

Undersøkelse av stofftransport i Skas-Heigre kanalen 1996

Rapport RF-97/298

Vår referanse: 623/654428	Forfatter(e): Åge Molversmyr	Versjonsnr. / dato: Vers. 1 / 12.12.97
Ant. sider: 25	Faglig kvalitetssikrer: Asbjørn Bergheim	Gradering: Åpen
ISBN: 82-7220-867-9	Oppdragsgiver(e): Aksjon Jærvassdrag	Åpen fra (dato):
Forskningsprogram:	Prosjekttittel: Skas-Heigre rapport 96	

Sammendrag:

Skas-Heigre kanalen transporterte følgende stoffmengder i 1996, og vannmengdeveide middelkonsentrasjoner var:

	<u>Stofftransport</u>	<u>Konsentrasjon</u>
Total fosfor	1,82 tonn P/år	153 µg P/l
Fosfat	1,38 tonn P/år	116 µg P/l
Total Nitrogen	76 tonn N/år	6,36 mg N/l
Nitrat nitrogen	63 tonn N/år	5,31 mg N/l
Total organisk karbon	123 tonn C/år	10,3 mg C/l
Kalium	73 tonn K/år	6,2 mg K/l

Etter at fosforkonsentrasjonene i kanalen har avtatt betydelig i perioden 1989-94, har de økt igjen de to siste årene. Innholdet av nitrat har økt, og både total nitrogen og nitrat hadde i 1996 de høyeste målte middelkonsentrasjonene siden undersøkelsene startet i 1989.

Sterk oksygensvikt (< 4 mg O₂/l) i kanalen har vært et årlig fenomen, og varigheten av perioder med slike forhold har variert fra år til år. I 1996 ble det registrert omlag 60 døgn med slike forhold.

Totalt synes tilstanden i Skas-Heigre kanalen i 1996 å være noe forverret i forhold til året før, men det er foreløpig uklart om den positive trenden som er observert de senere årene er stoppet opp eller reversert. Dataene fra 1996 indikerer at kanalen fortsatt er relativt betydelig påvirket av silopressaft, og utvasking eller søl etter utkjøring av gjødsel.

Emne-ord:

Skas-Heigre kanalen, Jordbruksresipient, Stofftransport, Vannkvalitet

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001



Prosjektleder
Åge Molversmyr



for RF - Miljø og næringsutvikling
Inge Brun Henriksen

FORORD

Sommeren og høsten 1996 har RF hatt ansvar for overvåking av plantevernmiddelester i Skas-Heigre kanalen, i forbindelse med det statlige programmet "Jordsmonnovervåking i Norge 1992 - 1996" (JOVÅ) som ledes av JORDFORSK og som finansieres av Landbruksdepartementet og Miljøverndepartementet. I forbindelse med denne overvåkingen har en benyttet anledningen til også å ta prøver og gjøre registreringer med tanke på transport av næringsstoffer. Vinteren og våren 1996 er drift av prøvestasjon og innsamling av prøver utført på RFs egen regning..

Analysen av innsamlede vannprøver samt bearbeiding og rapportering av stofftransportdataene fra 1996 er utført av RF på oppdrag fra Aksjon Jærvassdrag, med delfinansiering fra Fylkesmannens miljøvernnavdeling, Sola kommune, Sandnes kommune og Klepp kommune.

RF har stått for den praktiske gjennomføringen av undersøkelsen, og har hatt ansvaret for drift av prøvestasjon, innsamling av vannprøver, registrering og logging av vannføringsdata, kjemiske analyser, databearbeiding og rapportering.

Analysene er utført ved RFs miljølaboratorium, som er akkreditert i henhold til kvalitetsnormen EN 45001. Feltarbeidet med innsamling av prøver og loggdata er utført av seniorforsker Åge Molversmyr og senioringeniør Sissel Bukkholm.

Bearbeiding og rapportering av dataene er utført av seniorforsker Åge Molversmyr, mens seniorforsker Asbjørn Bergheim har vært faglig kvalitetssikrer.

Stavanger, 12. desember 1997.

INNHOOLD

1	INNLEDNING	1
2	SAMMENDRAG	2
3	MATERIALE OG METODER	3
3.1	Nedbørfelt	3
3.2	Prøvetaking og registreringer	4
3.3	Analysemetoder	6
3.4	Vannføringskurve / -målinger	6
4	RESULTATER OG DISKUSJON	8
4.1	Hydrologiske forhold	8
4.1.1	Nedbør	8
4.1.2	Vannføring og avrenningsberegninger	8
4.2	Vannkvalitet	10
4.2.1	Temperatur og oksygen	10
4.2.2	Stoffkonsentrasjoner	11
4.3	Stofftransport	13
4.4	Avrenningskoeffisienter	16
4.5	Vannkvalitet og forurensningsgrad	17
4.6	Konklusjoner	19
5	REFERANSER	21
	DATAVEDLEGG	22

Skas-Heigre kanalen er et kanalisert sidevassdrag til Figgjoelva som munner ut i hovedelva ved Grudavatnet. Nedbørfelt ligger i et av de mest jordbruksintensive områdene i Rogaland, og kanalen regnes å gi det største enkeltbidrag til Figgjoelva med hensyn til stofftilførsler.

RF - Rogalandsforskning har siden 1988 gjort kontinuerlige målinger av vannføring og uttak av vannprøver i Skas-Heigre kanalen. I seksårsperioden frem til 1994 ble det på oppdrag fra Interkommunalt Vann-, Avløps- og Renovasjonsverk (I.V.A.R.) og Fylkesmannens miljøvernnavdeling gjort en undersøkelse av stofftransport i kanalen (Molversmyr & Bergheim 1995), som del av en handlingsplan for tiltak mot forurensningstilførsler. Sommeren og høsten i årene 1995 og 1996 har RF hatt ansvar for overvåking av plantevernmiddelester i Skas-Heigre kanalen, i forbindelse med det statlig finansierte programmet "Jordsmonnovervåking i Norge 1992 - 1996" (JOVÅ) som ledes av JORDFORSK. Dette har gjort det mulig å opprettholde driften av prøvestasjonen i kanalen, og en har samtidig benyttet anledningen til å ta prøver med tanke på transport av næringsstoffer. Resultatene fra 1995 er presentert av Molversmyr (1996).

Den foreliggende rapporten presenterer en sammenstilling og kortfattet vurdering av resultatene av den oppfølgende undersøkelsen av stofftransport i kanalen i 1996. Rapporten har form av en utvidet årsrapport, og sammenholder i stor grad resultatene fra 1996 med resultater fra de tidligere undersøkelsene.

Skas-Heigre kanalen transporterte følgende stoffmengder i 1996, og vannmengdeveide middelkonsentrasjoner var:

Parameter	Total fosfor	Fosfat	Total nitrogen	Nitrat	Tot.org. karbon	Kalium
Stofftransport	1,82 tonn P	1,38 tonn P	76 tonn N	63 tonn N	123 tonn C	73 tonn K
Vmv. kons.	153 µg P/l	116 µg P/l	6,36 mg N/l	5,31 mg N/l	10,3 mg C/l	6,2 mg K/l

Flatespesifikk vannavrenning var 13,4 liter/sek·km², som tilsvarer 421 mm pr. år og en middelvannføring ved målestasjonen på Voll lik 378 l/sek. Dette er betydelig lavere enn hva som er funnet for de fleste av de foregående årene, nedbøren tatt i betraktning. Det var påtakelig lav vannstand i kanalen i hele vinteren og våren, men nye kontrollmålinger av vannføring i 1997 tyder ikke på at forholdet mellom vannføring og vannstand er endret.

Skas-Heigre kanalens nedbørfelt er dominert av jordbruksaktivitet som legger beslag på omlag 85% av arealet. For 1996 er den flatespesifikke avrenning fra jordbruksarealene i feltet beregnet til 120 kg P/km²·år og 5400 kg N/km²·år (iberegnet avrenning fra gjødsellagre, melkerom, silo, ol.). Avrenningen av fosfor er på nivå med hva som antas for flere andre jordbruksfelter i regionen.

Den sterke jordbrukspåvirkningen gjenspeiles i vannkvaliteten i kanalen, med generelt høye konsentrasjoner. I henhold til SFTs vannkvalitetssystem hører kanalen inn under høyeste tilstandsklasse ("meget dårlig") for fosfor og nitrogen. Konsentrasjonene av organisk stoff (TOC) tilhører nest høyeste tilstandsklasse ("dårlig").

Det er registrert en klar nedgang i fosforkonsentrasjoner i perioden 1989-94, men disse har økt igjen de to siste årene. Innholdet av nitrogen har ikke fulgt samme trend, og dataene viser økt nitratinnhold de siste årene. Dette tyder på at nitratreduksjonen (denitrifikasjonen) totalt sett er mindre nå enn tidligere. Både total nitrogen og nitrat hadde i 1996 de høyeste målte middelkonsentrasjonene siden undersøkelsene startet i 1989. For total organisk karbon og kalium har det vært avtakende konsentrasjoner, men nivået av kalium var høyere i 1996 enn i de foregående årene.

Sterk oksygensvikt (< 4 mg O₂/l) i kanalen har vært et årlig fenomen, og varigheten av perioder med slike forhold har variert fra år til år. I 1996 ble det registrert omlag 60 døgn med slike forhold.

Totalt synes tilstanden i Skas-Heigre kanalen i 1996 å være noe forverret i forhold til året før, men det er foreløpig uklart om den positive trenden som er observert de senere årene er stoppet opp eller reversert. Dersom økt nitratinnhold skyldes avtakende nitratreduksjon (denitrifikasjon), kan dette indikere forbedrede forhold i kanalen om sommeren. Det er imidlertid fortsatt raskt oksygenavtak i begynnelsen av juni, vedvarende oksygenvinn og økte stoffkonsentrasjoner i sommerperioden, som viser at kanalen fortsatt er relativt betydelig påvirket av silopressaft og utvasking eller søl etter utkjøring av naturgjødsel.

3.1 Nedbørfelt

Skas-Heigre kanalen strekker seg fra områdene syd for Sola flyplass og vest for Sandnes i Rogaland, og er en sidegren til Figgjovassdraget med utløp i Grudavatnet (figur 1). Kanalens totale nedbørfelt har et areal på 29,3 km², hvorav 58% tilhører Sandnes kommune, 25% Sola kommune og 17% Klepp kommune. Nedbørfeltet oppstrøms den faste målestasjonen ved Voll har et areal på 28,3 km². Kanalen er en betydelig bidragsyter til stofftilførslene til Figgjoelva.

Vassdraget er kanalisert i nesten hele sin lengde og er uten innsjøareal. Kanalen renner gjennom et flatlendt område, og nedbørfeltet har en midlere høyde over havet på omlag 33 m. Høyeste punkt i feltet er på 71 m, mens utløpet i Grudavatnet er ved omlag 4 m.

Store områder med løsavsetninger fra siste istid har dannet grunnlag for et intensivt jordbruk i dette området. Store deler av Skas-Heigre kanalens nedbørfeltet var opprinnelig et våtmarksområde, og en del av feltet var i sin tid sjøbunn. Nedbørfeltet inneholder både marin leire og felter med sand og grus. Dominerende jordart er morenejord med innslag av myrjord.

Klimaet i området er mildt og fuktig, typisk for kystområdene i den sørvestlige delen av Norge. Normalt er det bare kortere perioder om vinteren at temperaturen er under 0°C. Som følge av det milde klimaet er vekstsesongen lang i denne delen av landet.

I nedbørfeltet drives omfattende jordbruksaktivitet, og omlag 85% av arealet blir gjødslet og brukt til produksjon av jordbruksvekster. De fleste gårdsbrukene i feltet driver med grovfôr-basert husdyrproduksjon, og jordbruksarealet blir i all hovedsak benyttet til dyrking av fôr. Arealfordelingen i feltet er vist i tabell 1, og tallene for jordbruksarealene viser status ved registreringer i 1994. For en nærmere beskrivelse av nedbørfeltet (aktiviteter, endringer i gjødselpraksis, osv.) henvises til Molversmyr & Bergheim (1995).

Tabell 1. Arealfordeling i Skas-Heigre kanalens nedbørfelt (1994).

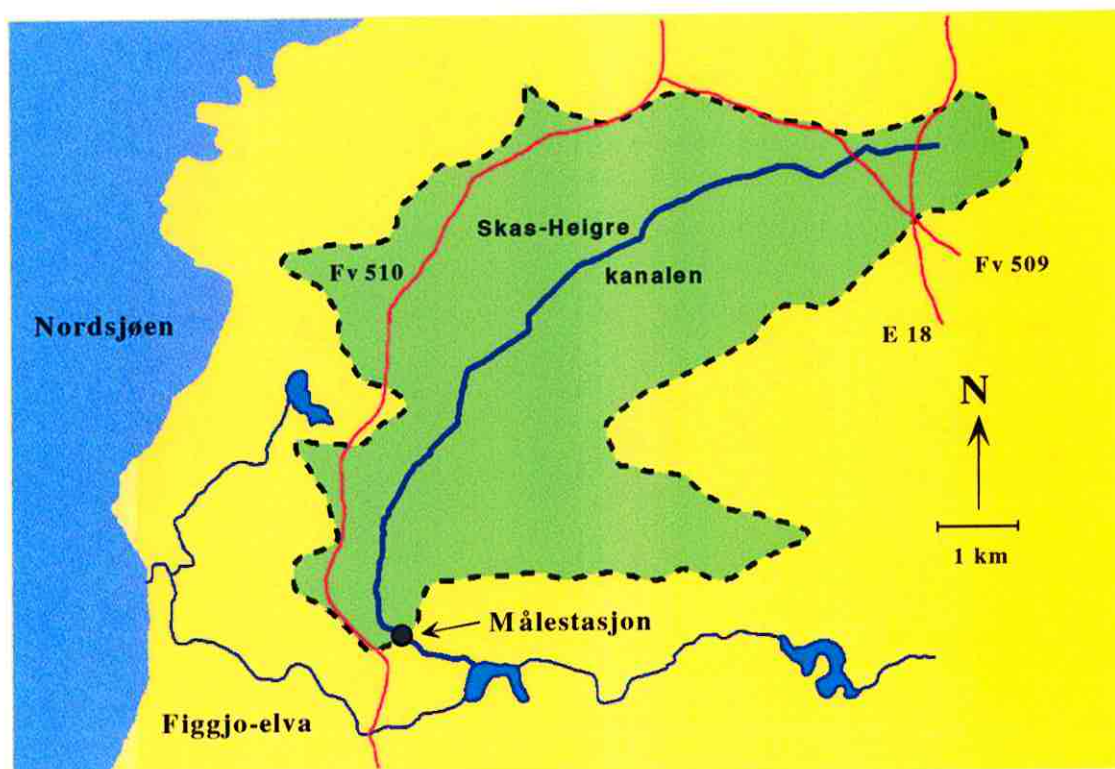
Areal % av total	Full- dyrka	Kultur- beite	Totalt jordbruk	Tett- steder	Inn- sjøer	Skog,myr, fjell,oa.	Totalt areal
km ²	21,9	2,8	24,7	0,6	0	4,0	29,3
%	74,7	9,6	84,3	2,0	0	13,7	100,0

3.2 Prøvetaking og registreringer

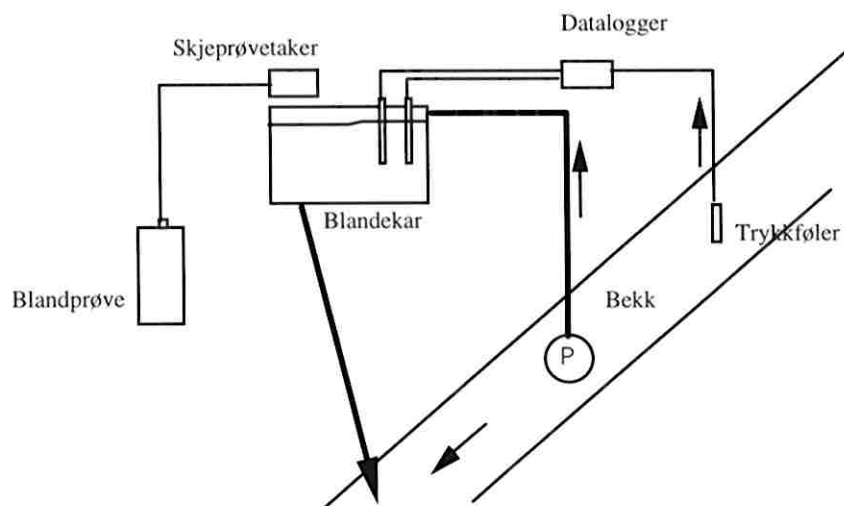
Prøvetakingen ble foretatt ved en automatisk målestasjon i nedre del av Skas-Heigre kanalens nedbørfelt (figur 1). Stasjonen er plassert i Klepp kommunes pumpehus for avløpsvann på Voll. Prinsippet for målestasjonen er vist i figur 2. Ved målestasjonen blir det normalt hver halvtime registrert temperatur, oksygen og vannstand i kanalen.

Vann fra kanalen pumpes inn i et kar i målestasjonen, og hvor temperatur blir registrert med en temperaturføler og oksygen med en oksygensonde. Vannstanden i kanalen blir registrert ved hjelp av en trykkføler som er montert på bunnen av kanalen, og som registrerer trykk som funksjon av vannstand (uavhengig av lufttrykksendringer). Registreringer foretas normalt hver halve time, og dataene lagres på en datalogger. Dataloggeren tappes normalt hver fjortende dag. Alle dataene blir overført til en Apple Macintosh computer ved hjelp av et overføringsprogram laget ved RF (Horpestad 1988), hvor de blir bearbeidet og lagret.

Det tas hyppige prøver av vannet i den kontinuerlige vannstrømmen i blandekaret. Dette er gjort ved hjelp av en tidsstyrt skjeprøvetaker, som tar prøver hver halve time. For å unngå bakteriell omsetning av næringsstoffer blir prøvene overført til en oppsamlingsdunk plassert i et kjøleskap. Prøver blir normalt innhentet hver fjortende dag i forbindelse med tapping av data fra dataloggeren, og de analyserte prøvene er dermed 14-dagers blandprøver.



Figur 1. Skas-Heigre kanalens nedbørfelt. Den faste målestasjonen er avmerket ved Voll meieri.



Figur 2. Prinsippskisse av målestasjon i Skas-Heigre kanalen.

I 1996 ble registreringer og prøvetaking i første del av året foretatt for RFs egen regning, inntil det i innledningen nevnte JOVÅ prosjektet for plantevernmiddeleovervåking i Skas-Heigre kanalen kom i gang. I denne perioden ble feltarbeidet begrenset til et minimum, ved at innhenting av vannprøver og datatapping delvis ble foretatt hver tredje til fjerde uke. I perioden januar - april er det derfor to 4-ukers og to 3-ukers prøver (se datavedlegg), mens registreringer av temperatur, oksygen og vannstand er basert på normal loggefrequens. I resultatdelen nedenfor er likevel samtlige beregninger angitt for 14-dagers perioder, ved å anta at de målte stoffkonsentrasjonene er representative for hele de aktuelle prøveperiodene.

I perioden januar - mars var det tidvis svært lav vannstand i kanalen, slik at pumpen som leverer vann til blandekaret gikk tørr. Dette medførte en del problemer med drift av pumpe, slik at vannprøver i denne perioden i stor grad er øyeblikksprøver (se datavedlegg).

Spesifikt om utstyret

Trykkmåleren er plassert på bunnen i kanalen og registrerer vannstand som funksjon av trykk. Sensoren sender mV-signaler (0-100 mV) inn til dataloggeren.

Dataloggeren er en GRANT-SQUIRREL med 0-100 mV loggeinnganger. Loggeren er utstyrt med RS 232 koblet til mikrocomputer eller skriver. Hver kanal kan lagre 2600 data. Dataene blir overført til en Apple Macintosh mikrocomputer. Bearbeiding av resultatene gjøres på Apple Macintosh ved bruk av programpakken Microsoft Excel.

Vannprøvetakeren er en INVENTRON skjeprøvetaker.

Pumpa som transporterer vann fra kanalen til stasjonene er en ABS pumpe av type MF VX 352 WG.

Oksygensonden er av fabrikat OxyGuard, levert av Marine Control, Bergen.

3.3 Analysemetoder

Følgende analysemetoder er benyttet:

Total fosfor (TP). Målt i henhold til norsk standard NS 4725 ("total fosfor"), tilpasset en ChemLab autoanalysator.

Fosfat (PO_4). Målt i henhold til norsk standard NS 4725 ("orto-fosfat fosfor"), tilpasset en ChemLab autoanalysator.

Total nitrogen (TN). Målt i henhold til norsk standard NS 4743, tilpasset en ChemLab autoanalysator.

Nitrat+nitritt (NO_x-N). Målt i henhold til norsk standard NS 4743, tilpasset en ChemLab autoanalysator. I teksten for enkelthets skyld kalt nitrat (NO_3), men analysene er ikke korrigert for nitritt (NO_2).

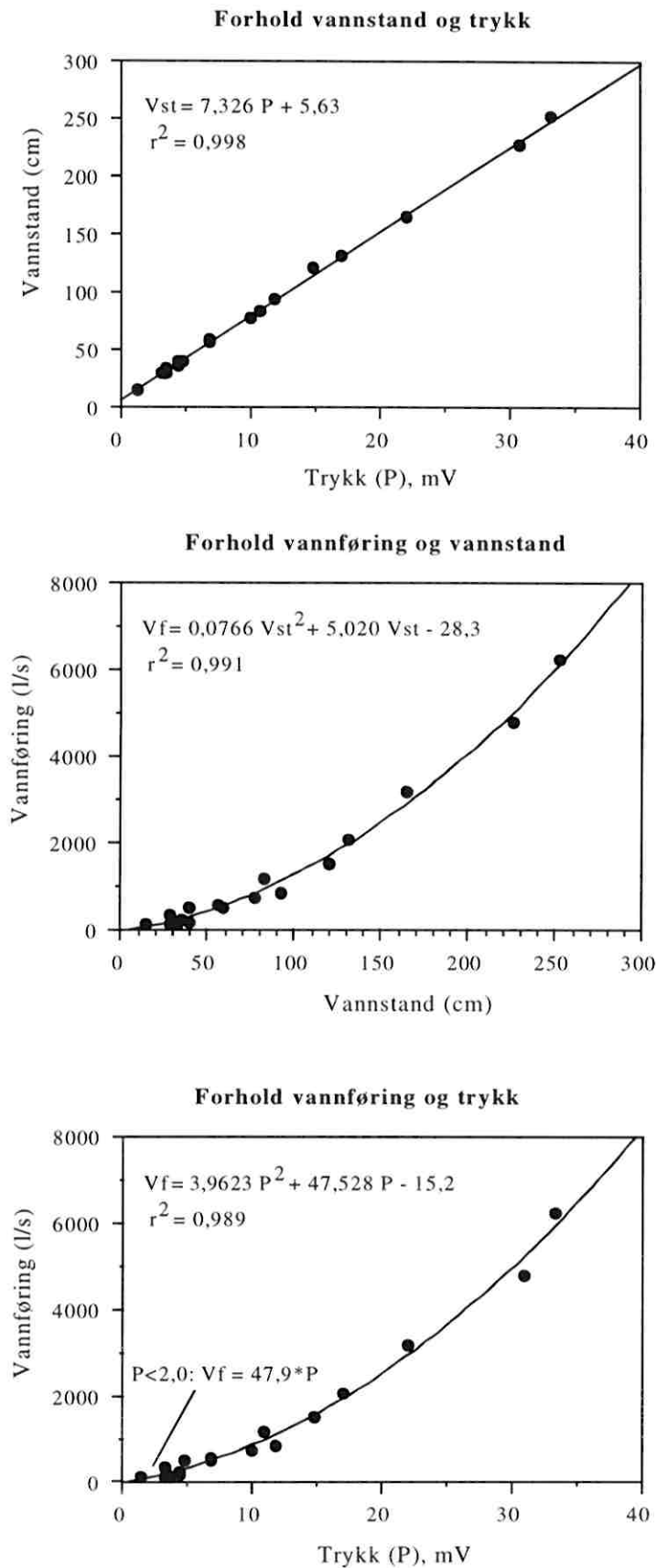
Total organisk karbon (TOC). Målt i henhold til norsk standard NS-ISO 8245, på en Astro modell 2001 TOC-analysator.

Kalium (K). Målt i henhold til norsk standard NS 4775, på et Perkin Elmer 5000 atomabsorpsjonsspektrofotometer.

3.4 Vannføringskurve / -målinger

Vannføringskurven som ligger til grunn for avrenningsberegningene (figur 3) er basert på målinger utført i forbindelse med en undersøkelse i kanalen i perioden 1989 - 1994 (Molversmyr & Bergheim 1995). I alt 19 målinger ble utført i denne perioden, og avhengig av vannstanden ble vannføringen målt etter to metoder. Det er ikke utført supplerende vannføringsmålinger i 1996.

Ved lav vannføring ble målingene foretatt ved hjelp av saltfortynningsmetoden med konstant saltdosering (Køhler 1987). Ved høyere vannføring ble benyttet en SENSEA strømhastighetsmåler type EMN-1M som grunnlag for utarbeidelse av hastighets- og vannføringsprofil (Harlachers metode; Otnes & Ræstad 1978).



Figur 3. Vannføring i Skas-Heigre kanalen ved Voll som funksjon av vannstand og trykknivå. Vannføringskurve basert på målinger i perioden 1989 - 94 (Molversmyr & Bergheim 1995). Øverste diagram: forholdet mellom vannstand og trykknivå.

4.1 Hydrologiske forhold

4.1.1 Nedbør

Meteorologisk Institutt's klimastasjon på Sola ligger ca. 5 km NV for Skas-Heigre kanalens nedbørfelt, og data herfra antas å være rimelig representative for Skas-Heigre feltet. Figur 4 viser månedsnedbør for 1996 sammenlignet med normalnedbøren for perioden 1961-90.

Det framgår at særlig januar, men også mars, juli og september var nedbørfattige perioder. Oktober var derimot en svært nedbørrik måned, og også juni og november var nedbørrike. Totalt for året var nedbøren 94 % av normalen.

4.1.2 Vannføring og avrenningsberegninger

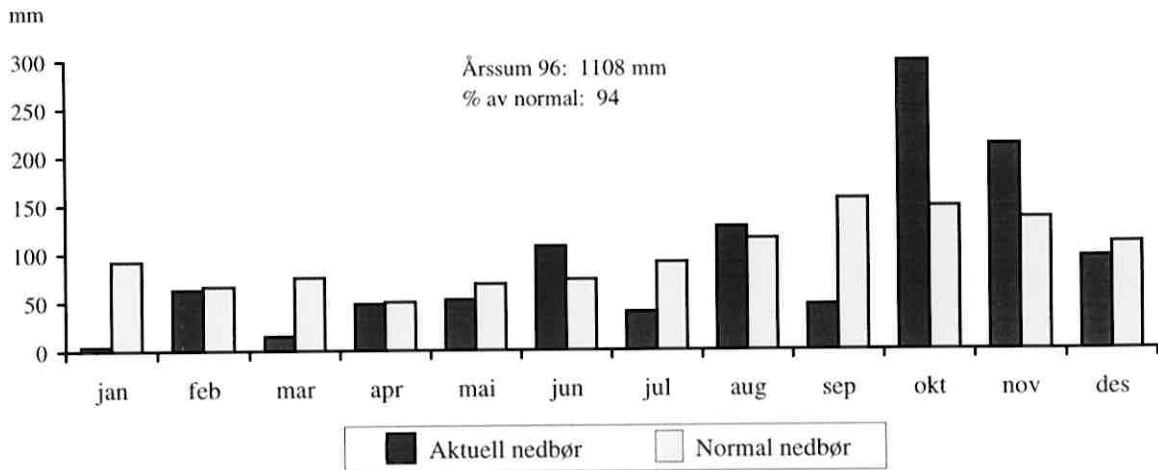
Beregninger av vannføring i kanalen er basert på de kontinuerlige vannstandsregistreringene, og vannføringskurven som er etablert for kanalen (figur 3). Denne kurven angir vannføring i liter pr. sekund som funksjon av vannstand (eller trykk registrert på trykknivåer), og beskrives av en annengradsfunksjon. Ved lav vannstand, tilsvarende et trykk under 2 mV (lavere enn ca. 20 cm vannstand), er det benyttet en lineær funksjon for beregning av vannføring.

Som det også framgår av figur 3 er forholdet mellom vannstand og trykknivå en lineær sammenheng med svært små avvik. De kontinuerlige vannstandsregistreringene (datalogging av trykknivå) er omregnet til middelnivå pr. døgn, og etter omregning til vannføring (døgnmiddel) er middelvannføringen for 14-dagers perioder beregnet.

Vannføringen uttrykt som døgnmiddel varierte fra 48 l/sek til 4400 l/sek. Totalt for året var vannavrenningen fra feltet 421 mm, som tilsvarer 13,4 l/sek·km² og en middelvannføring ved målestasjonen på Voll lik 378 l/sek.

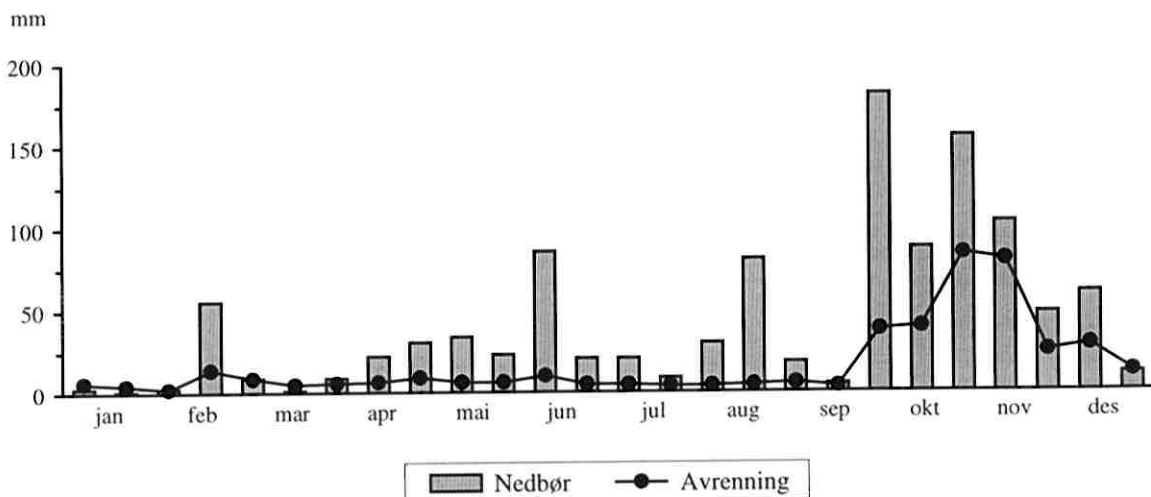
Den beregnede årsavrenningen var betydelig lavere enn hva som er funnet for de fleste av de foregående årene, nedbøren tatt i betraktning. Avrenningen har tidligere år vært i størrelsesorden 60% av årlig nedbørmengde, med unntak av 1994 hvor den var i underkant av 50% (Molversmyr & Bergheim 1995; Molversmyr 1996). I 1996 var den i underkant av 40%, og dette avviket mellom nedbør og avrenning tilsier svært høy evapotranspirasjon (fordamping pluss planters vanntap; heretter for enkelhets skyld kalt fordamping). Tidligere har denne fordampingen normalt vært i størrelsesorden 500-600 mm pr. år, noe som antas rimelig for et intensivt jordbruksområde i denne delen av landet. I 1996 er den imidlertid beregnet til 687 mm (tilsvarende nivå ble beregnet for 1994).

Månedlig nedbør Sola 1996



Figur 4. Månedlig nedbør i 1996 sammenlignet med normalnedbør 1961-90, stasjon 44560 Sola. Det Norske Meteorologiske Institutt.

Nedbør og vannavrenning i Skas-Heigre kanalen 1996



Figur 5. Nedbør og vannavrenning i Skas-Heigre kanalen i 14-dagers perioder i 1996.

Årsakene til den lave avrenningen, og den høye fordampingen, kan være flere. I figur 5 er avrenning i kanalen og målt nedbør ved DNMI's målestasjon på Sola angitt for 14-dagers perioder. Det fremgår at vannavrenningen var jevnt lav i hele perioden frem til oktober, til forskjell fra tidligere år hvor det har vært relativt høy avrenning (og nedbør) i vintermånedene i begynnelsen av året. Den aktuelle nedbørfordelingen over året kan ha medvirket til at en større del av nedbøren har kommet i perioder hvor fordampingen normalt er høyere. En annen faktor som kan ha medvirket til høy fordamping er utstrakt bruk av vann fra kanalen til jordvanning om sommeren. Det bemerke at det var påtakelig lav vannstand i kanalen i hele vinteren og våren 1996, men nye kontrollmålinger av vannføring i 1997 tyder ikke på at forholdet mellom vannføring og vannstand er endret.

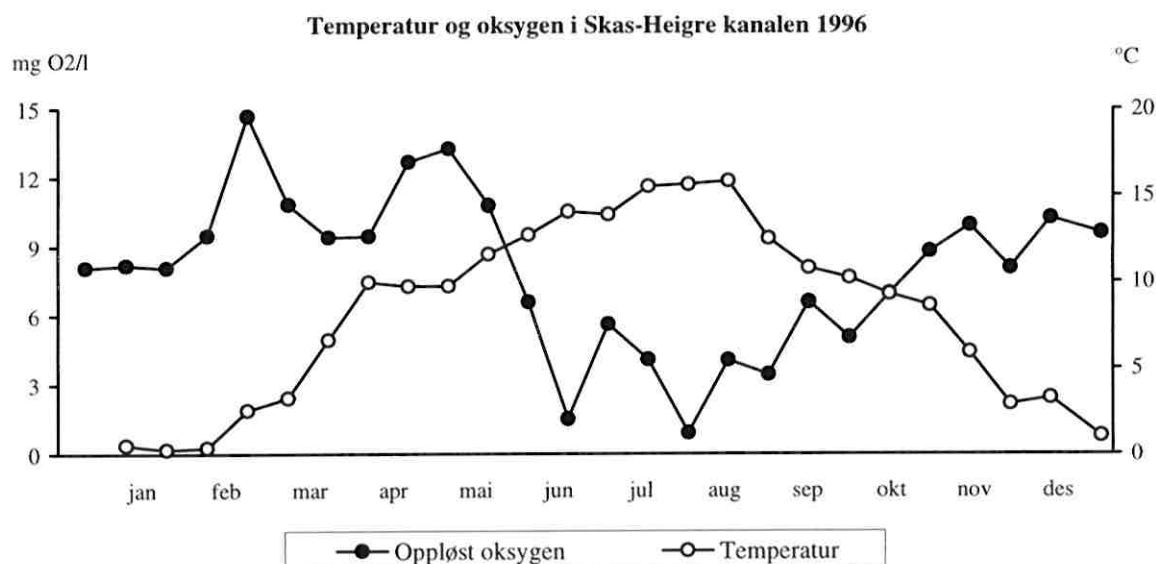
4.2 Vannkvalitet

Vannkvaliteten i kanalen er undersøkt ved målinger av temperatur og oksygen, og ved kjemiske analyser av total fosfor, fosfat, total nitrogen, nitrat, total organisk karbon og kalium. I figur 6 og 7 er framstilt temperatur og oksygen, mens analyseresultatene av næringsalter og organisk stoff framgår av figur 8.

4.2.1 Temperatur og oksygen

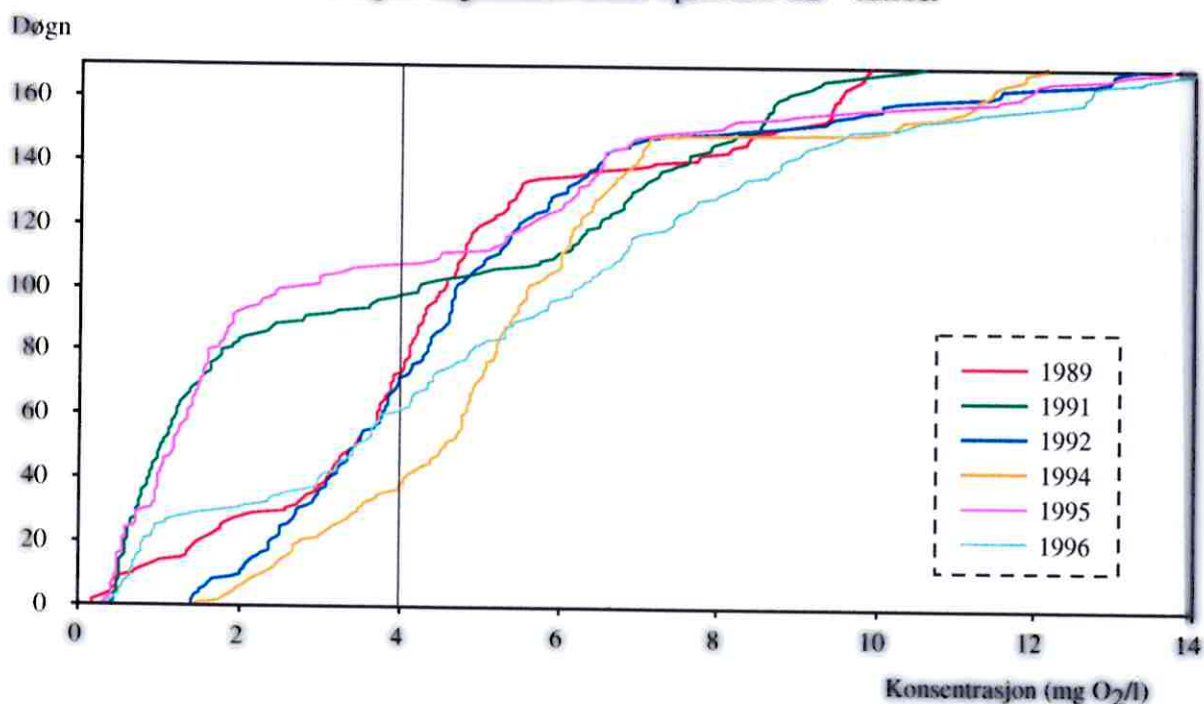
Også i 1996 var det en markerte nedgangen i oppløst oksygen i kanalvannet om sommeren. Dette viser klart at Skas-Heigre kanalen er påvirket av lett nedbrytbart organisk stoff, som kan skape kritiske situasjoner ved lav vannføring og høy temperatur (figur 6). Sterk oksygensvikt i kanalvannet ($< 4 \text{ mg O}_2/\text{l}$) har vært et årlig fenomen, og varigheten av perioder med slike forhold har variert fra år til år. Dette ses av figur 7, hvor fordelingen av alle målte døgnmiddelverdier av oksygen i perioden mai - oktober 1996 er vist sammen med tilsvarende måleresultater for de foregående undersøkte årene (Molversmyr & Bergheim 1995; Molversmyr 1996). Av figuren kan leses hvor mange døgn konsentrasjonen har vært lavere enn en gitt verdi ($4 \text{ mg O}_2/\text{l}$ er markert).

Temperaturen varierte gjennom året fra omlag 0°C i kalde vinterperioder til opp mot 20°C om sommeren ($7,8^\circ\text{C}$ i gjennomsnitt for året).



Figur 6. Temperatur og oppløst oksygen i Skas-Heigre kanalen i 1996 (angitt som 14-dagers middelveier).

Oppløst oksygen i Skas-Heigre kanalen Fordeling av døgnmiddelverdier i perioden mai - oktober

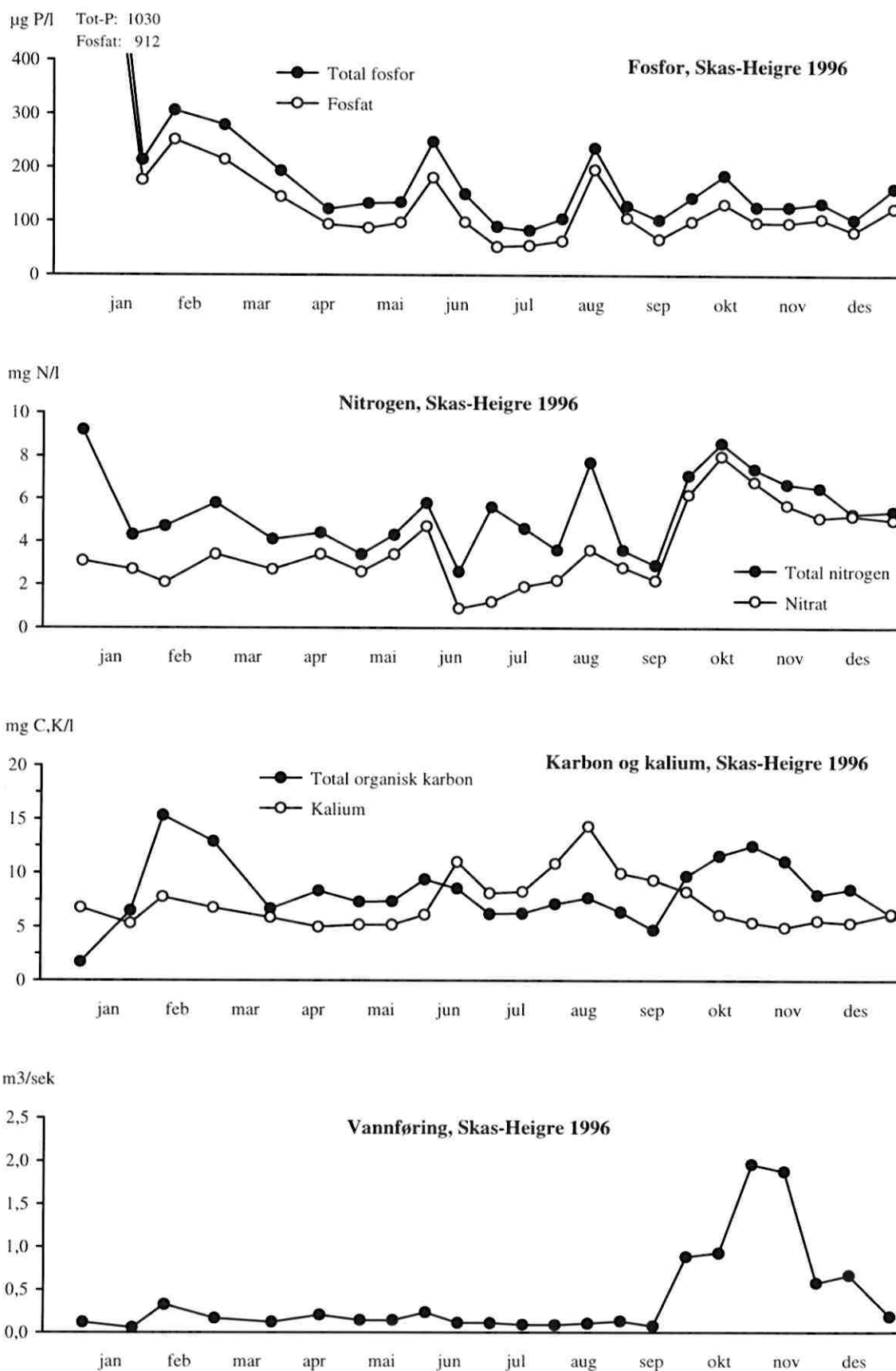


Figur 7. Fordeling av målte døgnmiddelkonsentrasjoner av oppløst oksygen i Skas-Heigre kanalen i perioden mai - oktober 1996, sammenliknet med tilsvarende målinger fra tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995; Molversmyr 1996).

4.2.2 Stoffkonsentrasjoner

Konsentrasjonene av næringsstoffer (figur 8) viste tydelige variasjoner gjennom året. Den første prøven for januar skilte seg ut med svært høyt fosforinnhold, men her må det bemerkes at dette var en øyeblikksprøve tatt ved ekstremt lav vannføring. Det ble samtidig målt unormalt høy temperatur i kanalvannet, og det antas at prøven var påvirket av fremmedvann (avløp fra meieriet, eller liknende) som kan ha vært av kortvarig karakter. Prøven antas derfor ikke å være representativ for forholdene i kanalen i perioden (mer om dette under avsnitt 4.3).

Videre utover vinteren var det høyt innhold av særlig fosfor og organisk stoff. I begynnelsen av juni var det en betydelig konsentrasjonsøkning, som særlig kom til uttrykk for fosfor og kalium. Konsentrasjonen av total nitrogen økte også, men antok raskt som følge av et kraftig avtak i nitrat. Nitratavtaket antas å skyldes nitratreduksjon (denitrifikasjon), og sammenfalt med et kraftige avtak i oksygeninnholdet i vannet (figur 6). Konsentrasjonsforløpet i begynnelsen av juni tyder derfor på tilførsler av lett nedbrytbart organisk stoff, sannsynligvis som følge av påvirkning av silopressaft. Dette underbygges også av den kraftige økningen i kaliuminnhold i vannet. Tilsvarende vurderinger gjelder for økningen i stoffkonsentrasjoner i august.



Figur 8. Periodiske middelkonsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk karbon og kalium, samt middelvannføring i Skas-Heigre kanalen i 1996.

Generelt for sommerperioden var forhøyede konsentrasjoner av kalium og lavt innhold av nitrat i stor grad var sammenfallende med perioden med lavt oksygeninnhold i vannet. Resultatene indikerer påvirkning av silopressaft gjennom hele perioden, men høyt fosforinnhold (særlig økningen i fosfat) kan også indikere utvasking eller søl etter utkjøring av gjødsel.

Når vannføringen i kanalen økte i månedsskiftet september - oktober, økte nitrogeninnholdet betydelig som følge av økt innhold av nitrat (nitratreduksjonen avtok). Det var også en betydelig økning i innholdet av organisk karbon, og en moderat økning i fosforinnholdet i denne perioden. Dette skyldes at stoffer vaskes ut i kanalvannet når høstnedbøren setter inn.

I kanalen varierte måleresultatene for total fosfor mellom 83 og 1030 µg P/l (medianverdi 135 µg/l), fosfat mellom 53 og 912 µg P/l (medianverdi 100 µg/l), total nitrogen mellom 2,6 og 9,2 mg N/l (medianverdi 5,3 mg/l), nitrat mellom 0,9 og 8,0 mg N/l (medianverdi 3,4 mg/l), total organisk karbon mellom 1,7 og 15,3 mg C/l (medianverdi 7,7 mg/l) og kalium mellom 5,0 og 14,3 mg K/l (medianverdi 6,2 mg/l).

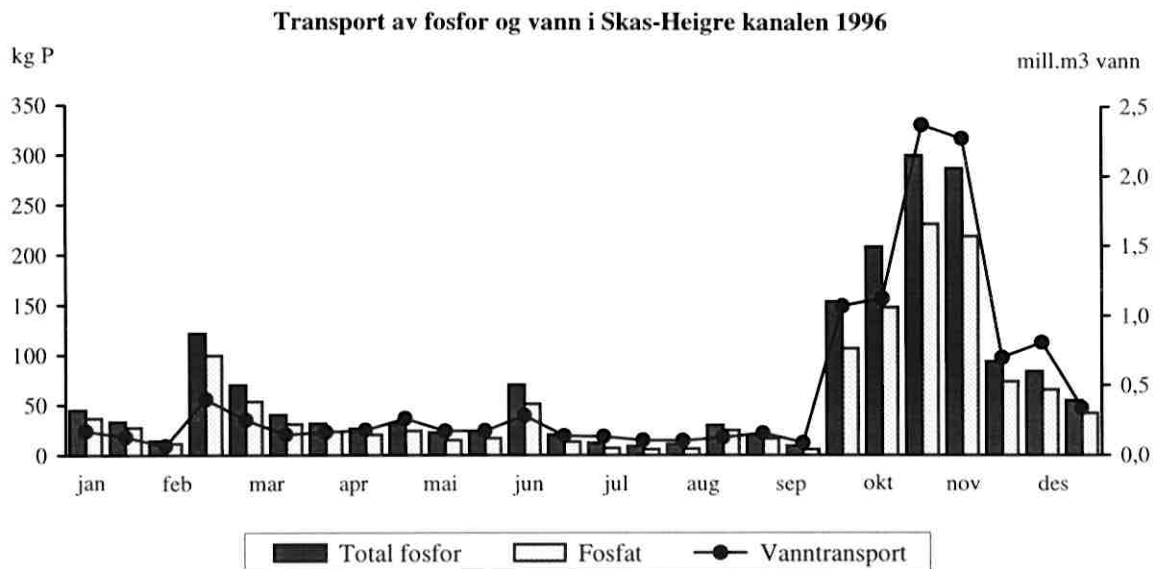
4.3 Stofftransport

Stofftransporten er beregnet for 14-dagers perioder, på grunnlag av de kjemiske analysene av blandprøvene og sum av vannavrenning i samme periode (se avsnitt 3.2 om øyeblikksprøver). Dette gir et bilde av den midlere stofftransporten i gjeldende periode, slik som vist i figurene 9 - 11. Årssum av stofftransport og vanntransport er vist i figur 12.

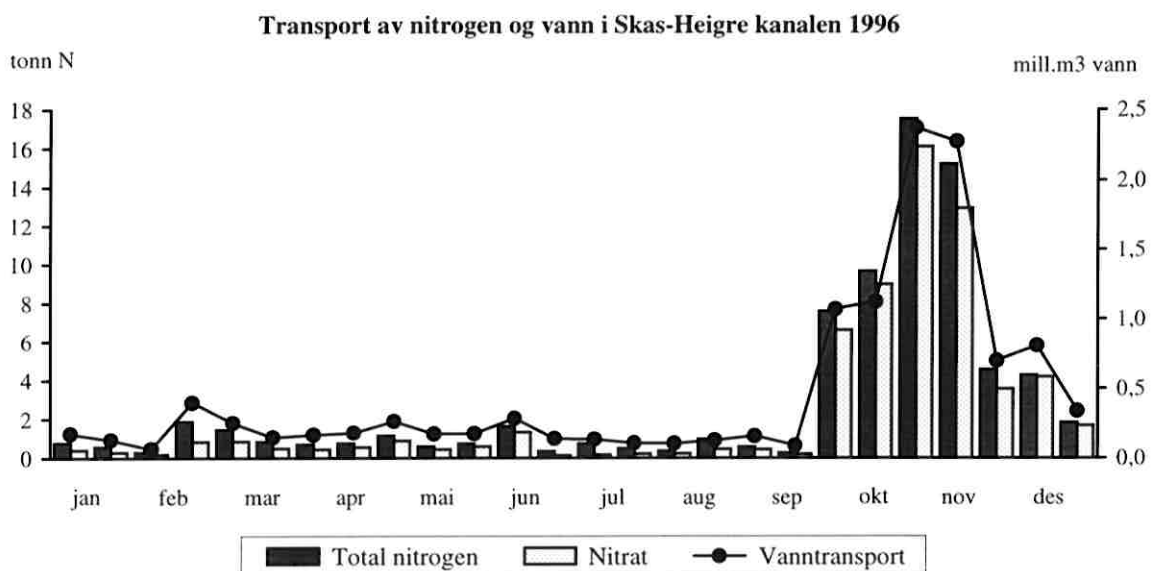
Stofftransporten står i nært samsvar med vannavrenningen, og variasjonene gjennom året følger i stor grad variasjonene i vannavrenning (figur 9 - 11). Lav avrenning i hele perioden frem til månedsskiftet september - oktober gjorde at størstedelen av stofftransporten skjedde i månedene oktober og november (i overkant av 50% av årssummen for fosfor, og nærmere 70% av årssummen av nitrogen). Det bemerkes at øyeblikksprøven i januar med sterkt forhøyet fosforinnhold ikke er tatt med i stofftransportberegningene, siden den antas å ikke være representativ for en lengre periode. I stedet er stoffkonsentrasjonene i januar anslått som gjennomsnittet for målingene i februar.

Siden stofftransporten er så nært knyttet til vannavrenningen, gir tallene i figur 12 ikke noe sikkert uttrykk for endringer over tid. Slike trender blir bedre uttrykt ved hjelp av mer direkte mål på vannkvalitet, og dette blir nærmere omtalt nedenfor. At transporten av stoffer var lavere i 1996 enn i foregående år (figur 12), skyldes i hovedsak at vannavrenningen var svært lav dette året (se ovenfor).

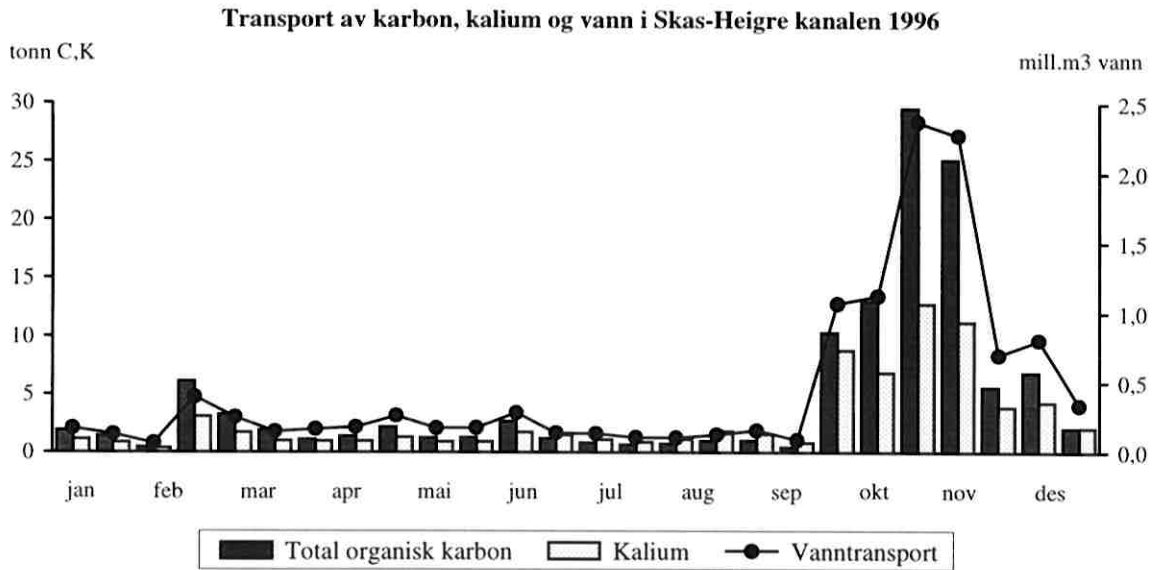
Når det gjelder årlig fosfortransport er det total fosfor som er fremstilt i figur 12. Fosfat har ikke vært undersøkt tidligere år, men det nevnes at årstransporten av fosfat var 1,38 tonn P som utgjorde 75% av transporten av total fosfor.



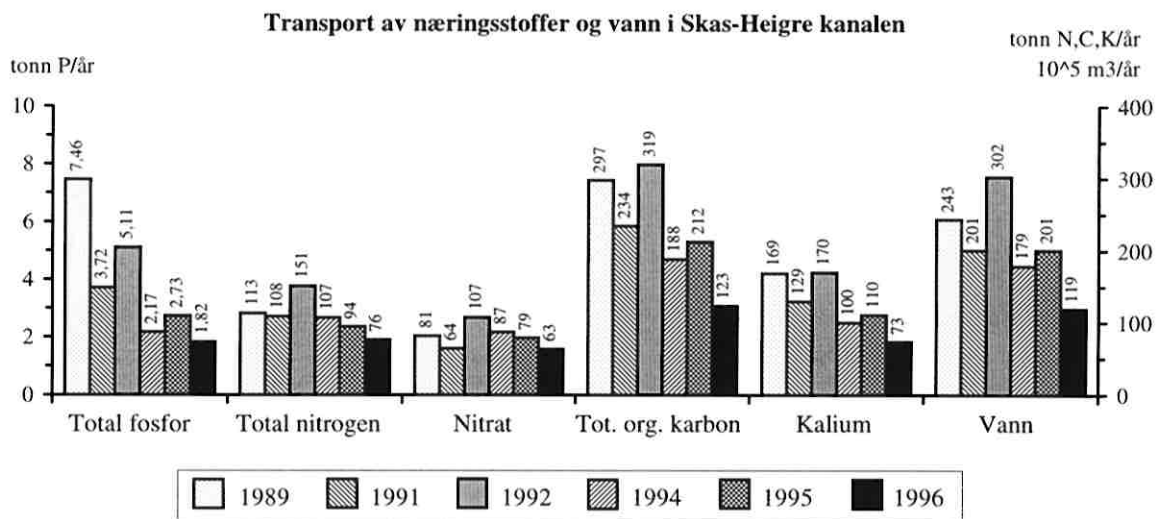
Figur 9. Transport av fosfor og vann i Skas-Heigre kanalen i 1996.



Figur 10. Transport av nitrogen og vann i Skas-Heigre kanalen i 1996.



Figur 11. Transport av organisk karbon, kalium og vann i Skas-Heigre kanalen i 1996.



Figur 12. Total årstransport av næringsstoffer og vann i Skas-Heigre kanalen i 1996, sammenliknet med tilsvarende målinger fra tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995; Molversmyr 1996).

4.4 Avrenningskoeffisienter

Avrenningskoeffisienter uttrykker avrent stoffmengde pr. arealenhet i nedbørfeltet, og gir et bilde av intensiteten i arealavrenningen. Avrenningskoeffisienter for fosfor, nitrogen, karbon, kalium og vann er vist i tabell 2.

Avrenningskoeffisientene gjenspeiler transporttallene vist i figur 12, og gir som disse ikke noe godt uttrykk for endringer over tid. Avtaket i fosforavrenningen de seneste årene er imidlertid åpenbar, og er satt i sammenheng med endret gjødselpraksis og overgang til mindre fosforholdige gjødselslag (Molversmyr & Bergheim 1995).

I 1996 var flatespesifikk vannavrenning 13,4 liter/sek-km² i kanalens nedbørfelt, og som nevnt i avsnitt 4.1 er dette betydelig lavere enn hva som er funnet for de foregående årene. Tatt i betraktning at årsnedbøren i 1996 var 94% av normalen, synes dette året å være betydelig avvikende i forhold til hva som er antatt som normalavrenning for feltet (Molversmyr & Bergheim 1995). For videre omtale av hydrologiske forhold henvises til avsnitt 4.1.

Avrenningskoeffisienter for fosfor og nitrogen er beregnet for flere arealtyper i Norge (Holtan & Åstebøl 1991). Avrenningskoeffisientene for jordbruksarealer oppgitt i slike veiledere er anslagsvise, og en har sett at koeffisientene kan variere mye selv innenfor begrensede geografiske områder (Molversmyr et al. 1989; Sanni & Tyvold 1989). Avrenningskoeffisienter beregnet i denne og tilsvarende undersøkelser, hvor vannføring og stofftransport måles med relativt høy nøyaktighet, vil derfor ha stor generell verdi for å forbedre grunnlagsmaterialet for teoretiske beregninger av forurensningstilførsler til resipienter.

Tabell 2. *Spesifikke avrenningskoeffisienter for Skas-Heigre kanalens totale nedbørfelt. Data fra 1996, samt fra Molversmyr & Bergheim (1995) og Molversmyr (1996).*

Parameter	Benevning	1989	1991	1992	1994	1995	1996
Total fosfor	kg P/km ² ·år	264	132	181	77	96	64
Fosfat	kg P/ km ² ·år	–	–	–	–	74	49
Total nitrogen	tonn N/ km ² ·år	3,99	3,83	5,33	3,77	3,32	2,67
Nitrat	tonn N/ km ² ·år	2,87	2,27	3,79	3,07	2,78	2,23
Total organisk karbon	tonn C/ km ² ·år	10,50	8,27	11,27	6,65	7,50	4,35
Kalium	tonn K/ km ² ·år	5,96	4,57	6,00	3,53	3,90	2,60
Vann	liter/sek-km ²	27,3	22,6	34,0	20,1	22,6	13,4

For å beregne avrenningen fra jordbruksarealer er det benyttet erfaringstall for andre arealtyper (Holtan & Åstebøl 1991), samt opplysninger om arealbruk i feltet (tabell 1) og tall for forurensningsbelastning fra befolkning (Molversmyr & Bergheim 1995). Med dette som utgangspunkt er spesifikke avrenningskoeffisienter for jordbruksarealene beregnet som angitt i tabell 3. Tallene inkluderer avrenning fra gjødsellagre, melkerom, silo, ol., og er korrigert i forhold til et antatt normalår mht. vannavrenning.

Tabell 3. Avrenningskoeffisienter for jordbruksarealer (inkludert avrenning fra gjødsellagre, melkerom, silo, ol.) i Skas-Heigre kanalens nedbørfelt. Data fra 1996, samt fra Molversmyr & Bergheim (1995) og Molversmyr (1996).

Parameter	Benevning	1989	1991	1992	1994	1995	1996
Total fosfor	kg P/km ² -år	232	127	114	76	88	120
Total nitrogen	tonn N/km ² -år	3,84	4,48	4,11	4,94	3,81	5,39

Det fremgår av tabell 3 at fosforavrenningen i 1996 var høyere enn for foregående år. Etter betydelige reduksjoner de siste årene var den i 1996 omlag på nivå med årene 1991-92. Dette er fortsatt betydelig lavere enn hva som ble beregnet for 1989, men sammenlignbart med hva som antas for flere andre vassdrag på Jæren (Molversmyr 1995). Det er også vesentlig lavere enn hva Holtan & Åstebøl (1991) angir som veiledende for denne regionen.

Det er uklart om variasjonene i den beregnede fosforavrenningen på 90-tallet gir uttrykk for naturlige svingninger, eller om det er en reell tendens til økt avrenning de siste årene. Utviklingen i nitrogenavrenningen er i tilfelle mer uklar.

4.5 Vannkvalitet og forurensningsgrad

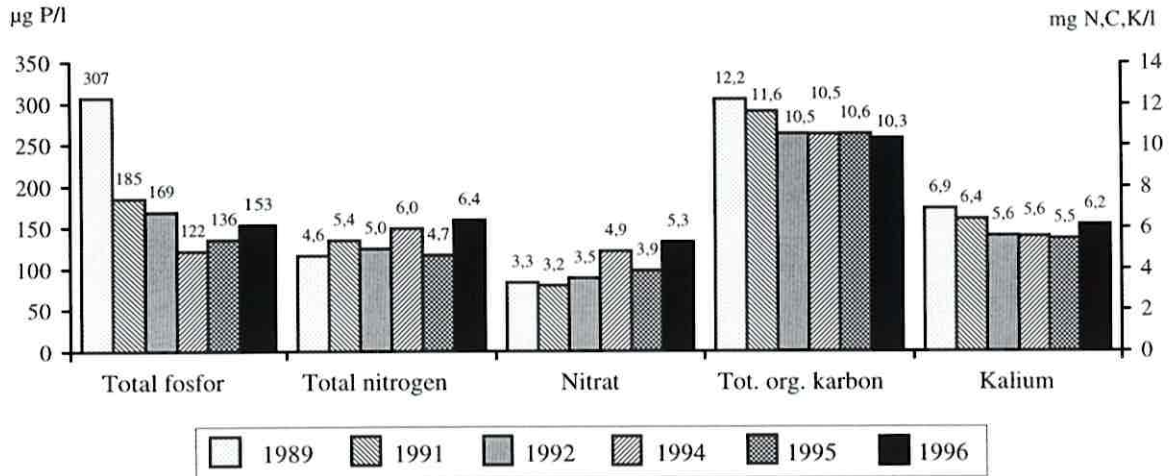
Stoffkonsentrasjoner, stofftransport og spesifikk stoffavrenning gir ulike uttrykk for forurensningsgrad/-mengde, og uttrykkene brukes vanligvis til forskjellige formål. Stofftransport brukes gjerne i forbindelse med belastning til resipient. Spesifikk avrenning brukes i forhold til forurensningskilden og beskriver intensiteten av arealavrenning. Stoffkonsentrasjoner uttrykker forurensningsgraden i vannløpet og er ofte grunnlag for sammenlikninger mellom lokaliteter.

Forurensningsgrad og vannkvalitet uttrykkes derfor best ved stoffkonsentrasjoner, som også vil gi best bilde av endringer i forurensningsbelastningen over tid. Årlige vannmengdeveide middelkonsentrasjoner i Skas-Heigre kanalen de senere årene er fremstilt i figur 13, beregnet som stofftransport delt på avrent vannmengde i de aktuelle årene. Dette konsentrasjonsmålet gir et bedre bilde av kanalens generelle forurensningstilstand enn gjennomsnittet av enkeltmålinger, som vil være representert av ulike vannmengder. Fosfat, som ikke er vist i figur 13, hadde en vannmengdeveid middelkonsentrasjon på 104 µg P/l i 1995, og 116 µg P/l i 1996.

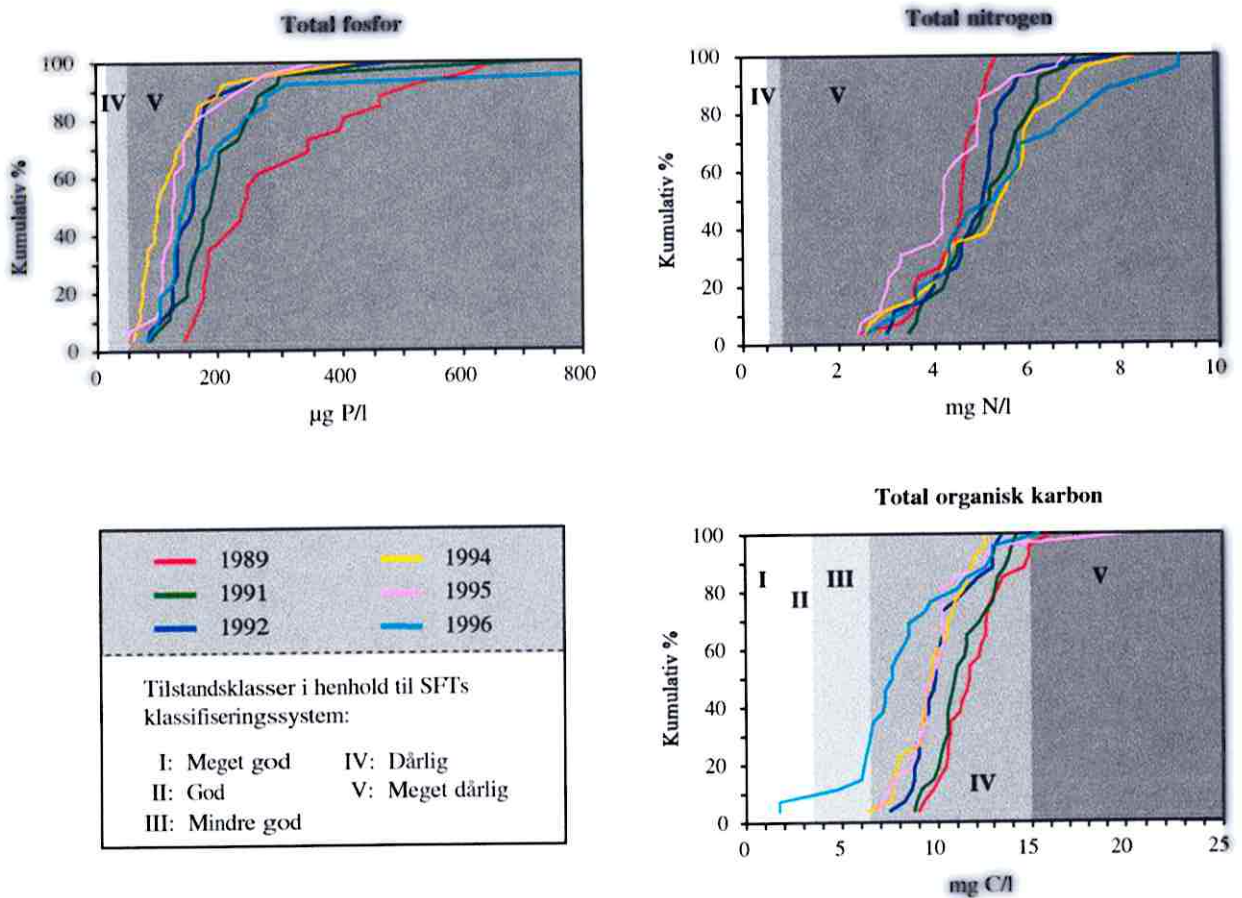
Generelt er stoffkonsentrasjonene høye i Skas-Heigre kanalen, og for både fosfor og nitrogen tilsier middelkonsentrasjonene en plassering i høyeste tilstandsklasse ("meget dårlig") i SFTs vannkvalitetssystem (Holtan et al. 1996). For total organisk karbon tilsier middelkonsentrasjonene i kanalen en plassering i tilstandsklasse "dårlig". Dette framgår av figur 14 der analyseresultatene fra hvert år er plottet kumulativt mot målt konsentrasjon, og der konsentrasjonsområder for tilstandsklasser i henhold til SFTs kvalitetssystem er inntegnet.

Av figur 13 - 14 framkommer klart nedgangen i fosforkonsentrasjonene i perioden 1989-94, men det er registrert en økning igjen de to siste årene. Nitrogenkonsentrasjonene har ikke fulgt samme trend, og dataene viser økte nitratkonsentrasjoner de siste årene. Dette tyde på at nitratreduksjonen (denitrifikasjonen) totalt sett er mindre nå enn tidligere. Både total nitrogen og nitrat hadde de høyeste målte middelkonsentrasjonene siden undersøkelsene startet i 1989. For total organisk karbon og kalium har det også vært avtakende konsentrasjoner, men nivået av kalium var høyere i 1996 enn i de foregående årene.

Årlige middelkonsentrasjoner i Skas-Heigre kanalen



Figur 13. Vannmengdeveide middelkonsentrasjoner av næringsstoffer i Skas-Heigre kanalen i 1996, sammenliknet med målinger fra tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995; Molversmyr 1996).



Figur 14. Frekvensfordeling av konsentrasjon av total fosfor, total nitrogen og total organisk karbon i Skas-Heigre kanalen i 1996, sammenliknet med målinger fra tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995; Molversmyr 1996).

Stoffkonsentrasjonene og endringene i disse gjenspeiles også i forholdet mellom stoffene, slik de er fremstilt i tabell 4. Her er vist forholdet mellom stoffer (på atombasis) basert på årlige middelkonsentrasjoner, og innholdet av karbon, nitrogen og kalium er angitt relativt til innholdet av fosfor, samt nitrogen relativt til kalium. Det fremgår at N:P forholdet økte klart i perioden 1989-94, avtok så i 1995 for å øke igjen i 1996. Utviklingen de siste årene gir uttrykk for økte fosforkonsentrasjoner, men økningen fra 1995 til 1996 viser at nitrogeninnholdet relativt sett økte betydelig mer enn fosforinnholdet. Det nevnes at N:P forholdet i kanalen var uvanlig høyt i 1994; til sammenligning var f.eks. N:P forholdet i to jordbrukspregede bekker i Orrevassdraget (Frøylandsåna og Andabekken) 50-70:1 for perioden 1989-92 (Molversmyr 1994).

Tabell 4. *Relative stoff-forhold (på atombasis) basert på årlige middelkonsentrasjoner i Skas-Heigre kanalen. Data fra 1996, samt fra Molversmyr & Bergheim (1995) og Molversmyr (1996).*

Stoff-forhold	1989	1991	1992	1994	1995	1996
C:N:P	103:33:1	162:64:1	161:65:1	223:108:1	201:76:1	174:92:1
K:P	18:1	28:1	26:1	36:1	32:1	32:1
N:K	1,9:1	2,3:1	2,5:1	3,0:1	2,4:1	2,9:1

4.6 Konklusjoner

Skas-Heigre kanalens nedbørfelt er dominert av jordbruksaktivitet som legger beslag på omlag 85% av arealet. For 1996 er den flatespesifikke avrenning fra jordbruksarealene i feltet beregnet til 120 kg P/km²-år og 5400 kg N/km²-år (iberegnet avrenning fra gjødsellagre, melkerom, silo, ol.). Avrenningen av fosfor er på nivå med hva som antas for flere andre jordbruksfelter i regionen.

Vannavrenningen fra feltet var i 1996 betydelig lavere enn hva som er funnet for de fleste av de foregående årene, nedbøren tatt i betraktning. Avrenningen var jevnt lav i hele perioden frem til oktober, til forskjell fra tidligere år hvor det har vært relativt høy avrenning (og nedbør) i vintermånedene i begynnelsen av året. Flatespesifikk avrenning er beregnet til 13,4 liter/sek·km². Det var påtakelig lav vannstand i kanalen i hele vinteren og våren, men nye kontrollmålinger av vannføring i 1997 tyder ikke på at forholdet mellom vannføring og vannstand er endret.

Ut fra SFTs vannkvalitetssystem hører kanalen inn under høyeste tilstandsklasse ("meget dårlig") for fosfor og nitrogen. Konsentrasjonene av organisk stoff (TOC) tilhører nest høyeste tilstandsklasse ("dårlig"). Sterk oksygensvikt (< 4 mg O₂/l) i kanalen har vært et årlig fenomen, og varigheten av perioder med slike forhold har variert fra år til år. I 1996 ble det registrert omlag 60 døgn med slike forhold.

Det er registrert en klar nedgang i fosforkonsentrasjoner i perioden 1989-94, men disse har økt igjen de to siste årene. Innholdet av nitrogen har ikke fulgt samme trend, og dataene viser økt nitratinnhold de siste årene. Dette tyde på at nitratreduksjonen (denitrifikasjonen) totalt sett er mindre nå enn tidligere. Både total nitrogen og nitrat hadde de høyeste målte middelkonsentrasjonene siden undersøkelsene startet i 1989. For total organisk karbon og kalium har det vært avtakende konsentrasjoner, men nivået av kalium var høyere i 1996 enn i de foregående årene.

Totalt synes tilstanden i Skas-Heigre kanalen i 1996 å være noe forverret i forhold til året før, men det er foreløpig uklart om den positive trenden som er observert de senere årene er stoppet opp eller reversert. Dersom økt nitratinnhold skyldes avtakende nitratreduksjon (denitrifikasjon), kan dette indikere forbedrede forhold i kanalen om sommeren. Det er imidlertid fortsatt raskt oksygenavtak i begynnelsen av juni, vedvarende oksygenvinn og økte stoffkonsentrasjoner i sommerperioden, som viser at kanalen fortsatt er relativt betydelig påvirket av silopressaft og utvasking eller søl etter utkjøring av gjødsel.

- Holtan, H., J.L. Bratli & D.S. Rosland, 1996. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Høringsutkast. *SFT-veiledning, februar 1996: 24s.*
- Holtan, H. & S.O. Åstebøl, 1991. Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til fjorder og vassdrag. Revidert utgave - november 1991. *Statens forurensningstilsyn, rapport nr. 91:10, TA-774/1991: 53s.*
- Horpestad, J.L., 1988. Brukerveiledning for programmet Squirrel-to-Mac. *Rogalandsforskning, arbeidsnotat RF-138/88.*
- Køhler, J.C., 1987. Vannføringsmålinger i bekker ved saltfortynningsmetoder. *GEFO: 16s.*
- Molversmyr, Å., 1994. Landbruksforurensa vassdrag. Undersøkelse av stofftransport i Frøylandsåna (Linlandsbekken) og Andabekken (Lalandsbekken) i perioden 1989 - 1992. *Rogalandsforskning, rapport RF-26/92: 25s.*
- Molversmyr, Å., 1995. Næringsstoffbelastning og tålegrenser for utvalgte Jærvassdrag. *Rogalandsforskning, rapport RF-95/219: 57s.*
- Molversmyr, Å., 1996. Undersøkelse av stofftransport i Skas-Heigre kanalen 1995. *Rogalandsforskning, rapport RF-96/029: 24s.*
- Molversmyr, Å. & A. Bergheim, 1995. Undersøkelser av stofftransport i Skas-Heigre kanalen i perioden 1989 - 1994. *Rogalandsforskning, rapport RF-95/220: 43s.*
- Molversmyr, Å., S. Sanni & T. Tyvold, 1989. Basisundersøkelse av Figgjovassdraget 1984 - 1987. *Rogalandsforskning, rapport RF-219/89: 131s.*
- Otnes, J. & E. Ræstad, 1978. Hydrologi i praksis. Annen utgave. *Ingeniørforlaget: 314s.*
- Sanni, S. & T. Tyvold, 1989. Ims-Lutsi, Hogstadbekken. Feltmålinger av forurensningstilførsler fra landbruket. *Rogalandsforskning, rapport RF-69/89: 45s.*

DATAVEDLEGG

KJEMISK/FYSISKE ANALYSEVERDIER OG AVRENNINGSDATA, SKAS-HEIGRE KANALEN 1996.
(Det er middeverdier for angitte delperioder som er vist i tabellen. Nedbør er vist som periodesum ved NMIs stasjon Sola)

Periode	Tot-P µg/l	PO4-P µg/l	Tot-N mg/l	NO3-N mg/l	TOC mg/l	K mg/l	Temp. °C	Oppl. O2 mg/l	Vannfør. m3/sek	Nedbør mm	Merknad
3.jan - 31.jan	1030	912	9,20	3,10	1,7	6,8	0,6	8,1	0,12	4,0	Øyeblikksprøve
1.feb - 13.feb	213	176	4,30	2,70	6,5	5,3	0,2	8,1	0,06	2,7	Øyeblikksprøve
14.feb - 27.feb	306	251	4,70	2,10	15,3	7,8	0,4	9,5	0,33	55,5	Øyeblikksprøve
28.feb - 27.mar	279	214	5,80	3,40	12,9	6,8	2,9	12,6	0,17	11,1	Øyeblikksprøve
28.mar - 16.apr	193	145	4,10	2,70	6,7	5,9	8,4	8,7	0,12	8,4	
17.apr - 7.mai	122	94	4,40	3,40	8,3	5,0	9,3	12,4	0,20	52,5	
8.mai - 21.mai	133	87	3,40	2,60	7,3	5,2	9,7	13,3	0,14	33,8	
22.mai - 4.jun	135	97	4,30	3,40	7,3	5,2	11,6	10,8	0,14	23,2	
5.jun - 18.jun	248	181	5,80	4,70	9,4	6,1	12,7	6,6	0,23	85,7	
19.jun - 2.jul	151	98	2,60	0,89	8,5	11,0	14,0	1,5	0,11	20,8	
3.jul - 16.jul	90	53	5,60	1,20	6,2	8,1	13,9	5,6	0,11	20,8	
17.jul - 30.jul	83	55	4,60	1,90	6,3	8,3	15,5	4,1	0,09	8,7	
31.jul - 13.aug	105	64	3,60	2,20	7,1	10,9	15,6	0,9	0,09	29,9	
14.aug - 27.aug	237	197	7,70	3,60	7,7	14,3	15,8	4,1	0,10	80,8	
28.aug - 10.sep	129	106	3,60	2,80	6,4	10,0	12,5	3,5	0,13	18,4	
11.sep - 24.sep	103	67	2,90	2,20	4,7	9,4	10,8	6,6	0,07	5,1	
25.sep - 8.okt	144	100	7,10	6,20	9,7	8,3	10,2	5,1	0,88	181,2	
9.okt - 22.okt	186	132	8,60	8,00	11,6	6,1	9,3	7,0	0,93	87,5	
23.okt - 5.nov	127	98	7,40	6,80	12,5	5,4	8,6	8,8	1,96	155,3	
6.nov - 19.nov	127	97	6,70	5,70	11,1	5,0	5,9	9,9	1,87	103,4	
20.nov - 3.des	134	105	6,50	5,10	8,0	5,6	2,9	8,1	0,58	48,0	
4.des - 17.des	104	81	5,30	5,20	8,5	5,4	3,3	10,3	0,67	60,4	
18.des - 7.jan	162	125	5,40	5,00	6,1	6,2	1,0	9,6	0,19	10,9	
Vannm.veid middel:	153	116	6,36	5,31	10,3	6,2	-	-	-	1108*	*: Periodesum
Aritmetisk middel:	197	154	5,37	3,69	8,2	7,3	8,5	7,6	0,40	48,2	
Median:	135	100	5,30	3,40	7,7	6,2	9,3	8,1	0,14	29,9	
Minimum:	83	53	2,60	0,89	1,7	5,0	0,2	0,9	0,06	2,7	
Maksimum:	1030	912	9,20	8,00	15,3	14,3	15,8	13,3	1,96	181,2	