	69,4	4,8	25,0	4,52	94,4
4,65	69,4	4,8	25,0	4,68	94,4
4,85	69,4	4,8	25,0	4,84	94,4
4,45	69,4	5,0	25,0	4,54	94,4
4,65	69,4	5,0	25,0	4,72	94,4
4,85	69,4	5,0	25,0	4,88	94,4
4,45	69,4	4,6	79,0	4,52	148,4
4,65	69,4	4,6	79,0	4,62	148,4
4,85	69,4	4,6	79,0	4,70	148,4
4,45	69,4	4,8	79,0	4,60	148,4
4,65	69,4	4,8	79,0	4,72	148,4
4,85	69,4	4,8	79,0	4,82	148,4
4,45	69,4	5,0	79,0	4,66	148,4
4,65	69,4	5,0	79,0	4,80	148,4
4,85	69,4	5,0	79,0	4,92	148,4
4,45	117	4,6	79,0	4,50	196,0
4,65	117	4,6	79,0	4,63	196,0
4,85	117	4,6	79,0	4,73	196,0
4,45	117	4,8	79,0	4,56	196,0
4,65	117	4,8	79,0	4,70	196,0
4,85	117	4,8	79,0	4,83	196,0
4,45	117	5,0	79,0	4,60	196,0
4,65	117	5,0	79,0	4,76	196,0
4,85	117	5,0	79,0	4,90	196,0

## 4. Konsekvenser for tilgroing i Mandalselva

I forbindelse med Flerbruksplan Mandalsvassdraget gjorde NIVA en undersøkelse i 1993 for å kartlegge vannvegetasjonen i hele vassdraget med spesiell vekt på forekomsten av krypsiv (Johansen 1993). Det ble i denne forbindelse også sett på hovedtrekkene i andre viktige begroings-elementer (moser og alger) i vassdraget. I rapporten fra denne undersøkelsen ble det gjort følgende observasjoner:

Krypsiv var utbredt i hele vassdraget med stor variasjon i omfang på de ulike lokaliteter. På enkelte strekninger var krypsiv bare sparsomt til stede med enkelte små rosettplanter. Andre steder var krypsiv tilstede i svært store bestander hvor elvebunnen var 100% dekket av et tykt teppe av krypsiv. Generelt var de største masseforekomster av krypsiv å finne i nærområdene litt nedstrøms utløp av kraftverkene Håverstad, Bjelland og Laudal. Områder med spesielt store forekomster av krypsiv var på strekningen Håverstad Kr.st. og ned til Tungesjø (inntak Bjelland Kr.st.). Terskelbassengene i vassdraget har pr. i dag ingen problemer med tilgroing av krypsiv selv om det var noe variasjon mellom de ulike strekninger.

Foruten krypsiv var det flere andre dominerende vegetasjonselementer i vassdraget. Flere steder finner en større bestander med flotgras og torvmose ofte sammen med krypsiv. På stabilt steinsubstrat kan det ofte være store forekomster av teppedannende levermoser iblandet lysegrønne dusker av rødalgen *Batrachospermum*. Nedstrøms kraftverkene Smeland, Håverstad, Bjelland og spesielt Laudal ble det observert til dels store mengder av trådformede grønnalger, bl.a. slekten *Zygonium*, en typisk utløpseffekt kjent også fra andre steder, bl.a. Otra.

Rapporten konkluderte videre med at flere av de observerte trekkene i vannvegetasjonen kunne forklares ut fra reguleringen i vassdraget med generell stabilisering og utjevning av vannføring og redusert opprenskende flomaktivitet. Spesielt for krypsiv ble det antatt at den i 1993 ikke hadde nådd sin maksimale utbredelse og omfang og at en måtte forvente en ytterligere økning i de allerede utsatte områder.

Når det gjelder konsekvenser for tilgroing som følge av den planlagte opprusting og utvidelse av Nye Skjerka kraftstasjon, må disse i første rekke bygge på de hydrologiske vurderinger (Grøner A/S 1993) og utredningen omkring temperatur og isforhold (Tvede 1993). Det er i første rekke strekningen Håverstad Kr.st. og til Mandalselvas utløp som vil bli berørt av den utvidete regulering, men også strekningen Langevann - inntak Smeland Kr.st.. Konsekvensene for de hydrologiske forhold på strekningen Håverstad og ned til Mandal viser at selv det største alternativet til ny regulering (størst magasinivolum med alt.5B), vil få liten eller ingen virkning på de større flommene. Utjevning av vannføringene er derfor sammensatt av demping av de mindre, årvisse flommene og en generell større overføring av avløpet fra sommer til vinter, m.a.o. en økning av regulert vannføring. Når det gjelder de temperaturmessige forhold viser beregninger at det største utvidelsesalternativet vil kunne medføre en temperatursenkning på ca 1°C på ettersommeren i øvre del av Mandalselva. Denne temperatur-senkningen blir ikke merkbar nedenfor Bjelland kraftstasjon. De øvrige alternativer vil følgelig medføre ennå mindre endringer i temperaturforholdene. Det vil ikke bli noen endringer i isforholdene som følge av noen av de ulike alternative utvidelser. Som tidligere nevnt vil heller ikke vannkvaliteten endres i nevneverdig grad på denne strekningen.

For tilgroingen i Mandalselva betyr dette at de nye hydrologiske forhold får størst betydning utover dagens situasjon, mens temperatur, isforhold og vannkvalitet vil neppe få noen endret betydning utover dagens forhold. Eventuelle små endringer i vannkvaliteten i Mandalselva som

følge av den foreslåtte økte regulering vil neppe føre til kvalitative endringer (antall arter av alger, moser og høyere planter) i det nåværende begroingssamfunnet. Når det gjelder den mengdemessige forekomst av enkelte begroingssamfunn som f.eks krypsiv, teppedannende levermoser og trådformed grønnalgesamfunn, vil en generell flomdempning og utjevnet vannføring (som er resultatet av den utvidete regulering), gi bedre vekstforhold og mulighet for økt forekomst for alle disse elementer i forhold til dagens situasjon.

Når det gjelder strekningen Langevann - innløp Smeland Kr.st., ble ikke denne delen av vassdraget spesielt undersøkt i 1993 m.h.p. mulig tilgroing ved eventuell redusert vannføring. Følgelig ble det ikke kartlagt spesielt utsatte områder. En kan derfor ikke påpeke annet enn at middelvannføringen som blir til dels betydelig redusert i de perioder hvor det normalt vil være overløp i Langevann under dagens forhold, dvs. i periodene mai-juni og oktober-november, trolig vil sørge for mindre opprensning i denne delen av vassdraget og at faren for økt tilgroing er til stede. Bruk av en liten stabil minstevannføring vil neppe bøte på dette, da det er de "større" renskeflommene om våren og høsten som naturlig demper tilgroing på denne strekningen.

## 5. Referanser

- Alabaster, J.S. and Lloyd, R. 1982.  
Water Quality Criteria for freshwater Fish. Butterworths, London.
- Andersen, D.O. 1993.  
Mandalselva 1993. Strekingen Røysland - Stoveland. - Rapport ADH Vannlaboratoriet, 24 sider.
- Blakar, I og Digernes, I. 1991.  
Vannkvalitet i Mandalselva med sidevassdrag. 56 sider.
- Brettum, P. og Lindstrøm, E-A. 1983.  
VASSDRAG I VESTAGDER. Vurdering av vannkvalitet på grunnlag av fysisk-kjemiske og biologiske analyseresultater 1981-82. - NIVA-rapport O-82082 (l.pnr. 1493), 146 sider.
- Gjessing, E. og Samdal, J.E. 1964.  
En kjemisk undersøkelse av regulerte og uregulerte innsjøer i Mandalselvas nedslagsfelt. - NIVA-rapport O-64/62, 26 sider.
- Grøner A/S. 1993.  
Skjerka kraftverk opprusting og utvidelse. Konsekvensundersøkelser hydrologi og flomforhold. - Grøner-rapport, 16 sider + bilag.
- Hansen, H.J. 1993.  
Skjerka kraftverk opprusting og utvidelse. Geofaglige vurderinger. - Rapport fra Geoteam Terraplan a.s, 12 sider.
- Heggenes, J. og Saltveit, S.J. 1992.  
Reetablering av fiskebestanden i Mandalselva. - LFI-rapport nr. 135, Zoologisk museum i Oslo, 77 sider.
- Holtan, H. og Rosland, D. 1992.  
Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjonen. Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- Johansen, S.W. 1993.  
Krypsiv i Mandalsvassdraget. Status for utbredelse, vurdering av tilgroing og årsaker, samt forslag til tiltak. - NIVA-rapport O-93091 (l.pnr. 2954), 56 sider.
- Kaste, Ø.; Brettum, P. og Kroglund, F. 1993.  
Livatn og Høyeåna. Vannkvalitetsutvikling 1982-1993. - NIVA-rapport O-92157, l.pnr. 2969, 40 sider.
- Larsen, A. og Haraldstad, Ø. 1994.  
Kalkingsplan for Mandalsvassdraget i Vest-Agder. Fagrapport til faggruppe for fisk og forurensning. - Flerbruksplan for Mandalsvassdraget, 57 sider + vedlegg.
- Saltveit, S.J. 1994.  
Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med Nye Skjerka kraftverk i Vest-Agder. - LFI-rapport nr. xxx, Zoologisk museum i Oslo, 55 sider.

Samdal, J.E. 1973. Vurdering av kjemisk vannkvalitet i Mandalselva. - NIVA-rapport O-196/72 21+20 sider.

SFT 1987.

1000 sjøers undersøkelsen 1986. Statlig program for forurensningsovervåking. - SFT-rapport 282/87, 31 sider.

SFT 1994.

Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. SFT-rapport nr.583/94 271 sider.

Skoglund, M. 1994.

Sedimentutspyling i forbindelse med igangkjøringsprogrammet for Hekni kraftstasjon versjon2., SINTEF NHL, Trondheim.

Tjomsland, T. 1982.

Strøm- og spredningsstudier i Tyrifjorden. Rapport nr. 2, løpenr. 1400, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

Tvede, A.M. 1993.

Opprusting og utvidelse av Skjerka kraftstasjon. Konsekvenser for is, vanntemperatur og frostrøyk. - NVE-rapport nr. 18, 1993, 50 sider.

## 6. Primærdata

Tabell 11. Vannkjemiske data fra 9 magasiner i Mandalsvassdraget 20.04.1995. (analysert på NIVA)

Magasin	pH	ALK	Kond.	Turb.	Ca	Mg	Na	K	SO4	Cl	TOC	Al/Il	Al/R	Tot.N	NO3	Tot.P
		mmol/L	mS/m	FTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Skjerkevann	4,82	0,02	2,13	1,4	0,38	0,22	1,5	0,1	2	3	1,8	49	144	385	230	4
Langevann	4,94	0,026	2,08	0,7	0,54	0,23	1,58	0,11	2,2	2,8	2,2	60	146	325	185	3
Nåvann	4,95	0,026	2,08	1,4	0,51	0,24	1,59	0,11	2	3,1	1,9	52	140	405	245	4
Ørevann	5,01	0,03	2,05	2,8	0,64	0,25	1,51	0,19	2,3	2,7	2,6	70	167	320	180	6
Lognavann	5,01	0,029	1,9	0,6	0,56	0,21	1,38	0,16	2,2	2,4	2,6	74	164	330	150	4
Kvernevann	4,9	0,024	1,87	0,48	0,27	0,19	1,38	0,09	1,8	2,5	0,83	22	154	325	225	< 1
Storevann	4,76	0,018	2,16	0,65	0,21	0,2	1,52	0,1	1,8	2,8	0,51	11	142	385	265	1
Stegilvann	4,64	0,01	2,36	1	0,29	0,19	1,34	0,1	2	2,6	2,1	45	138	445	260	3
Juvann	4,9	0,025	1,91	0,6	0,45	0,2	1,33	0,1	2,1	2,3	2,4	69	164	295	165	2

Tabell 12. Vannkjemiske data fra Sta.1 Røyseland oppstrøms inntak Smeland kraftstasjon (data fra Andersen (1993)).

dato	Temp	pH	Kond.	Ca	Turb.	Farge	TOC	Tot.N	NO3	Tot.P	PO4
	°C		mS/m	mg/L	FTU	mgPt/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
02.11.92		4,73	2,25	0,28	0,8	41	3,1	158	55	2	1
21.12.92	0,5	4,79	1,87	0,35	0,55	41	2,9	105	58	2	1,5
11.01.93	0,1	4,88	2,41	0,1	0,5	22	2,3	202	83	3	2
23.02.93	0	4,52	4,82	0,61	0,5	24	2,6	177	113	4	3
29.03.93	0,1	4,64	4,5	0,81	0,4	26	1,8	210	120	3	1
24.05.93	6,3	4,95	2,4	0,17	0,95	24	0,9	210	110	2	2
23.06.93	11	5,02	2,25	0,44	0,6	13	0,6	189	87	1	0,5
02.08.93	12,5	5,1	2,14	0,2	0,25	11	1,3	235	78	2	1

Tabell 13. Vannkjemiske data fra Sta.2 Kyrkjebygda nedstrøms samløp Logna og Mon (data fra Andersen (1993)).

dato	Temp	pH	Kond.	Ca	Turb.	Farge	TOC	Tot.N	NO3	Tot.P	PO4
	°C		mS/m	mg/L	FTU	mgPt/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
02.11.92		4,92	2,21	0,46	0,9	35	2,9	235	127	5	1
21.12.92	1	4,84	1,9	0,4	0,8	39	2,5	125	74	3	2,5
11.01.93	0,6	5,2	2,04	0,26	0,95	24	2,2	337	139	5	2
23.02.93	0,2	4,89	2,95	0,61	0,7	22	2,2	257	157	3	1
29.03.93	0,6	4,8	3,19	0,75	0,4	22	1,2	260	150	3	1
24.05.93	9,5	4,9	2,5	0,23	1	28	1,5	210	110	3	1
23.06.93	12,5	4,9	2,48	0,53	0,6	17	1,3	224	108	2	0,5
02.08.93	12	4,95	2,4	0,2	0,25	13	1,6	299	127	2	1



Tabell 14. Vannkjemiske data fra Sta.3 Utløp Skjerka kraftstasjon (data fra Andersen (1993)).

dato	Temp	pH	Kond.	Ca	Turb.	Farge	TOC	Tot.N	NO3	Tot.P	PO4
	°C		mS/m	mg/L	FTU	mgPt/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
02.11.92		4,72	1,88	0,23	1,2	35	2,5	172	72	3	1
21.12.92	1	4,68	1,97	0,25	0,9	37	2,5	142	83	2	1,5
11.01.93	1	4,82	1,8	0,11	0,8	30	2,5	246	106	5	2
23.02.93	0,6	4,67	2,47	0,25	0,75	26	1,7	223	133	3	1
29.03.93	1	4,61	3,53	0,48	0,5	22	2	260	170	3	1
24.05.93	6,5	4,6	3,29	0,2	1,15	28	1,1	310	200	4	1
23.06.93	9	4,7	2,76	0,28	0,8	28	1,3	272	154	2	0,5
02.08.93	10	4,8	2,44	0,11	0,3	19	0,9	299	131	2	1

Tabell 15. Vannkjemiske data fra Sta.4 Sunde (Sunds fossen) (data fra Andersen (1993)).

dato	Temp	pH	Kond.	Ca	Turb.	Farge	TOC	Tot.N	NO3	Tot.P	PO4
	°C		mS/m	mg/L	FTU	mgPt/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
02.11.92		4,73	2,91	0,59	0,95	55	4,3	212	72	4	1
21.12.92	1	4,77	2,17	0,45	0,95	41	3,1	138	83	3	1,5
11.01.93	1,6	4,82	3,33	0,43	0,65	30	3,3	317	135	9	1
23.02.93	0,5	4,45	5,96	0,81	0,65	24	1,8	223	143	3	< 0,5
29.03.93	1,6	4,53	5,3	0,91	0,4	20	1,7	280	170	3	0,5
24.05.93	10,2	4,8	2,95	0,27	0,95	44	1,8	260	140	3	1
23.06.93	15,5	4,76	3,71	0,81	1	17	1,5	237	98	2	0,5
02.08.93	16	4,8	4,14	0,83	0,25	7	0,8	239	33	3	1

Tabell 16. Vannkjemiske data fra Sta.5 Bjelland nedstrøms utløp kraftstasjon (data fra Andersen (1993)).

dato	Temp	pH	Kond.	Ca	Turb.	Farge	TOC	Tot.N	NO3	Tot.P	PO4
	°C		mS/m	mg/L	FTU	mgPt/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
02.11.92		4,79	2,48	0,52	1	51	3,3	198	77	8	1,5
21.12.92	1	4,77	2,07	0,4	1,1	41	2,7	134	83	3	2
11.01.93	1,6	4,82	2,55	0,17	0,65	30	2,6	265	119	5	2,5
23.02.93	0,6	4,63	3,26	0,42	0,6	28	1,9	210	130	3	< 0,5
29.03.93	1,6	4,67	3,44	0,6	0,5	26	1,6	240	150	4	1
24.05.93	10,6	4,8	2,42	0,27	0,95	30	1,8	250	140	3	2
23.06.93	12,5	4,79	2,76	0,44	0,8	24	1,3	275	146	2	0,5
02.08.93	12,5	4,9	2,52	0,13	0,3	17	1,1	314	130	3	1

Tabell 17. Vannkjemiske data fra Sta.6 Fyglestveit (data fra Andersen (1993)).

dato	Temp	pH	Kond.	Ca	Turb.	Farge	TOC	Tot.N	NO3	Tot.P	PO4
	°C		mS/m	mg/L	FTU	mgPt/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
02.11.92		5,22	2,82	0,9	2,4	51	3	265	138	7	2
21.12.92	1	4,86	2,1	0,5	0,95	44	2,7	138	83	4	1,5
11.01.93		4,97	2,42	0,32	0,8	32	2,6	269	132	6	0,5
23.02.93	0,9	4,61	3,6	0,53	0,7	28	1,9	213	127	2	1
29.03.93		4,66	3,76	0,72	0,5	26	2	260	150	3	1
24.05.93	10,7	4,9	3,09	0,27	0,95	32	1,3	240	140	3	1
23.06.93	13	4,92	2,73	0,63	0,8	22	1,3	259	149	2	0,5
02.08.93	14	5	2,5	0,23	0,35	15	0,7	301	131	2	1

**Tabell 18.** Vannkjemiske data fra Sta.8 Stoveland (data fra Andersen (1993)).

dato	Temp	pH	Kond.	Ca	Turb.	Farge	TOC	Tot.N	NO3	Tot.P	PO4
	°C		mS/m	mg/L	FTU	mgPt/L	mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
02.11.92		5,05	2,88	0,8	1,7	51	2,9	248	132	6	3
21.12.92	1	4,91	2,34	0,63	1,1	41	2,8	168	105	2	1,5
11.01.93	2,4	5,06	2,81	0,45	0,9	34	3	353	158	7	2,5
23.02.93	1	4,65	3,8	0,39	0,7	26	1,7	243	147	2	1,5
29.03.93	2,4	4,71	4,02	0,94	0,5	22	1,6	290	180	3	1
24.05.93	11	4,8	2,99	0,27	1	30	1,5	240	140	2	1
23.06.93	13,5	4,81	2,83	0,59	0,8	20	1,3	263	122	2	0,5
02.08.93	14	5	2,56	0,23	0,35	15	0,8	312	144	3	1

---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2832-2