

RAPPORTER

84/10

**VANNKRAFTUTBYGGING
REGULERINGSINNGREP
VIRKNINGER PÅ FISK**

STATISTISK SENTRALBYRÅ
CENTRAL BUREAU OF STATISTICS OF NORWAY

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 84/10

**VANNKRAFTUTBYGGING
REGULERINGSINNGREP
VIRKNINGER PÅ FISK**

STATISTISK SENTRALBYRÅ
OSLO — KONGSVINGER 1984

ISBN 82-537-2102-1
ISSN 0332-8422

EMNEGRUPPE
Miljø. Ressursregnskap

ANDRE EMNEORD
Kraftutbygging
Naturressurser

FORORD

I denne rapporten presenteres de endelige resultatene fra prosjektet "Miljøvirkninger av vannkraftutbygging". Prosjektet gir data som representerer et skritt i retning av å knytte oversikter over miljøvirkninger til ressursregnskapet. Hovedformålet har vært å systematisere eksisterende data om tekniske inngrep ved vannkraftutbygging og virkningene av disse på fiskefaunaen og mulighetene for utøvelse av fiske.

Audun Rosland har vært ansvarlig for redigering og skriving av rapporten. Øvrige bidragsyttere har vært Hans Olav Bråtå, Øystein Nesje, Kari Wangen og Roy Østensen.

Statistisk Sentralbyrå, Oslo, 13. juli 1984

Arne Øien

Torstein Bye

INNHOOLD

	Side
1. Innledning	11
1.1. Bakgrunn	11
1.2. Sammendrag	12
2. Metode	18
2.1. Vassdragsregister	18
2.2. Hovedundersøkelsen	18
2.2.1. Reguleringsinngrep	20
2.2.2. Virkninger på fisk og fiske	20
2.2.3. Analyse av sammenhenger	21
2.3. Tilleggsundersøkelsen	22
2.4. Forsurning	22
3. Usikkerhet ved resultatene	24
3.1. Svarprosent	24
3.2. Usikkerhet ved innkommende svar	24
3.2.1. Magasinskjema	25
3.2.2. Elveskjema	25
3.2.3. Fiskeskjema	26
3.3. Etterkontroll	26
4. Reguleringsinngrep i vassdrag	27
4.1. Generell beskrivelse av en vannkraftutbygging	27
4.2. Reguleringsinngrep i innsjøer	29
4.2.1. Bakgrunnsdata	29
4.2.2. Reguleringshøyde	31
4.2.3. Neddemt areal	35
4.2.4. Neddemte bygninger	37
4.3. Reguleringsinngrep i elver	39
4.3.1. Bakgrunnsdata	39
4.3.2. Endring i middelvannføring	41
5. Virkninger av vannkraftutbygging på fisk og fiske	44
5.1. Generell beskrivelse av virkninger på fisk og fiske	44
5.1.1. Fiskemiljøet i regulerte vassdrag	45
5.1.2. Utøvelse av fiske i regulerte vassdrag	46
5.2. Virkninger av vannkraftutbygging på fiskemiljøet - hovedresultater	46
5.2.1. Regulerte innsjøer	46
5.2.2. Regulerte elver	50
5.3. Virkninger av vannkraftutbygging på utøvelse av fiske - hovedresultater	53
5.3.1. Endring i atkomstmulighetene	53
5.3.2. Endring i mulighet for utøvelse av fiske	55
5.3.3. Endringer i omfanget av fiske	59
5.4. Fiskemiljø og utøvelse av fiske i uregulerte innsjøer	61
5.5. Eksempel på en metode for å analysere sammenhenger mellom reguleringsinngrep og virkninger på fisk	64
5.5.1. Generell beskrivelse av regresjonsanalysen	64
5.5.2. Regulerte innsjøer	65
5.5.3. Regulerte elver	70

	Side
6. Forsurning - vannkraftutbygging	73
6.1. Virkning av forsurening i akvatiske økosystem	73
6.2. Forsurning av regulerte og uregulerte vann	76
6.3. Nedstrømseffekter	76
7. Tiltak for å motvirke skader	77
7.1. Omfanget av tiltak	77
7.1.1. Utsetting av fisk	78
7.1.2. Pålagt minstevannføring	83
7.1.3. Bygging av terskler	85
7.1.4. Vannverk, kloakkrensaneanlegg og vanningsanlegg for jordbruket	87
7.2. Vurdering av tiltak	89
8. Undersøkelser	90
8.1. Undersøkelser i reguleringsmagasiner	90
8.2. Undersøkelser i regulerte elver	92
Litteratur	94
Vedlegg	
1. Definisjoner	95
2. Prøveundersøkelsen i 1978	97
3. Magasinskjema	99
4. Elveskjema	103
5. Fiskeskjema	107
6. Tilleggsundersøkelsen	111
7. Hypotesetest av etterkontroll	119
8. Arealopplysninger	121
9. Regresjonsanalysen	123
Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå (RAPP)	126

Standardtegn i tabeller

- . Tall kan ikke forekomme
- .. Oppgave mangler
- Null
- 0 Mindre enn 0,5 av den brukte enheten
- * Foreløpige tall

FIGURREGISTER

	Side
2.1. Reguleringsinngrep - endring av miljøtilstand. Skjematisk framstilling	19
2.2. Regional fordeling av områder med skader på fiskebestandene på grunn av forsurening	23
4.1. Skjematisk framstilling av vannføring før og etter regulering i elv nedenfor kraftverk	28
4.2. Antall reguleringsmagasiner, etter region og magasin størrelse	30
4.3. Regulert og uregulert ferskvannsareal, etter region. Km ²	32
4.4. Utbygd og ikke utbygd vannkraftreserver, etter region. TWh pr. 1.1.1981	32
4.5. Reguleringsmagasiner etter magasinareal og reguleringshøyde. Prosent av antall magasiner ...	34
4.6. Magasinareal pr. TWh midlere produksjonsevne, 1.1.1981	36
4.7. Antall neddemte bygninger i gjennomsnitt pr. reguleringsmagasin, etter region	38
4.8. Antall neddemte bygninger i gjennomsnitt pr. reguleringsmagasin, etter utbyggingsperiode	38
4.9. Kilometer regulert elvestrekning, etter region og årlig middelvannføring før regulering	40
5.1. Regulerte innsjøer, etter endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde for aure, røye og abbor. Prosent av antall magasiner	47
5.2. Regulerte elver, etter endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde for aure, harr og sik. Prosent av antall elvestrekninger	51
5.3. Reguleringsmagasin, etter endring i mulighet for utøvelse av fiske og etter reguleringshøyde. Prosent	58
5.4. Regulerte elver, etter endring i mulighet for utøvelse av fiske og etter endring i årlig middelvannføring. Prosent	58
5.5. Reguleringsmagasiner, etter endring i omfang av fiske, og etter reguleringshøyde. Prosent av antall magasiner	60
5.6. Regulerte elver, etter endring i omfang av fiske, og etter endring i årlig middelvannføring. Prosent av antall elvestrekninger	61
5.7. Regulerte og ikke-regulerte innsjøer, etter oppgitte endringer i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde. Hele landet unntatt forsureningsområdet på Sørlandet. Aure og røye. Prosent	62
6.1. Reguleringsmagasin, etter endring i bestand, fiskestørrelse og fangstmengde for aure. Forsureningsområder og resten av landet. Prosent av antall magasiner	74
6.2. Regulerte elver, etter endring i bestand, fiskestørrelse og fangstmengde for aure. Forsureningsområder og resten av landet. Prosent av antall elvestrekninger	75
7.1. Reguleringsmagasin, etter ulike gjennomførte tiltak	77
7.2. Regulerte elver, etter ulike gjennomførte tiltak. Km elvestrekning	78
7.3. Reguleringsmagasin med utsetting av fisk, etter utbyggingsår. Prosent av antall magasiner med og uten utsetting	79
7.4. Reguleringsmagasin med utsetting av fisk, etter region. Prosent av antall magasiner med og uten utsetting	79
7.5. Reguleringsmagasin med utsetting av fisk, etter reguleringshøyde. Prosent av antall magasiner med og uten utsetting	80
7.6. Regulerte innsjøer med utsetting av fisk, etter høyde over havet. Prosent av antall magasiner med og uten utsetting	80
7.7. Regulerte elver med utsetting av fisk, etter region. Prosent av kilometer elvestrekning med og uten utsetting	82
7.8. Regulerte elver med utsetting av fisk, etter utbyggingsår. Prosent av kilometer elvestrekning med og uten utsetting	82
7.9. Regulerte elver med utsetting av fisk, etter endring i årlig middelvannføring. Prosent av kilometer elvestrekning med og uten utsetting	83
7.10. Regulerte elvestrekninger med pålagt minstevannføring, etter påbudets varighet. Km elvelengde	84
7.11. Regulert elvestrekning med pålagt minstevannføring i juli. Kilometer elvestrekning	84
7.12. Terskler i regulerte elver, etter endring i årlig middelvannføring. Antall terskler pr. 100 km regulert elvelengde	86
7.13. Terskler i regulerte elver, etter årlig middelvannføring i m ³ /s. Antall terskler pr. 100 km regulerte elvestrekninger	87

	Side
8.1. Reguleringsmagasiner, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med regulering og etter utbyggingsperiode. Prosent av antall magasiner	91
8.2. Reguleringsmagasiner, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med regulering og etter høyde over havet. Prosent av antall magasiner	91
8.3. Reguleringsmagasiner, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med regulering og etter reguleringshøyde. Prosent av antall magasiner	92
8.4. Regulerte elver, etter undersøkelse foretatt i forbindelse med regulering og etter utbyggingsperiode. Prosent av km elvelengde	93
8.5. Regulerte elver, etter undersøkelse foretatt i forbindelse med regulering og etter endring i årlig middelvannføring. Prosent av km elvelengde	93

TABELLREGISTER

	Side
1.1. Reguleringsmagasiner etter reguleringshøyde og utbyggingsperiode, pr. 1. januar 1981	12
1.2. Magasinareal ved høyeste regulerte vannstand, neddemt areal og neddemt areal pr. TWh midlere produksjonsevne, etter region. Pr. 1. januar 1981	13
1.3. Neddemte bygninger etter region, pr. 1. januar 1981	13
1.4. Regulerte elvestrekninger, etter endring i middelvannføring i juli og januar. 1. januar 1981	14
1.5. Regulerte innsjøer og elver, etter endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde. Aure	14
1.6. Ikke regulerte innsjøer, etter endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde. Aure	15
1.7. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i atkomstmulighet og mulighet for utøvelse av fiske	16
1.8. Regulerte innsjøer og elvestrekninger med tiltak, etter hvordan de har fungert	17
1.9. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter type naturvitenskapelige undersøkelser	18
3.1. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter oppgitt endring i bestandsstørrelse av aure fra to ulike kilder. Antall innsjøer og elvestrekninger	26
3.2. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter oppgitt endring i fiskestørrelse av aure fra to ulike kilder. Antall innsjøer og elvestrekninger	27
3.3. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter oppgitt endring i fangstmengde av aure fra to ulike kilder. Antall innsjøer og elvestrekninger	27
4.1. Reguleringsmagasiner, etter region, utbyggingsperiode og høyde over havet	31
4.2. Arealet av regulerte og uregulerte innsjøer over 10 km ²	31
4.3. Reguleringsmagasiner, etter reguleringshøyde, region, utbyggingsperiode og høyde over havet	33
4.4. Magasinareal, etter reguleringshøyde, region, utbyggingsperiode og høyde over havet	33
4.5. Magasinvolum, etter reguleringshøyde, region, utbyggingsperiode og høyde over havet	34
4.6. Reguleringsmagasiner, areal ved høyeste regulerte vannstand, naturlig vannstand og laveste regulerte vannstand, etter region, utbyggingsperiode, høyde over havet og reguleringshøyde	35
4.7. Neddemte bygninger etter region og utbyggingsperiode	37
4.8. Regulerte elvestrekninger, etter region, utbyggingsperiode og høyde over havet. Kilometer	39
4.9. Regulerte elvestrekninger, etter endring i middelvannføring på årsbasis, i juli og i januar. Kilometer	41
4.10. Regulerte elvestrekninger, etter endring i årlig middelvannføring, region, utbyggingsperiode og årlig middelvannføring før utbygging (m ³ /s)	42
4.11. Regulerte elvestrekninger, etter endring i julimiddelvannføring, region, utbyggingsperiode og årlig middelvannføring før regulering (m ³ /s)	43
4.12. Regulerte elvestrekninger, etter endring i januarmiddelvannføring, region, utbyggingsperiode og årlig middelvannføring før utbygging (m ³ /s)	43
5.1. Regulerte innsjøer, etter endring i bestandsstørrelse og etter fiskeart	48
5.2. Regulerte innsjøer, etter endring i fiskestørrelse og etter fiskeart	49
5.3. Regulerte innsjøer, etter endring i fangstmengde og etter fiskeart	49
5.4. Antall reguleringsmagasiner der ny art er etablert, etter årsak	50
5.5. Regulerte elvestrekninger, etter endring i bestandsstørrelse og fiskeart	52
5.6. Regulerte elvestrekninger, etter endring i fiskestørrelse og fiskeart	52
5.7. Regulerte elvestrekninger, etter endring i fangstmengde og fiskeart	52
5.8. Antall regulerte elvestrekninger der ny art er etablert, etter årsak	53
5.9. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i atkomstmuligheter og region	53
5.10. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i atkomstmuligheter og utbyggingsperiode	54
5.11. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i atkomstmuligheter og høyde over havet	55

	Side
5.12. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i mulighet for utøvelse av fiske og etter region	56
5.13. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter årsak til dårligere mulighet for utøvelse av fiske og etter region	56
5.14. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i mulighet for utøvelse av fiske og utbyggingsperiode	57
5.15. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i omfang av fiske og etter region ..	59
5.16. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i omfang av fiske og etter region	60
5.17. Regulerte og ikke-regulerte innsjøer, etter endring i atkomstmuligheter	63
5.18. Regulerte og ikke-regulerte innsjøer, etter endring i muligheter for utøvelse av fiske ..	63
5.19. Reguleringsmagasiner. Aure. Resultater fra en analyse av sammenhenger	66
5.20. Reguleringsmagasiner, etter endring i fiskestørrelse og reguleringshøyde. Aure	67
5.21. Reguleringsmagasiner, etter endring i fiskestørrelse og region. Aure	67
5.22. Reguleringsmagasiner, etter endring i bestandsstørrelse og utbyggingsår. Aure	68
5.23. Reguleringsmagasiner, etter endring i fangstmengde og type fiskemiljø. Aure	69
5.24. Reguleringsmagasiner, etter endring i fangstmengde og omfang av fiske. Aure	69
5.25. Regulerte elvestrekninger. Resultater fra en analyse av sammenhenger. Aure	71
5.26. Regulerte elvestrekninger, etter endring i fiskestørrelse og endring i julimiddel-vannføring. Aure	72
5.27. Regulerte elvestrekninger, etter endring i fangstmengde og omfang av fiske. Aure	72
6.1. Gjennomsnittlig pH-verdi i regulerte og uregulerte vann, fordelt på innsjøareal	76
7.1. Klekkeri-kapasitet, etter region og år. Liter rogn	81
7.2. Terskler i regulerte elvestrekninger, etter utbyggingsperiode og region	85
7.3. Regulerte elvestrekninger. Elvestrekninger med og uten vannverk, kloakkrenseanlegg og vanningsanlegg for jordbruket, etter region	88
7.4. Regulerte elvestrekninger. Elvestrekninger med og uten vannverk, kloakkrenseanlegg og vanningsanlegg for jordbruket, etter utbyggingsperiode	88
7.5. Regulerte innsjøer og elvestrekninger med tiltak, etter hvordan de har fungert	89
7.6. Reguleringsmagasiner med utsetting av fisk, etter hvordan tiltaket har fungert. Region, utbyggingsperiode og høyde over havet	90
8.1. Reguleringsmagasiner, etter undersøkelser i forbindelse med reguleringer og etter region	91
8.2. Regulerte elvestrekninger, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med regulering, etter region	92

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn

Statistisk Sentralbyrå har utviklet ressursregnskap for de viktigste naturressursene våre. Regnskap for energi, mineraler, skog, fisk og areal er bl.a. presentert i en statistisk analyse om ressursregnskap (SA nr.46).

I arbeidet med ressursregnskap har planen hele tiden vært at de enkelte regnskap også skulle gi oversikt over miljøvirkninger som knytter seg til bruken av naturressursene. Prosjektet "Miljøvirkninger av vannkraftutbygging" gir data som representerer et skritt i den retning.

Miljøvirkninger av vannkraftutbygging er knyttet til tekniske inngrep i vassdraget:

- Reguleringsmagasiner: reguleringshøyde, neddemt areal, neddemte bygninger mv.
- Regulerte elver: reduksjon eller økning i årlig, januar og juli vannføring.

De viktigste virkninger på miljøet av slike tekniske inngrep er:

- Konsekvenser for fisk og fiske i berørte elver og vann.
- Konsekvenser for dyre- og plantliv forøvrig, herunder konsekvenser for primærnæringene.
- Andre miljøvirkninger: klimatiske endringer, endringer i resipientsituasjonen, virkninger for turisme og rekreasjon, neddemning av kulturminner, endringer i økologiske forhold i havet mv.

Reguleringsinngrep og virkninger på miljøet er i liten grad systematisk kartlagt. I forbindelse med konsesjonsbehandlingen av vassdrag er det riktignok foretatt et betydelig antall detaljerte undersøkelser der en har kartlagt virkninger på naturmiljøet og det menneskelige miljøet. Slike undersøkelser foreligger likevel bare i et fåtall av de berørte vassdragene.

I prosjektet "Miljøvirkninger av vannkraftutbygging" har vi valgt å basere oss på data og kunnskap som allerede finnes hos vassdragsregulatorene og de lokale fiskemyndighetene. Ved en slik intervjuundersøkelse har det derfor vært mulig å samle inn opplysninger om alle regulerte elver og innsjøer, nye og gamle.

Det ble satt i gang et prøveprosjekt for å avklare om metoder basert på spørreskjema var egnet til formålet. Gjennomføringen av prøveundersøkelsen og erfaringene fra denne er nærmere omtalt i vedlegg 2.

På bakgrunn av prøveundersøkelsene ble det videre arbeidet konsentrert om følgende:

- Etablering av et registersystem for vassdrag
- Innsamling av data om tekniske inngrep ved hjelp av spørreskjemaer til regulatorene
- Innsamling av data om fisk og fiske i regulerte vassdrag fra kommunale fiskeremnd og lokale jeger- og fiskerforeninger.
- Gjennomgåelse av data fra forsyningsområdet i et forsøk på å skille sur nedbør fra reguleringsinngrep som årsak til eventuelle miljøvirkninger.

Opprinnelig omfattet prosjektet også spørreundersøkelser om veier og stein-tipper og virkninger på vilt og jakt. Blant annet som en følge av vansker med å tilordne innsamlede data til vassdragsregisteret, vil det ikke bli presentert resultater fra denne delen av undersøkelsen. Svarene på disse spørsmålene var også jamt over dårligere enn svarene om andre tekniske inngrep og virkninger på fisk.

Det ble sendt ut to spørreskjema om virkninger på fisk og fiske for hver elvestrekning og for hvert magasin, ett til den aktuelle innlandsfiskeremnd og ett til den lokale jeger- og fiskerforening. Dermed skulle det være mulig å vurdere kvaliteten på svarene og eventuelt foreta nærmere undersøkelser der det var store avvik mellom skjemaene. En ytterligere kontroll av kvaliteten fikk en ved at det ble trukket et utvalg på 150 skjemaer for etterkontroll ved Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, se avsnitt 3.3.

De fleste vassdrag vil over tid gjennomgå forandringer som har betydning for fisk og fiske. Dels har dette "naturlige" årsaker, dels kan det være et resultat av menneskelig virksomhet. Spesielt utsatt er vassdragene i de sørligste delene av landet pga den tiltakende forsurening. Av den grunn har en valgt å holde disse områdene utenfor hovedanalysen. Men også fiskemiljøet i de øvrige vassdragene kan påvirkes av lokale forurensninger eller endret fiskeinnsats. For å avklare om disse faktorene kan ha noen betydning i forhold til vannkraftutbygging ble det gjennomført en tilleggsundersøkelse som omfattet 100 uregulerte innsjøer fordelt på alle landsdeler, se avsnitt 2.3 og 5.4.

Tidlig i prosjektperioden ble det oppnevnt et rådgivende utvalg sammensatt fra ulike fagmiljøer med tilknytning til vassdragsreguleringer. Utvalget har ved diskusjon og gjennomgang av resultater fra undersøkelsen, gitt konstruktive korrektiver til våre egne vurderinger.

1.2. Sammendrag

Rapporten dekker følgende hovedområder:

- Reguleringsinngrep i innsjøer og elver
- Virkninger på fisk og fiske
- Tiltak for å motvirke skader
- Undersøkelser i regulerte vassdrag.

I de følgende avsnitt er det gitt et resymé av resultatene. Definisjoner av kjennemerker finnes i vedlegg 1.

Reguleringsinngrep i innsjøer og elver

I Norge var det pr. 1. januar 1981 795 reguleringsmagasiner¹. For disse magasinene er det bl.a. samlet inn opplysninger om magasinareal, reguleringshøyde, magasinivolum, neddemt areal og neddemte bygninger. Opplysningene er innhentet fra de enkelte vassdragsregulanter og fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetstvesen.

Om lag 5 000 km² av Norges innsjøareal er regulert (areal regnet ved HRV). Dette tilsvarer 39 prosent av det totale ferskvannsarealet. Regulerte innsjøer er imidlertid i gjennomsnitt større enn uregulerte innsjøer. Beregninger viser at om lag 70 prosent av arealet av alle innsjøer over 10 km² er regulert. En finner som ventet de største reguleringsmagasinene på Østlandet, mens Hordaland og Sogn og Fjordane har en stor andel små reguleringsmagasiner.

Hordaland og Sogn og Fjordane har imidlertid den største andelen store reguleringshøyder, det vil si reguleringshøyder over 40 meter.

Den tekniske utviklingen har gjort det mulig å bygge stadig høyere magasindammer. Det er derfor ikke uventet at reguleringshøyden har økt over tiden, se tabell 1.1.

Tabell 1.1. Reguleringsmagasiner etter reguleringshøyde og utbyggingsperiode, pr. 1. januar 1981

Utbyggings- periode	Antall magasiner	Reguleringshøyde, meter						
		I alt	0-4	5-9	10-19	20-39	40 og mer	Ufor- delt
					Prosent			
Hele landet	795	100	21,1	19,5	22,5	20,6	6,5	9,7
Før 1940	99	100	35,4	35,4	16,2	8,1	2,0	3,0
1940 - 1959	156	100	22,4	26,3	28,8	20,5	0,6	1,3
1960 - 1969	197	100	16,8	21,8	31,5	22,8	6,1	1,0
1970 - 1974	86	100	14,0	8,1	19,8	46,5	10,5	1,2
1975 - 1980	68	100	13,2	8,8	23,5	25,0	29,4	-
Ufordelt	189	100	23,3	12,2	12,2	11,6	4,2	36,5

¹ Dette tallet avviker noe fra det Vassdragsdirektoratet oppgir. Avviket skyldes bl.a. at Byrådet har splittet opp magasiner som før regulering bestod av flere innsjøer.

Differansen mellom arealet ved høyeste vannstand og arealet ved naturlig vannstand før utbygging er lik det neddemte arealet. Pr. 1. januar 1981 var dette 1 070 km², som tilsvarer 12 km² pr. TWh midlere produksjonsevne landet sett under ett. Denne størrelsen varierer mellom de ulike regioner, slik tabell 1.2 viser.

Tabell 1.2. Magasinareal ved høyeste regulerte vannstand (HRV), neddemt areal (HRV - normal vannstand) og neddemt areal pr. TWh midlere produksjonsevne, etter region. Pr. 1. januar 1981

	Antall magasiner	Areal ved HRV	Neddemt areal	Neddemt areal pr. TWh
		km ²		km ² /TWh
Hele landet	795	5 002	1 069	11,9
Øst-Norge	137	1 722	196	10,2
Sørlandet	185	1 068	332	12,1
Hordaland, Sogn og Fjordane	210	399	90	4,7
Midt-Norge	119	813	200	20,0
Nord-Norge	144	1 000	252	18,5

¹ Definisjon se vedlegg 1.

I undersøkelsen er det registrert 1 069 bygninger som er revet eller flyttet pga. neddemning, se tabell 1.3. Om lag 90 prosent av bygningene var i bruk før reguleringen. Hytter, driftsbygninger, seterhus o.l. utgjør 85 prosent av alle neddemte bygninger. Det er neddemt flest bygninger i Øst-Norge både absolutt og sett i forhold til antall reguleringsmagasiner.

Tabell 1.3. Neddemte bygninger etter region, pr. 1. januar 1981

Region ¹	I alt	Boliger	Hytter	Driftsbygninger o.l.
Hele landet	1 069	157	404	508
Øst-Norge	382	18	135	229
Sørlandet	230	45	58	127
Hordaland, Sogn og Fjordane	112	2	65	45
Midt-Norge	95	19	44	32
Nord-Norge	250	73	102	75

¹ Definisjon se vedlegg 1.

Ved regulering av elver endres vannføringen enten permanent eller sesongvis. I denne undersøkelsen har en valgt å beskrive disse endringene i årlig-, januar- og julimiddelvannføring. Tabell 1.4 viser endringen i julimiddelvannføring fordelt etter endringen i januarmiddelvannføring. I en elvestrekning tilsvarende 3 000 km av i alt 8 700 km registrerte, er vannføringen redusert både i januar og i juli. Dette dreier seg om elvestrekninger som ligger mellom magasin og kraftverk eller elvestrekninger som er tørrlagt eller nesten tørrlagt store deler av året pga. overføringer til andre vassdrag. Omlag 1 400 km av elvestrekningen har fått økt januarvannføring og redusert julivannføring. Det gjelder hovedsakelig elvestrekninger beliggende nedenfor kraftverk. De elvestrekninger som har fått økt julivannføring har med få unntak samtidig fått økt januarvannføring. Dette må skyldes at disse elvestrekningene har fått økt vannføring ved overføring fra andre vassdrag både vinter og sommerstid.

Tabell 1.4. Regulerte elvestrekninger, etter endring i middelvannføring i juli og januar. Km elvelengde. 1. januar 1981

Januarmiddelvannføring etter regulering	I alt	Julimiddelvannføring etter regulering			
		Redusert	Uendret	Økt	Ufordelt
I alt	8 703	4 534	833	158	3 180
Redusert	3 142	2 956	111	8	65
Uendret	666	148	456	10	53
Økt	1 977	1 403	255	134	185
Ufordelt	2 919	26	11	6	2 876

Virksomheter på fiskefaunaen

I dette avsnittet belyses noen av de virkninger som vannkraftutbygginger kan ha hatt på fiskebestanden, fiskestørrelsen og fangstmengden i reguleringsmagasiner og regulerte elvestrekninger. Materialet beskriver ikke enkeltvassdrag, men summerer opp virkninger av alle vannkraftutbygginger slik disse beskrives av innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskeforeningene. Resultatene kan derfor ikke oppfattes som den "sanne" biologiske effekten, men gjelder lokale kjentfolks vurdering av virkningene av vannkraftutbygging.

Tabell 1.5 viser vurderingene av virkningene på aure i regulerte innsjøer og elver. Resultatene gjelder hele landet unntatt forsyningsområdene i Telemark, Agder og Rogaland.

Tabell 1.5. Regulerte innsjøer og elver, etter endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde. Aure¹

	Antall magasiner/ antall elvestrekninger	I alt	Større	Like stor	Mindre	Fisken er forsvunnet	Vet ikke
MAGASIN							
Hvordan er bestanden nå i forhold til før regulering? ..	433	100	9,5	18,7	58,2	3,7	9,9
Hvordan er fiskestørrelsen nå i forhold til før regulering?	433	100	10,2	21,2	50,3	3,7	14,5
Hvordan er fangstmengden nå i forhold til før regulering? ..	433	100	7,4	14,1	61,4	3,7	13,4
ELVESTREKNING							
Hvordan er bestanden nå i forhold til før regulering? ..	625	100	5,1	19,7	52,3	13,1	9,8
Hvordan er fiskestørrelsen nå i forhold til før regulering?	625	100	4,5	25,0	40,5	13,1	16,8
Hvordan er fangstmengden nå i forhold til før regulering?	625	100	4,5	16,0	53,0	13,1	13,4

¹ Hele landet unntatt forsyningsområder i Telemark, Agder og Rogaland.

I mer enn 60 prosent av reguleringsmagasinene er aurebestanden redusert etter regulering. Fangstmengden er redusert i 65 prosent av magasinene, mens fiskestørrelsen er redusert i nær 55 prosent av magasinene. Resultatene indikerer at aure i de aller fleste reguleringsmagasiner både har fått en reduksjon i rekruttering og i næringsgrunnlag. Reduksjon i rekruttering kan først og fremst skyldes at gyteelvene blir avstengt og/eller negativt påvirket som følge av redusert vannføring. Næringstilgangen kan være redusert fordi auren har sitt viktigste leveområde i strandsonen der utvaskingen virker sterkest.

Det er videre oppgitt at røyebestanden har økt i mange reguleringsmagasiner. Dette må bl.a. sees i sammenheng med nedgangen i aurebestanden og at røya i mange reguleringsmagasiner har fått utvidet sitt gyteareal av steinete gruntområder. Røyas størrelse har imidlertid gått ned i de fleste magasiner. Dette skyldes ikke nødvendigvis at næringstilgangen er blitt redusert, men snarere at rekrutteringen er for stor i forhold til næringsgrunnlaget.

Flertallet av antall regulerte elvestrekninger har fått redusert bestand, fiskestørrelse og fangst av aure, se tabell 1.5. Ved redusert vannføring blir både aurens næringsgrunnlag og rekrutteringsmuligheter redusert. Dette gjelder også for harr og røye der disse finnes i regulerte elver. De typiske østfiskene (innvandret fra øst) som sik, lake, abbor og gjedde har virkningene av regulering vært små.

Både regulerte og uregulerte vassdrag vil over tid gjennomgå forandringer som har betydning for fiskebestanden. Disse forandringene kan skyldes både naturlige endringer og menneskelige virksomheter. For å avklare om de uregulerte vassdragene hadde gjennomgått samme utvikling m.h.t. fisk og fiske som de regulerte, ble et tilfeldig utvalg av uregulerte innsjøer undersøkt (En valgte å holde uregulerte elvestrekninger utenfor i denne tilleggsundersøkelsen).

I tabell 1.6 viser vi hovedresultatene fra denne undersøkelsen, der innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene har sammenliknet den nåværende bestand, fiskestørrelse og fangstmengde av aure med tilsvarende forhold for om lag 20 år siden. Forsurningsområdet i Telemark, Agder og Rogaland er holdt utenfor. Mens flertallet av de regulerte innsjøene har redusert bestand, fiskestørrelse og fangst av aure, har de uregulerte stort sett opprettholdt status quo over en 20 års periode, alle innsjøene sett under ett.

Tabell 1.6. Ikke regulerte innsjøer, etter endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde. Aure¹

	Antall innsjøer	I alt	Prosent			Fisken er forsvunnet	Vet ikke
			Større	Like stor	Mindre		
INNSJØER							
Hvordan er bestanden nå i forhold til for om lag 20 år siden?	50	100	20	38	40	-	2
Hvordan er fiskestørrelsen nå i forhold til for om lag 20 år siden?	50	100	24	28	40	-	-
Hvordan er fangstmengden nå i forhold til for om lag 20 år siden?	50	100	26	44	30	-	-

¹ Hele landet unntatt forsyningsområdet i Telemark, Agder og Rogaland.

Virknings på utøvelse av fiske

På grunn av vegbygging blir ofte atkomstmulighetene til regulerte elver og innsjøer forbedret. Ser en bort fra endret atkomst til vassdraget blir derimot mulighetene for fiske ofte redusert både i regulerte elver og innsjøer. Dette skyldes blant annet økte mengder kvister og røtter, vansker med båthold, gode fiskeplasser forsvinner og vansker med isfisket.

I følge opplysninger innhentet fra Innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene har om lag 50 prosent av reguleringsmagasinene og i underkant av 40 prosent av antall regulerte elvestrekninger bedre atkomst etter regulering enn før regulering, se tabell 1.7. Relativt sett er forbedringen av atkomst størst der veinettet fra før er lite utbygd, det vil si i Nord-Norge og i høyfjellet.

Tabell 1.7. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i atkomstmulighet og mulighet for utøvelse av fiske

	Antall magasin/ antall elvestrekninger	I alt	Bedre	Som før	Dårligere	Vet ikke
Prosent						
MAGASIN						
Atkomstmulighet	476	100	51,0	42,4	1,5	5,0
Muligheter for utøvelse av fiske	475	100	9,5	32,8	47,2	10,5
ELVESTREKNING						
Atkomstmulighet	659	100	37,6	52,2	2,3	7,9
Muligheter for utøvelse av fiske	655	100	4,7	41,4	42,9	11,0

¹ Tabellen er basert på observasjoner fra hele landet unntatt forsyningsområdet på Sørlandet.

Mulighetene for utøvelse av fiske har derimot blitt dårligere i 40-50 prosent av de regulerte innsjøene og elvene. Analysen har videre vist at muligheten for fisket blir klart forverret ved stigende reguleringshøyde. På samme måte ble fiskemulighetene mest redusert i elver med stor reduksjon i middelvannføring.

Eksempel på analyse av sammenhenger mellom reguleringsinngrep og virkninger på fisk

Det har vært en målsetting i prosjektet å klarlegge enkelte sammenhenger mellom reguleringsinngrep og virkninger på fiskemiljøet. En slik analyse vil være heftet med en del usikkerhet. For det første er de variablene som beskriver virkningene basert på subjektive vurderinger fra lokalt hold. Dertil kommer at vi ikke har hatt mulighet til å undersøke alle mulige "årsaks-variable". Endelig bør det nevnes at påvisning av en sammenheng ikke nødvendigvis er det samme som påvisning av et årsak/virkningforhold.

Sammenhengene er forsøkt belyst med hjelp av en regresjonanalyse, hvor de oppgitte virkningene på aurebestanden er uttrykt som en funksjon av en rekke variable som beskriver reguleringsinngrepene. Forsyningsområdene på Sørlandet er holdt utenfor. En vil her kort gå gjennom noen av resultatene.

Analysen viser at utbyggingsår har betydning for endringer i aurens bestandstørrelse og fangstmengde i reguleringsmagasin. Bestanden og fangsten er redusert mindre i utbygginger avsluttet i perioden 1970 - 1974 enn tidligere. Dette kan indikere at demningseffekten varer så lenge som 5-10 år for mange reguleringsmagasiner (Begrepet demningseffekt er nærmere forklart i avsnitt 5.1.1.).

Analysen viser videre at den negative effekten på fiskestørrelsen i reguleringsmagasin ser ut til å forsterkes jo lengre nord i landet reguleringen er foretatt.

Det har ikke vært mulig å påvise noen signifikant lineær samvariasjon mellom reguleringshøyde og endring i størrelse. Fiskestørrelsen blir oftest redusert ved mellomstore reguleringshøyder (10 til 20 meter). Ved store reguleringshøyder (over 20 meter) er imidlertid den negative effekten på fiskestørrelsen mindre. Dette kan skyldes at magasiner med store reguleringshøyder vil ha større demningseffekt enn andre.

På tilsvarende måte som for reguleringsmagasiner er det for regulerte elvestrekninger undersøkt sammenhenger mellom virkningene på aurebestanden og endringene i juli-, januar- og årsmiddelvannføring. Som ventet gav julivannføringen størst utslag. Både bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde ser ut til å reduseres mest i elvestrekninger med sterk reduksjon i juli-vannføringen.

Det viser seg videre at den negative effekten på fiskestørrelsen i regulerte elvestrekninger ser ut til å forsterkes jo høyere til fjells reguleringen er foretatt.

Det har hatt stor betydning for endring i aurebestanden både i regulerte elver og innsjøer, i hvilken grad omfanget av fisket er endret. Både bestandsstørrelse og fiskestørrelse er redusert mest der omfanget av fisket er mindre etter regulering enn før regulering. Det er imidlertid umulig å si om endringen i omfanget av fisket er en årsak til eller virkning av endret bestandsstørrelse og fiskestørrelse.

Tiltak for å motvirke skader

Utsetting av fisk er det mest vanlige tiltaket for å motvirke skader på fiskefaunaen både i regulerte elver og innsjøer. De innsamlede opplysningene fra vassdragsregulantene viser at det pr. 1. januar 1981 var satt ut fisk i om lag 250 reguleringsmagasiner og i elvestrekninger med en samlet lengde på 1 100 km i hele landet medregnet forsyningsområdene. Det hefter en del usikkerhet ved disse tallene. De gir likevel en illustrasjon på nivået av slike tiltak.

I regulerte elvestrekninger er det i tillegg til fiskeutsetting, vanlig med terskelbygging og påbud om minstevannføring.

De kommunale innlandsfiskenemndene og jeger- og fiskerforeningene har vurdert kvaliteten på de tiltak som er gjennomført. I forhold til de forventninger de hadde på forhånd, ser det ut som om de lokale fiskemyndighetene jamt over har vært godt fornøyd med de tiltak som er gjennomført, se tabell 1.8.

Tabell 1.8. Regulerte innsjøer og elvestrekninger med tiltak, etter hvordan de har fungert

	Antall magasin og elvestrekninger	I alt	Har iverksatte tiltak fungert tilfredsstillende?			
			Ja	Delvis	Nei	Vet ikke
Prosent						
MAGASIN						
Utsetting av fisk	205	100	29,3	32,2	24,9	13,7
Nye fiskeregl er innført ..	44	100	38,6	15,9	22,7	22,7
ELV						
Utsetting av fisk	154	100	35,1	25,3	30,5	9,1
Bygging av terskler	74	100	33,8	18,9	33,8	13,5
Bygging av fisketrapper	35	100	17,1	22,9	34,8	25,7
Påbudt minste vannføring	69	100	37,7	17,4	23,2	21,7
Nye fiskeregl er innført ..	38	100	47,4	-	42,1	10,5

Naturvitenskapelige undersøkelser

Det er samlet inn opplysninger om undersøkelser foretatt i forbindelse med vannkraftutbygging fra vassdragsregulantene. En sammenstilling av disse viser at i 43 prosent av både antall reguleringsmagasiner og i 37 prosent av antall kilometer regulerte elvestrekninger, er det foretatt naturvitenskapelige undersøkelser, se tabell 1.9. Det antas at regulantene ikke har hatt oversikt over alle undersøkelser som er foretatt. Ovennevnte tall er derfor trolig noe for lave.

Tabell 1.9. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter type naturvitenskapelige undersøkelser

	I alt	Med bare fiskebiologisk undersøkelse	Med både fiskebiologiske og andre undersøkelser	Med bare andre undersøkelser	Uoppgitt
Antall reguleringsmagasin ...	795	198	123	20	454
Km regulerte elvestrekninger	8 703	1 570	1 235	426	5 472

Regulativt sett, er det foretatt færrest undersøkelser i Vest-Norge både i regulerte elver og innsjøer. Det viser seg videre at andelen undersøkte reguleringsmagasiner øker med økende reguleringshøyde. I regulerte elver er det foretatt flest undersøkelser i de mellomstore elvene, dvs. med middelvannføring før regulering på 50-99 m³/S.

2. METODE

Dette kapitlet gir en kort oversikt over det metodiske opplegget for undersøkelsen: Oppbygging av et vassdragsregister, innsamling av data og reguleringsinngrep og virkninger på fiskefaunaen og muligheten for utøvelse av fiske, tilleggsundersøkelse i uregulerte innsjøer og behandling av sur nedbørsvirkninger.

2.1. Vassdragsregister

For å kunne bruke statistiske metoder i innsamling og bearbeiding av data om miljøvirkningene, og for å kunne ordne slike data på en oversiktlig måte, må en ha et register over alle elver og innsjøer i landet. Elvene og innsjøene, med tilhørende nedbørsfelt, må være inndelt i mest mulig homogene (ensartede) deler. Disse delene kan så brukes som statistiske enheter, dvs. enheter som data om fysiske inngrep, miljøvirkninger osv. kan knyttes til.

Dette prosjektet er basert på et foreløpig register for utbygde vassdrag. Ansvaret for drift og vedlikehold av det endelige vassdragsregisteret er nå tillagt Vassdragsdirektoratet. Vassdragsregisteret er dokumentert mer utførlig i bl.a. Statistisk Analyse nr. 46 (1981).

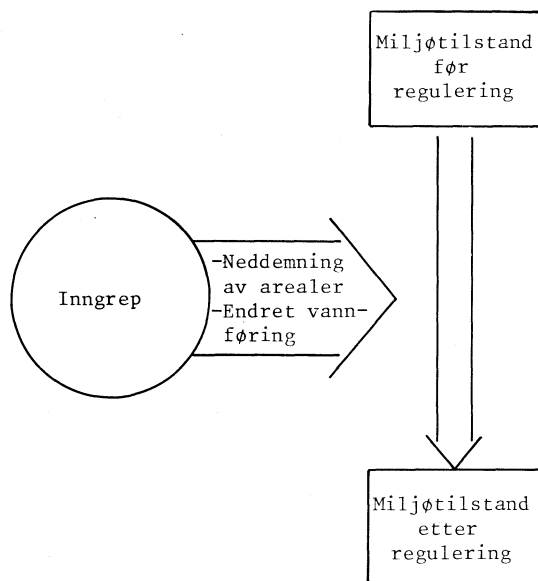
2.2. Hovedundersøkelsen

Vannkraftutbygginger representerer fysiske inngrep i naturmiljøet, først og fremst gjennom endringer av vassdragenes naturlige hydrologiske regime. Slike inngrep medfører virkninger både på det naturlige miljøet og det menneskelige miljøet. Figur 2.1 viser hvordan de tekniske inngrepene endrer forutsetningen for å kunne opprettholde ulike naturlige og kulturbetingete miljøtilstander.

Slike endringer/virkninger på miljøtilstanden kan være:

- * endret fiskebestand, fangstmengde og fiskestørrelse
- * endret mulighet til å utøve fiske
- * estetiske virkninger
- * virkninger på plante- og dyrelivet på landjorda
- * virkninger på landbruket
- * virkninger på muligheten for utøvelse av friluftsliv og turisme
- * endring i områdets verdi til natur og verneformål

Figur 2.1. Reguleringsinngrep - endring av miljøtilstand. Skjematisk framstilling



I dette prosjektet har vi valgt å konsentrere oss om:

- 1) Omfanget av enkelte reguleringsinngrep i innsjøer og elver
- 2) Omfanget av virkninger på fisk og fiske
- 3) Sammenheng mellom enkelte reguleringsinngrep og virkninger på fisk og fiske.

2.2.1. Reguleringsinngrep

Reguleringsinngrepene kan beskrives relativt presist gjennom kvantitative størrelser som f.eks.:

- antall meter reguleringshøyde
- antall km² neddemt areal
- antall neddemte bygninger
- prosentvis endring av vannføring

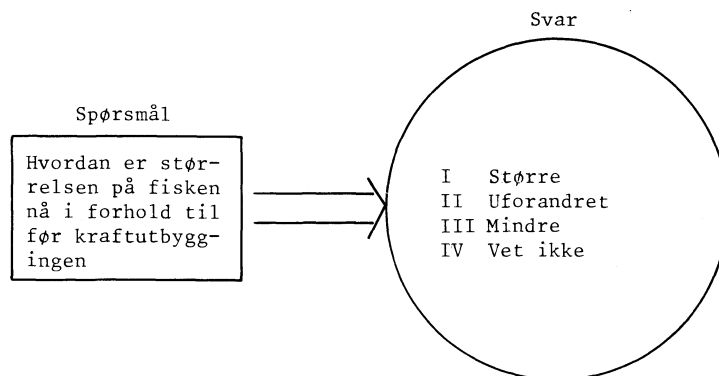
Slike opplysninger er innhentet fra vassdragsregulantene ved hjelp av spørreskjema (se vedlegg 3 og 4). Undersøkelsen omfatter både utbygde vassdrag og vassdrag under utbygging. I denne undersøkelsen presenteres bare resultater fra reguleringer avsluttet før 1. januar 1981.

I de tilfeller det mangler nøkkelopplysninger som reguleringshøyde, magasinivolum og utbyggingsperiode, er det supplert med opplysninger fra Vassdragsdirektoratet. I tillegg er det for noen magasiner foretatt beregninger av magasinareal, se vedlegg 8.

2.2.2. Virkninger på fisk og fiske

Når en skal måle virkningene på biologiske systemer vil en lett måtte bevege seg utenfor grensen for tradisjonell statistikk. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (Reguleringsundersøkelser og Fiskeforskningen), Institutt for naturforvaltning ved NLH, m.fl. har gjennomført flere fiskebiologiske undersøkelser i vassdrag for å påvise effekten av vannkraftutbygging på fiskefaunaen. Ved prøvefisking og eventuelt merking har en kunnet estimere bestandsstørrelse (antall fisk), veksthastighet (kg/år) og alders- og størrelsesfordeling. Ut fra slike kvantitative parametre kan en beregne den totale effekten av vannkraftutbygging. Imidlertid foreligger det slike undersøkelser bare i et fåtall av de berørte vassdragene. I denne undersøkelsen valgte vi å beskrive virkningene gjennom skriftlige intervjuer med lokalkjente personer, representert ved kommunale innlands-fiskenemnder og lokale jeger- og fiskeforeninger (se vedlegg 5).

Innenlandsfiskenemndenes og jeger- og fiskeforeningens beskrivelse av virkninger på fiskefaunaen er først og fremst basert på skjønsmessige vurderinger. I noen tilfeller var imidlertid vurderingen basert på fiskebiologiske undersøkelser. I hovedsak ble virkningene beskrevet ved kategoriske størrelser. Som eksempel kan nevnes:



Usikkerheten ved en slik datainnsamlingsmetode er utvilsomt større enn ved mer objektive undersøkelser i "marka" fordi svarene må baseres mer eller mindre på subjektive vurderinger. Slike vurderinger kan variere avhengig av kunnskapsnivået hos svareren eller svarerens generelle holdninger overfor vannkraftutbygginger. Elementer av nostalgisk fordreining kan forekomme ("alt var så mye bedre før").

Undersøkelsen vil trolig ikke være egnet som grunnlag for å måle de "objektive" virkningene av vannkraftutbygging på fiskebestand, fiskestørrelse og fangstmengde. Derimot vil en klargjøre hvordan virkningene oppfattes av fiskemyndigheter på lokalplanet. Uttalelsene fra disse lokalt fiskesakkyndige vil antakelig være såpass pålitelige at de kan gi grunnlag for en grov beskrivelse av de "objektive" virkningene på fiskemiljøet.

Som en ekstra kontroll på det innsamlede materialet har vi fått Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk's distriktskonsulenter til å gå gjennom et tilfeldig utvalg av svarene fra innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene. Det var godt samsvar mellom vurderingene som forelå fra lokalt hold og DVF's mer "biologisk funderte" vurderinger. I avsnitt 3 kommer vi nærmere inn på usikkerhet og resultater fra etterkontrollen.

2.2.3. Analyse av sammenhenger

Det har vært en målsetting i prosjektet å studere enkelte sammenhenger mellom tekniske inngrep og virkninger på fisk i regulerte innsjøer og elver. I analysen er virkningene begrenset til følgende tre avhengige variable:

- endring i bestandsstørrelse av aure
- endring i fiskestørrelse av aure
- endring i fangstmengde av aure

Aktuelle forklaringsvariable (uavhengige variable) er:

- reguleringshøyde
- dominerende fiskeart
- tidspunkt for siste reguleringsinngrep
- endret vannføring
- høyde over havet
- region
- tiltak for å redusere skadevirkninger

Som analyseverktøy har vi benyttet multipl regressjon. Metoden er nærmere beskrevet i avsnitt

5.5. og vedlegg 9.

En analyse av ovennevnte sammenhenger er heftet med usikkerhet. Dette skyldes bl.a. at:

- Variablene som skal beskrive virkningene på fisk er basert på subjektive vurderinger, slik som nevnt under pkt. 2.2.2.
- Effekten av alle forhold som kan forklare virkningene kan ikke undersøkes pga. manglende data.
- Regresjonsanalysen avslører bare lineære sammenhenger.

En må også være klar over at en påvisning av en sammenheng ikke nødvendigvis er en påvisning av et årsak/virknings-forhold. Bruk av multipl regressjon kan likevel være et nyttig hjelpemiddel i dette tilfellet. Dette skyldes først og fremst at denne teknikken gjør det mulig å studere sammenhenger mellom virkninger på fisk og mange variable på én gang, noe som er vanskelig bare ved hjelp av krysstabeller.

2.3. Tilleggsundersøkelser

De fleste regulerte og uregulerte vassdrag vil over tid gjennomgå forandringer som har betydning for fisk og fiske. Dels kan dette ha naturlige årsaker, dels kan det være resultatet av menneskelige virksomheter slik som forurensing og endret fiskemetode. Forsurningen av vassdragene i Telemark, Agder og Rogaland har spesielt hatt stor betydning for endret fiskemiljø. Av den grunn har vi valgt å holde disse områdene utenfor hovedanalysen. I neste avsnitt (2.4) gjøres det nærmere rede for hvordan disse vassdragene er behandlet i rapporten.

Også i vassdrag utenom forsyningsområdet kan andre faktorer enn regulering påvirke fiskemiljøet. Dette kan være lokale forurensninger eller endrede fangstmetoder. For å finne ut om disse faktorene hadde noen betydning i forhold til generelle reguleringsinngrep ble det gjennomført en tilleggsundersøkelse for uregulerte innsjøer. Det ble utarbeidet et eget spørreskjema for tilleggsundersøkelsen, se vedlegg 6. I spørreskjemaet spurte vi om fiskebestand, fiskestørrelse og fangstmengde nå i forhold til for om lag 20 år siden. Dette tidsrommet ble valgt, fordi en i denne perioden har påvist en overgang fra næringsfiske til sportsfiske, og samtidig en endring i redskapstyper. Særlig kan innføringen av de mer effektive monofilgarn ha påvirket fiskebestandene, og da spesielt forholdet aure/røye.

Undersøkelsen omfattet 100 uregulerte vann, disse ble utvalgt etter "makker-metoden". Det vil si at de utvalgte vannene skal ligge i et område der det er gjennomført vannkraftutbygging og slik at hvert vann svarer til et utvalgt regulert vann.

Utvalget av uregulerte vann svarer til landsfordelingen av regulerte vann med hensyn til areal og høyde over havet. Spørreskjemaene ble sendt til både kommunale innenlandsfiskeremndene og lokale jeger- og fiskerforeninger. I kapittel 5.4. vises noen resultater fra denne undersøkelsen.

2.4. Forsurning

I kraftutbyggingsperioden etter krigen har det vært en sterk forsurning av vassdragene i Sør-Norge. Forsurningen har ført til omfattende skader på fiskebestandene spesielt i de sørligste delene av landet. Figur 2.2. viser at fiskebestander praktisk talt er dødd ut i et 13 000 km² stort område. I tillegg er vann i et ytterligere 20 000 km² stort område sterkt berørt. En er her i ferd med å miste mange fiskepopulasjoner.

Det har vært et ønske i prosjektet å vurdere forholdet mellom virkningene av forsurning og virkningene av vannkraftutbygging i de sterkt berørte fylkene Rogaland, Vest-Agder, Aust-Agder og Telemark (Fig. 2.2). Det er tidligere foretatt omfattende undersøkelser i disse fylkene bl.a. av Sevaldsrud og Muniz (1980) og Overrein et.al. (1981). Cand.real. Ivar Pors Muniz, som har arbeidet med kartlegging av regionale skader på fisk, fikk oversendt våre fiskeskjema for de nevnte fylker, og ble bedt om å vurdere:

- I hvilken grad er fisk og fiskeforholdene i de enkelte magasin påvirket av forsurning?
- Hvordan er forholdet mellom påvirkning fra forsurning og påvirkning fra regulering?
- Kan det sies noe om virkningene av forsurning og regulering på elv/elvestrekninger nedstrøms de enkelte magasin?

Fra Muniz har vi fått en kvalitativ vurdering av forholdet mellom forsurning/kraftutbygging for hvert magasin. For 13 prosent av magasinene kunne det med rimelig sikkerhet antas at forsurningen ikke hadde virket på fisken. Disse magasinene lå enten i utkanten av det berørte området, eller endringene i fisket hadde skjedd før en regner med at forsurningen begynte å gjøre seg gjeldene. Resten av materialet delte seg i en "vet ikke" gruppe på 41 prosent og en gruppe på 46 prosent der forsurningen antagelig var viktigste grunn til endringene i fiskebestandene. Det gikk fram av Muniz's vurderinger at både forsurning og vannkraftutbygging virket sammen i større eller mindre grad i de fleste magasinene i disse fylkene. Det kunne derfor ikke gis entydige konklusjoner.

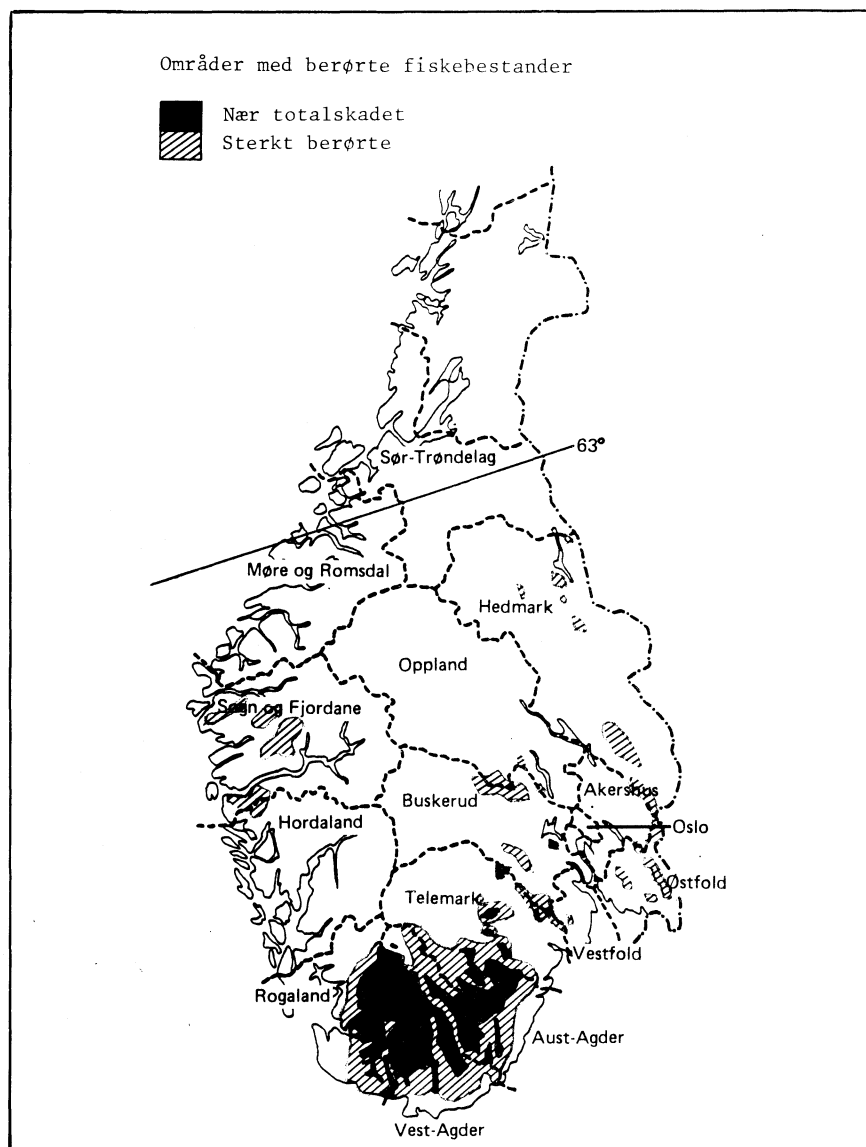
For elvestrekningene var vurderingen at endring i vannføring generelt vil forsterke de negative virkningene av forsurening. Men det er også tilfeller hvor en regulering vil kunne dempe den negative effekten av forsurening. Alt dette avhenger av de lokale forhold, type regulering, manøvreringsreglement, grad av forsurening etc.'

Problemene med å skille virkningene av forsurening og virkningene av vannkraftutbygging for de aktuelle magasiner og elver, førte til at materialet for virkningene på fisk ble delt i to grupper:

- forsyningsområdene i Rogaland, Aust- og Vest-Agder og Telemark
- resten av Norge

"Forsyningsområdet" omfatter de "nær totalskadet" og "sterkt berørte" områdene som er vist i Figur 2.2. Disse områdene er holdt utenfor den generelle analysen av vannkraftutbyggings virkninger på fisk, men er behandlet spesielt i kap. 6.

Figur 2.2. Regional fordeling av områder med skader på fiskebestandene på grunn av forsurening



Kartet bygger på intervjuer med innenlandsfiskeremnder og grunneiere mv. i perioden 1974-1979.

K i l d e : Sevaldsrud og Muniz, 1980.

3. USIKKERHET VED RESULTATENE

3.1. Svarprosent

Undersøkelsen omfatter i alt 1 785 elvestrekninger og 795 innsjøer regulert pr. 1. januar 1981, som tilsvarer henholdsvis 11 000 km elvestrekninger og 5 000 km² magasinareal. Fra dette utvalget er det samlet inn opplysninger på tre typer skjemaer:

1. Magasinskjema: reguleringsinngrep i innsjøer
2. Elveskjema: reguleringsinngrep i elver
3. Fiskeskjema: virkninger på fiske og fiske i regulerte elver og innsjøer

Regulantskjemaer

I alt kom det inn 680 av 795 utsendte magasinskjemaer, det vil si 85 prosent. Enkelte nøkkelopplysninger som reguleringshøyde, magasinivolum og utbyggingsperiode, er komplettert med data fra Vassdragsdirektoratet. I tillegg er det foretatt enkelte beregninger av magasinareal, se vedlegg 8. I praksis er det derfor tilgjengelig enkeltopplysninger om reguleringsinngrep i 795 reguleringsmagasiner. Av disse ligger 129 magasiner i forsyningsområdet i Telemark, Agder og Rogaland.

Av i alt 1 785 utsendte elveskjemaer kom det inn 1 280, tilsvarende 8 700 km elvestrekning. En stor andel av frafallet gjaldt små, ubetydelige og lite berørte elvestrekninger. Det er ikke innhentet reguleringsopplysninger om elvestrekninger fra andre kilder enn vassdragsregulantene. 180 av de 1 280 skjemaene tilsvarte elvestrekninger i forsyningsområdet i Telemark, Agder og Rogaland.

Fiskeskjema

Av i alt 795 utsendte skjemaer for regulerte innsjøer kom det inn 623 utfylte, som er i underkant av 80 prosent. Av disse 623 skjemaene er 119 skjemaer knyttet til forsyningsområdet på Sørlandet.

Fra i alt 1 785 regulerte elvestrekninger kom det inn fiskeskjemaer fra 1 193. Dette gir en svarprosent på 67. Om lag 320 av disse fiskeskjemaene gjaldt elvestrekninger der det overhode ikke har kommet inn opplysninger om reguleringsinngrep. Som allerede nevnt foran vet vi at en stor andel av disse strekningene er små og lite berørte elver. Vi har derfor valgt å holde disse 320 skjemaene utenfor den videre analysen, og vil ta utgangspunkt i resten på 870 fiskeskjemaer for regulerte elvestrekninger. Disse skjemaene representerer en elvelengde på 6 580 km. 156 skjemaer (tilsvarende 1 600 km) er knyttet til forsyningsområdet på Sørlandet.

3.2. Usikkerhet ved innkomne svar

Ikke alle spørsmålene på regulant- og fiskeskjemaene er like godt besvart. Dette kan skyldes at svareren ikke har oppfattet spørsmålet slik det var ment eller ikke har nødvendig kunnskap eller data til å svare tilfredsstillende.

Enkelte av de spørsmålene som var mest mangelfullt besvart, valgte vi å holde utenfor den videre analysen. Dette gjelder:

1. Magasinskjemaet: (se vedlegg 3)
 - Årstall for konsesjoner, byggeperiode og planendring
 - Tilknyttede kraftverk
 - Midlere fyllingstidspunkt
 - Midlere tidspunkt for høyeste og laveste noterte vannstand
 - Neddemt og forsumpet areal (I rapporten er neddemt areal beregnet ut fra areal v/HRV og areal v/ naturlig vannstand)

2. Elveskjemaet: (se vedlegg 4)
 - Arstall for konsesjoner, byggeperiode og planendringer
 - Vannmerke
 - Fosser
3. Fiskeskjemaet: (se vedlegg 5)
 - Hvordan var bestanden av de enkelte arter før utbygging (spørsmål Id)
 - Hvordan er den nåværende bestand av de enkelte arter (spørsmål If)
 - Hvordan er fiskens kvalitet (kondisjon, smak, mv.) nå i forhold til før kraftutbygging (spørsmål Ii)
 - Konsesjonsbetingelser (spørsmål VI)
 - Fangstkvantum (spørsmål VII)

I det følgende vil vi gå gjennom de resterende enkeltspørsmål og påpeke upresise formuleringer og mangelfulle besvarelser. Spørsmål som i hovedsak ble oppfattet som forutsatt, vil ikke bli kommentert.

3.2.1. Magasinskjema

Vannstand og areal ved naturlig, høyeste og laveste vannstand. Enkelte regulanter manglet nøyaktige opplysninger om magasinets areal, spesielt areal før første regulering for eldre magasiner. En del av arealene er derfor anslått eller grovt beregnet av regulantene selv eller av Statistisk Sentralbyrå i forbindelse med revideringen av skjemaene. Disse anslagene har ikke nøyaktighet på bedre enn hele kvadratkilometer.

Dambygging. Med damhøyde er ment største synlig høyde fra bakken nedenfor dammen og opp til damkronen. Noen få regulanter har oppgitt synlig damhøyde ved laveste regulerte vannstand (LRV) sett fra vannsiden.

Neddemte bygninger er ment å omfatte bygninger som er ødelagt, revet eller flyttet som følge av neddemming eller forsumping. I hovedsak har dette spørsmålet vært greit å besvare. Noen har imidlertid hatt problemer med å plassere bl.a. seterhus i riktig bygningskategori (det vil si "Driftsbygninger mv.").

Fiskeribiologiske og andre undersøkelser. Regulantene gav i en del tilfeller uttrykk for ikke å ha kjennskap til alle naturvitenskapelige undersøkelser foretatt i de berørte områdene.

3.2.2. Elveskjema

Elvestrekningens lengde. Få regulanter hadde opplysninger om lengde på de elvestrekningene skjemaene omfattet og spørsmålet ble av den grunn dårlig besvart. I denne undersøkelsen vil det derfor bli brukt lengdemålinger som er foretatt på 1: 50 000 kart av Byrået selv, eller som er hentet fra vassdragsnivellementer.

Gjennomsnittlig elvebredde. Svarene er her alene basert på skjønsmessige anslag av vassdragsregulantene og usikkerheten må vurderes på bakgrunn av dette.

Pålagt minstevannføring. Enkelte regulanter oppgav også minstevannføringer de opererte med selv om de ikke var pålagt.

Terskler. Regulantene hadde god oversikt over antall terskler. Det var imidlertid noe verre å oppgi elvearealet før og etter terskelbygging. Regulantene satt i liten utstrekning inne med slike opplysninger.

Vannverk, kloakkrensaneanlegg og vanningsanlegg for jordbruket. Dette spørsmålet er ment å dekke bare anlegg som er bygd helt eller delvis som følge av reguleringer. I enkelte tilfeller har svarene hatt vanskeligheter med å skille ut slike anlegg.

3.2.3. Fiskeskjemaet

Usikkerheten ved resultatene fra fiskeskjemaet er jamt over større enn for regulantskjemaene. Resultatene fra fiskeskjemaet bygger i stor grad på subjektive vurderinger av relativt kompliserte biologiske fenomener. Slike vurderinger kan være avhengig både av kunnskapsnivået hos svareren og av hans generelle holdninger overfor vannkraftutbygginger. Dertil kommer at mange av reguleringene er gamle, og kunnskapen mangelfull. Elementer av nostalgisk fordreining kan nok også forekomme. ("I gamle dager var det mye fisk og den var stor, fin og rød i kjøttet").

Fiskearter før og etter utbygging. Spørsmål la og b, var ment å skulle gi informasjon om hvilke arter som finnes, om nyetableringer og om arter som har forsvunnet. Dette er i hovedsak blitt oppfattet. En må imidlertid merke seg at når en del av svarerne har angitt at fiskearten er forsvunnet, er ikke dette nødvendigvis strengt biologisk ment. Mange av svarerne har tatt utgangspunkt i fangstmengden, slik at "art forsvunnet" først og fremst betyr "ingen fangst lenger".

Hvordan er bestanden nå i forhold til før reguleringen? Dette spørsmålet har implisitt gitt muligheter for å vurdere bestand ut fra både antall fisk og kilo. Det er naturlig å gå ut fra at sportsfiskerne har tenkt antall fisk. Ellers synes dette spørsmålet å bli oppfattet greit.

Tiltak. Spørsmålet er relativt greit å oppfatte. Det kan likevel være noe uklart hva som er ment med "Har tiltaket fungert tilfredsstillende?". Betyr f.eks. "Ja" at fiskebestanden er blitt større eller bare at nedgangen i fiskebestanden er mindre enn ventet.

Omfang av fiske. Noen av svarerne ønsket å skille mellom bl.a. omfang av garnfiske og omfang av sportsfiske. Spørsmålet gav dessverre ikke mulighet for dette.

3.3. Etterkontroll

For å få en ekstra kontroll av de innkomne svarene fra de kommunale innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeninger ble 150 tilfeldig utvalgte fiskeskjemaet sendt til Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. Skjemaene ble gjennomgått av DVF's distriktskonsulenter.

Direktoratet for vilt og ferskvannsfiske var i stand til å etterkontrollere i underkant av 90 skjemaer. Av disse representerte 11 skjemaer fisketomme magasiner og elvestrekninger både før og etter regulering. Av de magasinene og elvestrekningene som hadde fisk, hadde 76 aure.

I tabellene 3.1, 3.2 og 3.3 er DVF's vurdering av endringen i bestanden, fangstmengden av aure og fiskestørrelsen sammenliknet med tilsvarende vurdering av de lokale fiskemyndigheter. Rent visuelt går det fram av tabellene at de to kildene samsvarer svært godt med hensyn til endring i bestand, fangstmengde og fiskestørrelse. I vedlegg 6 er samsvaret testet statistisk.

Tabell 3.1. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter oppgitt endring i bestandsstørrelse av aure fra to ulike kilder. Antall innsjøer og elvestrekninger

Innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene	I alt	Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk					Aure er utsatt/innvandret
		Større	Like stor	Mindre	Aure forsvunnet	Vet ikke	
I alt	76	1	19	40	3	10	3
Større	4	<u>1</u>	2			1	
Like stor	15		<u>14</u>	1			
Mindre	39		2	<u>31</u>	1	5	
Aure forsvunnet	6			4	<u>2</u>		
Vet ikke	9		1	4		<u>4</u>	
Aure er utsatt/innvandret	3						<u>3</u>

Tabell 3.2. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter oppgitt endring i fiskestørrelse av aure fra to ulike kilder. Antall innsjøer og elvestrekninger

Innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene	I alt	Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk					Aure er utsatt/innvandret
		Større	Like stor	Mindre	Aure forsvunnet	Vet ikke	
I alt	76	3	17	32	3	18	3
Større	5	<u>2</u>	1			2	
Like stor	14		<u>13</u>	1			
Mindre	31		1	<u>26</u>		4	
Aure forsvunnet	6			4	<u>2</u>		
Vet ikke	17	1	2	1		<u>13</u>	
Auren er utsatt/innvandret	3						<u>3</u>

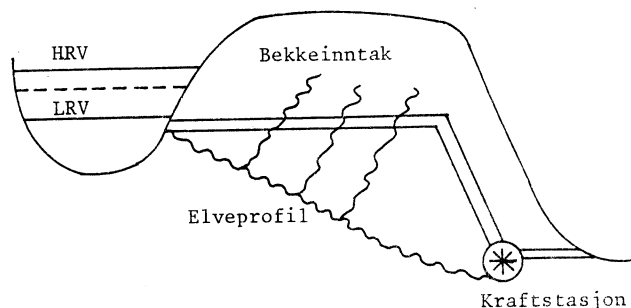
Tabell 3.3. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter oppgitt endring i fangstmengde av aure fra to ulike kilder. Antall innsjøer og elvestrekninger

Innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene	I alt	Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk					Aure er utsatt/innvandret	
		Større	Like stor	Mindre	Betydelig mindre	Aure forsvunnet		Vet ikke
I alt	76	1	15	11	27	3	16	3
Større	3	<u>1</u>					2	
Like stor	12		<u>12</u>					
Mindre	12		1	<u>9</u>	1	1		
Betydelig mindre	25		1		<u>21</u>		3	
Aure forsvunnet	6				4	<u>2</u>		
Vet ikke	15		1	2	1		<u>11</u>	
Auren er utsatt/innvandret	3							<u>3</u>

4. REGULERINGSINNGREP I VASSDRAG

4.1. Generell beskrivelse av en vannkraftutbygging

I figuren under er skissert prinsippene for en vannkraftutbygging.



Den vanligste reguleringsformen er magasinering i oppdemte innsjøer. Magasineringen gjør at kraftstasjonen kan følge variasjonene i kraftbehovet bedre enn den naturlige vannføringen ville ha gjort. I løpet av sommerhalvåret fylles magasinet opp inntil det som regel når sin høyeste regulerte vannstand (HRV) om høsten. I løpet av vinteren blir magasinet tappet for å møte økningen i elektrisitetsforbruket, og slik at laveste regulerte vannstand (LRV) blir nådd før snøsmeltingen tar til. Reguleringshøyden, forskjellen mellom høyeste og laveste regulerte vannstand, kan i de forskjellige reguleringsbassengene variere fra et titalls cm til over 100 m. Det blir skilt mellom tre typer reguleringsmagasiner:

- Flerårsmagasin, som trenger flere år på å fylles
- Årsmagasin, som fylles en gang om året
- Døgnmagasin eller inntaksmagasin som skifter vannstand oftere enn årsmagasinene

Årsmagasinering er den mest vanlige reguleringsformen.

Ved regulering av store elver der vannføringen er relativt jamn på grunn av regulering i høyfjellet, kan en klare seg med mindre magasiner og små reguleringshøyder. Slike kraftverk er tatt i bruk i flere vassdrag, spesielt på Østlandet, og ligger ofte i trappetrinn nedover hovedelva.

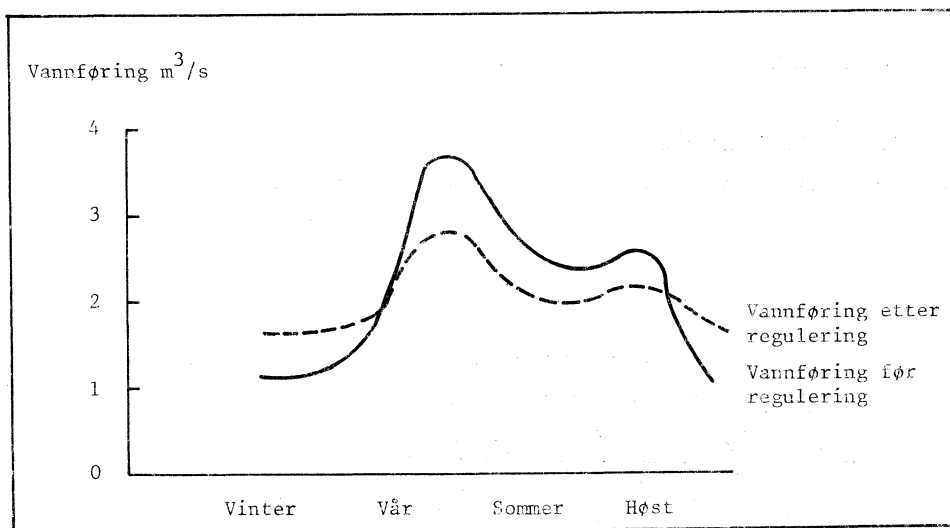
For å utnytte et størst mulig fall føres ofte vann fra magasinet i rør eller tunnel til kraftstasjoner, se figuren. En endrer på denne måten elvenes naturlige vannføring. Det vil i denne sammenheng være naturlig å skille mellom tre typer regulerte elvestrekninger:

- Elvestrekninger mellom magasin og kraftverk
- Elvestrekninger nedstrøms kraftverk
- Elvestrekninger som er overført innen ett vassdrag eller til andre vassdrag

Elver mellom magasin og kraftverk vil få redusert årlig middelvannføring. Som oftest vil både vannføring i vinterhalvåret og sommerhalvåret bli redusert.

I elvestrekninger nedstrøms kraftstasjon vil som oftest vannføring om vinteren øke og om sommeren avta på grunn av tapping fra magasinet. Vårflommen og flommer om sommeren forsvinner, mens høstflommene beholdes dersom magasinene er fulle, se figur 4.1.

Figur 4.1. Skjematisk framstilling av vannføring før og etter regulering i elv nedenfor kraftverk



Det har etterhvert blitt mer og mer vanlig å overføre elver enten innen ett og samme vassdrag eller fra et vassdrag til et annet. På denne måten kan det nedbørfelt et kraftverk nyttiggjør seg, økes betraktelig. Elvestrekninger nedenfor det punkt der overføringer skjer, vil naturlig nok få redusert vannføring både i sommer- og vinterhalvåret.

For å bøte på skadevirkningene av redusert vannføring i elvestrekninger kan regulanter bli pålagt å slippe en bestemt vannmengde på disse strekningene, såkalt "pålagt minstevannføring". Dette kan skje kontinuerlig eller til bestemte tider. Bestemmelser om minstevannføring inngår vanligvis i konsesjonsbetingelsene.

I enkelte elvestrekninger med redusert vannføring er det bygd terskler. Dette er lave demninger på tvers av elveleiet. Terskelbassengene opprettholder vannspeilet, og de blir anlagt dels av estetiske grunner, dels for å opprettholde grunnvannstanden, dels for å hjelpe opp bestanden av vade-fugl og fisk. Utformingen av tersklene kan variere avhengig av lokale forhold og formål. Enkelte steder blir det bare bygd utstikkere som konsentrerer strømmen og dermed letter oppgangen av fisk ved liten vannføring. Andre terskelbasseng har mye til felles med elvemagasiner (for nærmere beskrivelse se Hillestad, 1982).

4.2. Reguleringsinngrep i innsjøer

Miljøvirkninger i reguleringsmagasiner er først og fremst knyttet til endring i innsjøens naturlige vannstand. Magasinet når som regel sin høyeste vannstand (HRV) om høsten. I løpet av vinteren blir magasinet tappet parallelt med økningen i elektrisitetsforbruket, slik at laveste vannstand (LRV) blir nådd om våren før snøsmeltingen tar til.

Vi vil i dette avsnittet presentere statistikk som viser omfanget av en del reguleringsinngrep i magasiner utbygd før 1.1. 1981:

- reguleringshøyde
- neddemt areal
- neddemte bygninger

Antall reguleringsmagasiner i Norge var pr. 1. januar 1981 795¹⁾. Det er samlet inn opplysninger om 680 magasiner fra vassdragsregulantene. Svarprosenten på de enkelte spørsmålene varierer fra 50 til 85 prosent. I tillegg er det for en del nøkkelopplysninger (som HRV, LRV, volum, utbyggingsår) supplert med tall fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen (NVE), ved siden av at Byrået selv har foretatt enkelte beregninger av magasinareal, se vedlegg 8. Dette betyr at i tabeller med reguleringshøyde, magasinivolum, magasinareal og neddemt areal blir det presentert tall som gjelder alle magasiner i Norge (795). For de resterende oppgaver gis opplysninger fra de besvarte skjemaene.

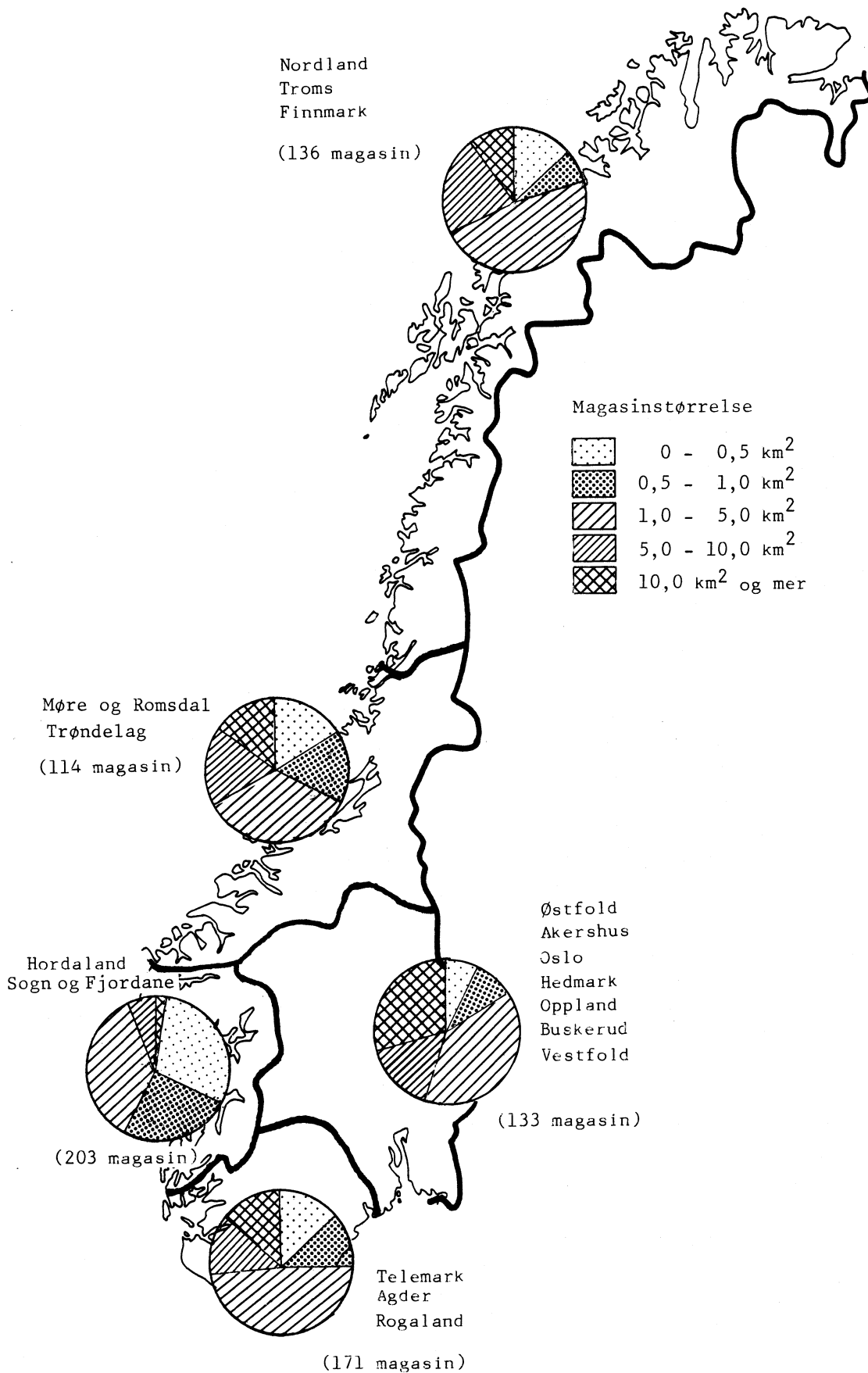
4.2.1. Bakgrunnsdata

Figur 4.2 viser antall reguleringsmagasiner fordelt etter region og magasin størrelse. En finner de største reguleringsmagasinene i Øst-Norge, mens Hordaland og Sogn og Fjordane har en stor andel små reguleringsmagasiner.

I tabell 4.1 er antall reguleringsmagasiner fordelt etter region, utbyggingsperiode og høyde over havet. Andelen eldre utbygginger (utbygging avsluttet før 1960) er større i Øst-Norge enn i landet forøvrig. De ferskeste utbyggingene er konsentrert til Hordaland, Sogn og Fjordane og de tre nordligste fylkene. Tabellen viser videre at reguleringsmagasinene i Øst-Norge og Hordaland og Sogn og Fjordane gjennomsnittlig ligger høyere til fjells enn i landet forøvrig.

Det totale magasinarealet (areal regnet ved høyeste regulerte vannstand - HRV) var pr. 1. 1. 1981 5 000 km². Til sammenlikning er i følge Norges Geografiske Oppmåling det totale ferskvannsareal²⁾ i overkant av 16 000 km², medregnet det regulerte arealet. Det betyr at magasinarealet utgjør om lag 30 prosent av det totale ferskvannsarealet. Regulerte innsjøer er imidlertid i gjennomsnitt større enn uregulerte innsjøer. Som det går fram av tabell 4.2 er om lag 70 prosent av arealet av innsjøer over 10 km² regulert.

1) Tallet avviker litt fra det Vassdragsdirektoratet oppgir. Avviket skyldes bl.a. at Byrået har splittet opp magasiner som før regulering bestod av flere innsjøer. 2) Ferskvannsarealet: arealet av alle elver og innsjøer store nok til å være markert på topografisk kartverk.

Figur 4.2. Antall reguleringsmagasiner, etter region og magasininstørrelse¹⁾

1) Fellesmagasinene er i denne figuren ikke splittet opp.

Tabell 4.1. Reguleringsmagasiner, etter region, utbyggingsperiode og høyde over havet

	Antall reguleringsmagasiner	I alt	Region ¹⁾				
			Øst-Norge	Sørlandet	Hordaland og Sogn og Fjordane	Midt-Norge	Nord-Norge
I alt	795	100	17,2	23,3	26,4	15,0	18,1
Prosent							
Utbyggingsperiode							
Før 1940	99	100	32,3	31,3	17,2	18,2	1,0
1940 - 1959	156	100	31,4	24,4	13,5	12,8	17,9
1960 - 1969	197	100	15,2	23,9	24,4	19,3	17,3
1970 - 1974	86	100	1,2	25,6	41,9	7,0	24,4
1975 - 1980	68	100	-	13,2	35,3	20,6	30,9
Ufordelt	189	100	13,2	20,1	33,9	12,2	20,6
Høyde over havet							
0 - 299 m	218	100	11,9	25,7	11,5	20,2	30,7
300 - 599 "	226	100	14,6	18,1	24,3	18,1	24,8
600 - 899 "	192	100	13,5	33,3	32,3	9,9	10,9
900 - 1 199 "	122	100	38,5	18,9	32,0	10,7	-
1 200 m og mer	37	100	13,5	2,7	78,4	5,4	-

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Tabell 4.2. Arealet av regulerte og uregulerte innsjøer over 10 km² 1)

Arealklasser	Arealet av innsjøer Km ²	I alt	Prosent	
			Regulert	Uregulert
I alt	4 900	100	69	31
10 - 19 km ²	1 200	100	51	49
20 - 29 "	840	100	61	39
30 - 49 "	960	100	83	17
50 - 99 "	630	100	81	19
100 km ² og mer	1 270	100	75	25

1) Tallene er beregnet av Statistisk Sentralbyrå.

I figur 4.3 er det regulerte og det uregulerte ferskvannsarealet fordelt etter region. Det går fram av figuren at det regulerte arealet er størst i Øst-Norge både absolutt og sett i forhold til ferskvannsarealet. Nord-Norge har relativt sett minst utbygd ferskvannsareal. Utbygd vannkraft i forhold til totalt nyttbar vannkraftreserve (målt i TWh) gir et noe annet bilde, se figur 4.4. Her har Sørlandet utbygd mest vannkraft, mens Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge har utbygd minst i forhold til totalt nyttbar reserve. I hele landet sett under ett er det pr. 1. januar 1981 utbygd i overkant av 55 prosent av det økonomisk nyttbare potensialet.

4.2.2. Reguleringshøyde

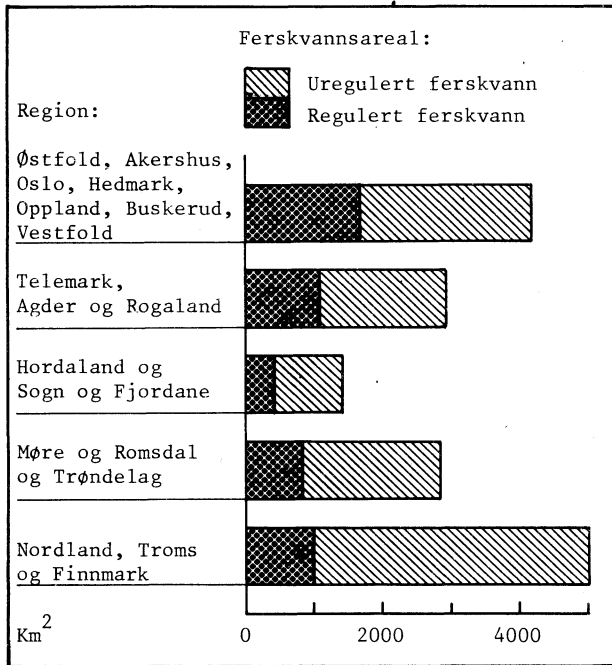
I tabell 4.3 er antall reguleringsmagasiner fordelt etter reguleringshøyde, region, utbyggingsperiode og høyde over havet. I tabell 4.4 og 4.5 er tilsvarende opplysninger angitt for magasinareal (km²) og magasinivolum (mill.m³). For om lag 10 prosent av magasinene mangler en opplysninger om reguleringshøyde. Disse magasinene har jamt over liten magasin størrelse.

Det går fram av tabellene at reguleringsmagasiner med store reguleringshøyder er konsentrert til Hordaland og Sogn og Fjordane, mens Øst-Norge er representert ved små reguleringshøyder.

Den tekniske utviklingen har gjort det mulig å bygge stadig høyere magasindammer. Det er derfor ikke uventet at reguleringshøyden øker med tiden.

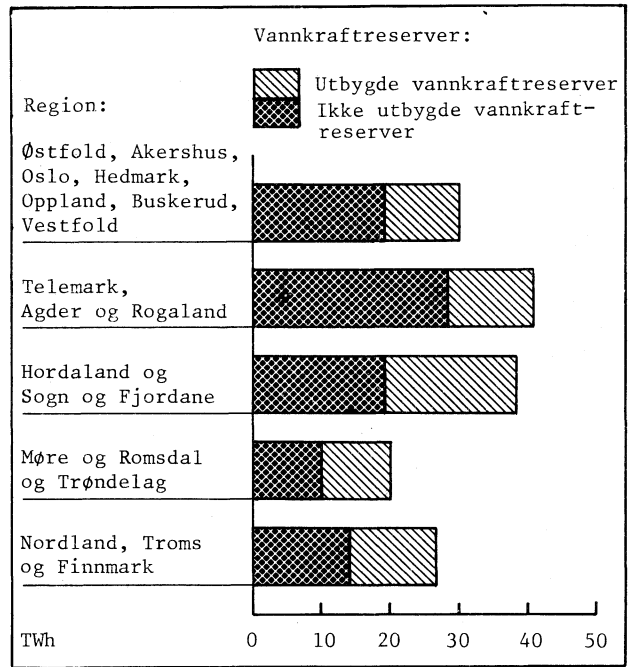
Det er videre en relativt klar tendens til at reguleringshøyden øker jo høyere magasinene ligger over havet.

Figur 4.3. Regulert og uregulert ferskvannsansreal¹⁾, etter region. Km²



1) Ferskvannsansreal: Areal av alle elver og innsjøer store nok til å være markert på topografisk kartverk.

Figur 4.4. Utbygd og ikke utbygd¹⁾ vannkraftreserver, etter region. TWh pr. 1.1.1981



1) Eksklusiv 11 TWh varig vernede vassdrag.

Tabell 4.3. Reguleringsmagasiner, etter reguleringshøyde, region, utbyggingsperiode og høyde over havet

	Antall reguleringsmagasiner	I alt	Reguleringshøyde, m					Ufordelt
			0-4	5-9	10-19	20-39	40 og mer	
I alt	795	100	21,1	19,5	22,5	20,6	6,5	9,7
Region ¹⁾								
Øst-Norge	137	100	43,8	21,9	20,4	8,0	-	5,8
Sørlandet	185	100	20,0	16,2	22,2	23,8	3,2	14,6
Hordaland, Sogn og Fjordane	210	100	10,5	14,3	16,7	29,0	16,2	13,3
Midt-Norge	119	100	22,7	29,4	24,4	14,3	4,2	5,0
Nord-Norge	144	100	15,3	20,8	31,9	21,5	4,9	9,7
Utbyggingsperiode								
Før 1940	99	100	35,4	35,4	16,2	8,1	2,0	3,0
1940 - 1959	156	100	22,4	26,3	28,8	20,5	0,6	1,3
1960 - 1969	197	100	16,8	21,8	31,5	22,8	6,1	1,0
1970 - 1974	86	100	14,0	8,1	19,8	46,5	10,5	1,2
1975 - 1980	68	100	13,2	8,8	23,5	25,0	29,4	-
Ufordelt	189	100	23,3	12,2	12,2	11,6	4,2	36,5
Høyde over havet								
0 - 299 m	218	100	32,1	22,9	17,0	6,9	-	21,1
300 - 599 "	226	100	19,9	18,6	24,8	20,8	8,0	8,0
600 - 899 "	192	100	17,2	17,2	22,4	28,6	10,4	4,2
900 - 1 199 "	122	100	14,8	18,9	26,2	30,3	9,0	0,8
1 200 m og mer	37	100	5,4	18,9	29,7	27,0	8,1	10,8

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Tabell 4.4. Magasinareal¹⁾, etter reguleringshøyde, region, utbyggingsperiode og høyde over havet

	Km ² magasinareal	I alt	Reguleringshøyde, m					Ufordelt
			0-4	5-9	10-19	20-39	40 og mer	
I alt	5 002 ²⁾	100	35,6	20,6	21,8	14,9	5,3	1,8
Region ³⁾								
Øst-Norge	1 722	100	70,3	11,6	9,9	7,4	-	0,9
Sørlandet	1 068	100	26,4	20,6	21,8	22,7	5,5	2,9
Hordaland, Sogn og Fjordane	399	100	19,0	7,5	20,1	29,3	20,3	3,8
Midt-Norge	813	100	7,6	53,8	21,0	12,7	2,9	1,8
Nord-Norge	1 000	100	14,7	14,1	43,9	15,8	10,2	1,3
Utbyggingsperiode								
Før 1940	568	100	48,8	38,9	8,8	1,6	1,9	-
1940 - 1959	1 069	100	35,7	22,9	20,8	19,2	0,0	1,2
1960 - 1969	1 624	100	29,0	17,2	34,2	15,2	3,2	0,9
1970 - 1974	383	100	9,7	10,4	24,0	43,9	11,7	-
1975 - 1980	380	100	9,2	17,3	22,6	12,3	38,4	-
Ufordelt	979	100	58,9	17,9	8,4	7,1	1,0	6,4
Høyde over havet								
0 - 299 m	2 066	100	71,5	18,8	4,4	2,3	-	2,9
300 - 599 "	1 354	100	10,6	25,2	39,2	15,1	8,4	1,3
600 - 899 "	827	100	9,1	22,4	20,9	33,4	13,9	0,5
900 - 1 199 "	660	100	12,1	15,3	41,1	27,6	3,9	0,1
1 200 m og mer	95	100	4,2	10,5	26,3	41,0	11,6	7,4

1) Areal ved HRV. 2) Magasinarealet omfatter 795 reguleringsmagasiner. 3) Definisjon av region, se vedlegg 1.

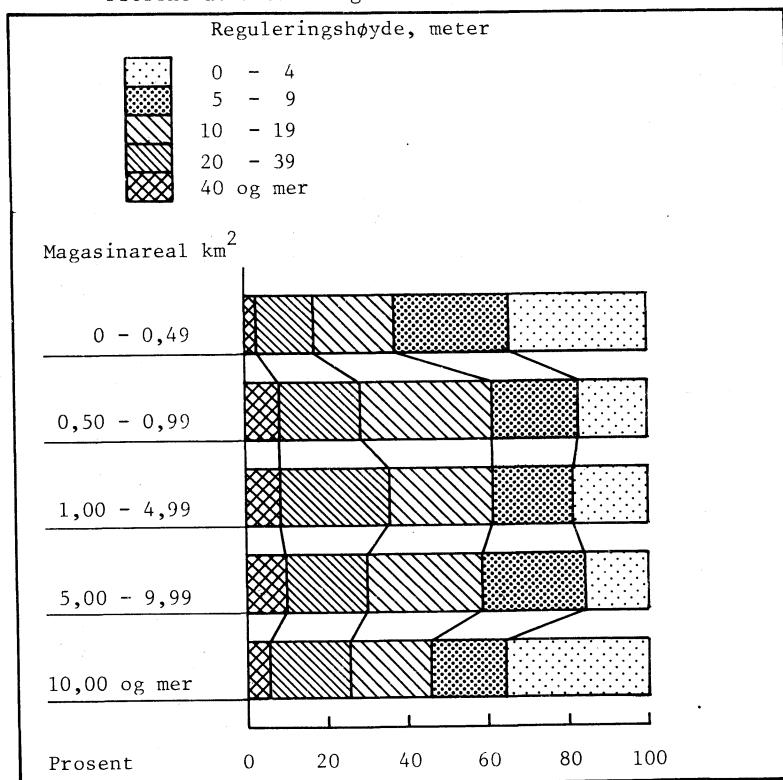
Tabell 4.5. Magasinvolu¹⁾, etter reguleringshøyde, region, utbyggingsperiode og høyde over havet

	Mill. m ² magasin- volum	I alt	Reguleringshøyde, m					Ufordelt
			0-4	5-9	10-19	20-39	40 og mer	
I alt	45 602 ²⁾	100	9,9	12,0	25,7	31,5	20,2	0,9
Region ³⁾								
Øst-Norge	8 476	100	37,4	15,8	20,3	28,3	0,0	0,5
Sørlandet	12 429	100	7,2	8,7	21,6	40,9	20,7	0,8
Hordaland, Sogn og Fjordane ...	6 309	100	1,9	3,5	13,3	35,9	44,2	1,1
Midt-Norge	6 456	100	2,1	40,5	25,2	22,4	9,3	0,5
Nord-Norge	11 932	100	1,6	3,6	40,6	26,5	27,3	0,3
Utbyggingsperiode								
Før 1940	2 867	100	21,7	43,6	14,7	5,8	13,3	0,9
1940 - 1959	8 539	100	11,3	14,7	27,8	45,2	0,7	0,3
1960 - 1969	15 784	100	10,3	11,3	39,1	30,4	8,8	0,0
1970 - 1974	5 719	100	1,8	3,3	15,9	54,3	24,5	-
1975 - 1980	7 880	100	0,7	0,7	14,3	12,6	71,5	-
Ufordelt	4 814	100	23,5	19,5	14,9	29,7	7,6	4,7
Høyde over havet								
0 - 299 m	7 387	100	51,0	22,1	11,1	13,3	-	2,4
300 - 599 "	15 825	100	2,0	13,2	36,9	25,2	21,9	0,6
600 - 899 "	12 925	100	1,4	8,5	14,2	40,2	35,6	0,1
900 - 1 199 "	8 163	100	3,0	7,3	35,7	42,7	11,2	0,0
1 200 m og mer	1 302	100	0,8	5,3	25,6	57,9	20,2	-

1) Vannvolum mellom HRV og LRV. 2) Magasinvolu²⁾et omfatter 795 reguleringsmagasiner. 3) Definisjon av region, se vedlegg 1.

I figur 4.5 er antall reguleringsmagasiner fordelt etter arealklasser og reguleringshøyde. Alle arealklasser er representert med både store og små reguleringshøyder. Andelen magasiner med store reguleringshøyder (over 20 meter) er imidlertid størst for de mellomstore reguleringsmagasinene (1-5 km²).

Figur 4.5. Reguleringsmagasiner etter magasinareal og reguleringshøyde.
Prosent av antall magasiner¹⁾



1) Figuren er basert på opplysninger fra 718 reguleringsmagasiner.

4.2.3. Neddemt areal

Differansen mellom magasinarealet ved høyeste regulerte vannstand (HRV) og arealet ved naturlig vannstand før utbygging er definert lik det neddemte arealet. Arealet mellom høyeste og laveste regulerte vannstand (LRV) kalles reguleringssonen.

I tabell 4.6 er arealet ved høyeste, naturlige og laveste vannstand fordelt etter region, utbyggingsperiode, høyde over havet og reguleringshøyde. Tabellen viser at differansen mellom areal ved HRV og naturlig vannstand (det neddemte arealet) var 1 070 km² pr. 1.1. 1981 hele landet sett under ett. Dette tilsvarer et areal på gjennomsnittlig 1,34 km² pr. magasin. Det går videre fram av tabellen at Hordaland og Sogn og Fjordane skiller seg markert út fra de andre regionene med bare 0,43 km² neddemt areal. Dette til tross for at disse to fylkene er representert med store reguleringshøyder, se tabell 4.1. Årsaken til det lave tallet er dels at magasin størrelsen på Vestlandet gjennomsnittlig er mindre enn i landet forøvrig (se figur 4.1), dels Vestlandets bratte fjellsider og trange daler.

Det neddemte arealet har økt med tiden, sett i forhold til antall magasiner. Dette må sees i sammenheng med økende reguleringshøyde, se tabell 4.1.

Det går videre fram av tabell 4.6 at det neddemte arealet pr. magasin er størst blant magasiner i høydesonen 900-1 200 m.o.h. Blant magasiner over 1 200 m.o.h. er derimot gjennomsnittlig neddemt areal lite.

Tabell 4.6 viser som ventet en klar sammenheng mellom reguleringshøyde og neddemt areal.

Tabell 4.6. Reguleringsmagasiner, areal ved høyeste regulerte vannstand, naturlig vannstand og laveste regulerte vannstand, etter region, utbyggingsperiode, høyde over havet og reguleringshøyde

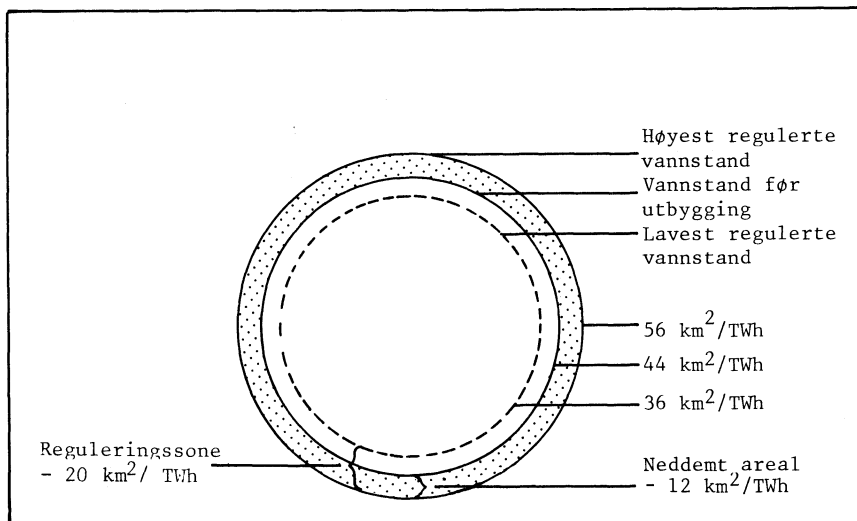
	Antall magasiner	Høyeste regulerte vannstand	Areal ved:		Gjennomsnittlig neddemt areal pr. magasin
			Naturlig vannstand	Laveste regulerte vannstand	
I alt	795	5 002	3 933	3 185	1,34
Region ¹⁾					
Øst-Norge	137	1 722	1 526	1 318	1,43
Sørlandet	185	1 068	736	594	1,79
Hordaland, Sogn og Fjordane	210	399	309	223	0,43
Midt-Norge	119	813	613	511	1,68
Nord-Norge	144	1 000	743	540	1,75
Utbyggingsperiode:					
Før 1940	99	568	480	395	0,89
1940 - 1959	156	1 069	840	658	1,47
1960 - 1969	197	1 624	1 311	1 140	1,59
1970 - 1974	86	383	237	175	1,70
1975 - 1980	68	380	218	148	2,38
Ufordelt	189	979	847	670	0,70
Høyde over havet					
0 - 299 m	218	2 066	1 831	1 551	1,08
300 - 599 "	226	1 354	1 060	886	1,30
600 - 899 "	192	827	528	365	1,56
900 - 1 199 "	122	660	438	338	1,82
1 200 m og mer	37	95	75	44	0,54
Reguleringshøyde					
0 - 4 m	168	1 783	1 661	1 417	0,73
5 - 19 "	155	1 024	833	697	1,23
10 - 19 "	179	1 090	812	666	1,55
20 - 39 "	164	748	421	270	1,99
Over 40 m	52	266	135	78	2,52
Ufordelt	77	91	71	58	0,26

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

I figur 4.6 er areal ved høyeste, naturlig og laveste vannstand relatert til midlere produksjonsevne (TWh). Neddemt areal utgjorde pr. 1.1. 1981 om lag 12 km^2 pr. TWh midlere produksjonsevne. Denne størrelsen varierer mellom de ulike regioner slik tabellen under viser:

	Hele landet	Øst- Norge	Sør- landet	Hordaland, Sogn og Fjordane	Midt- Norge	Nord- Norge
Neddemt areal (km^2) pr. TWh	11,9	10,2	12,1	4,7	20,0	18,5

Figur 4.6. Magasinareal pr. TWh midlere produksjonsevne, 1.1.1981



Det er foretatt tilsvarende beregninger over arealkonsekvensene ved bygging av vind-, bølge- og solenergianlegg:

Institutt for energiteknikk (1981) har beregnet arealbehovet for vindkraft til ca. 24 mål ervervet areal pr. vindmølle av 2-3 MW størrelse, inkludert areal til vei, kabel-grøft o.l. Med en kraftproduksjon på 8-14 GWh pr. år gir dette et arealbehov på 2-3 km² pr. TWh. I tillegg vil et område på rundt regnet 1 km² omkring vindmølla ha restriksjoner på boligbygging o.l.

Et bølgekraftverk av typen svingende bøye med en midlere årsproduksjon på 200 GWh vil ha et direkte arealbehov på 0,75 km² (St.meld. nr. 65, 1981-82). Dette gir et arealbehov på omlag 4 km² pr. TWh. Dersom en tar med en sikkerhetssone på 4-7 km² rundt bøyene blir arealbehovet 20-40 km² pr. TWh.

Mindre solenergianlegg vil normalt bli plassert på hustak eller husvegger. Disse vil naturlig nok ikke gi noen arealkonflikter av betydning. Sentrale solcelleanlegg vil derimot kreve et totalt areal på 16,5 km² pr. TWh (Thorstensen 1981).

4.2.4. Neddemte bygninger

I undersøkelsen er det registrert 1 069 bygninger som er revet eller flyttet pga. neddemming pr. 1.1. 1981. Disse bygningene var fordelt på 127 reguleringsmagasiner.

De neddemte bygningene omfatter både boliger, hytter og driftsbygninger, seterhus o.l., som enten var i bruk eller ikke i bruk før reguleringen.

Tabell 4.7 viser neddemte bygninger etter region og utbyggingsperiode. Det går fram av tabellen at de fleste bygningene var i bruk før reguleringen. Videre utgjør hytter, driftsbygninger, seterhus o.l. 85 prosent av alle neddemte bygninger.

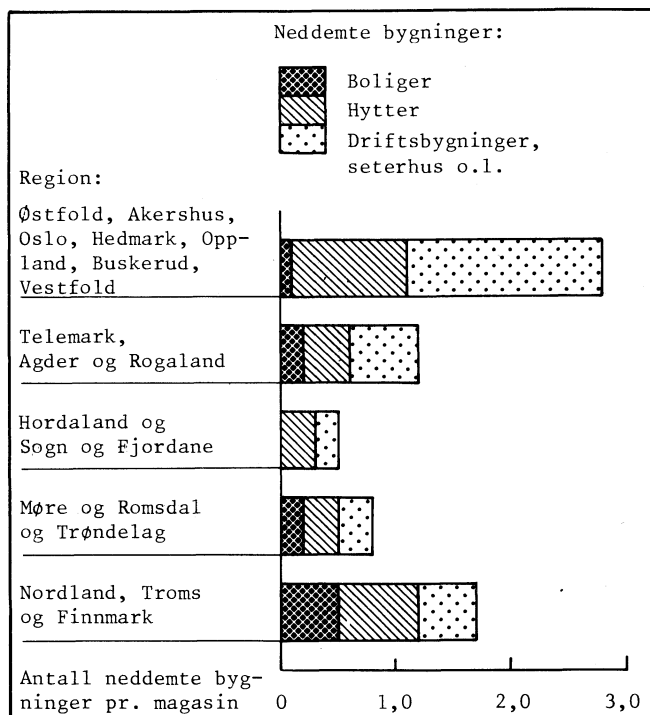
Tabell 4.7. Neddemte bygninger etter region og utbyggingsperiode¹⁾

	I alt	Boliger		Hytter		Driftsbygninger, seterhus o.l.	
		I bruk før regulering	Ikke i bruk før regulering	I bruk før regulering	Ikke i bruk før regulering	I bruk før regulering	Ikke i bruk før regulering
I alt	1 069	132	25	399	5	413	95
Region ²⁾							
Øst-Norge	382	15	3	134	1	172	57
Sørlandet	230	27	18	58	-	118	9
Hordaland, Sogn og Fjordane	112	-	2	63	2	27	18
Midt-Norge	95	17	2	43	1	21	11
Nord-Norge	250	73	-	101	1	75	-
Utbyggingsperiode							
Før 1940	16	2	-	5	-	8	1
1940 - 1959	186	11	1	43	1	116	14
1960 - 1969	510	100	4	173	-	186	47
1970 - 1974	151	2	1	74	2	56	16
1975 - 1980	201	17	19	101	2	45	17
Ufordelt	5	-	-	3	-	2	-

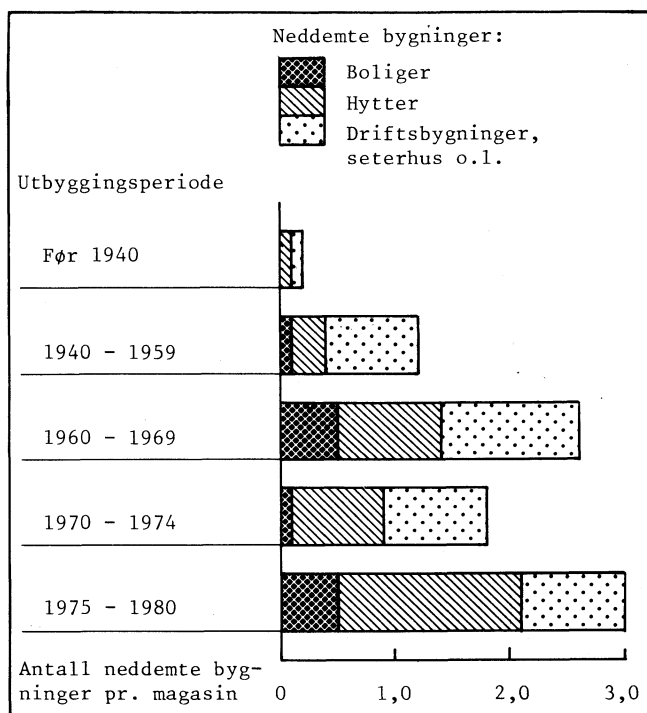
1) Tabellen er basert på opplysninger fra 680 reguleringsmagasiner der 127 magasiner hadde neddemte bygninger. 2) Definisjon av region, se vedlegg 1.

I figur 4.7 og 4.8 er neddemte bygninger relatert til antall reguleringsmagasin i ulike regioner og utbyggingsperioder. Øst-Norge skiller seg ut med flest neddemte bygninger, både totalt og i forhold til antall reguleringsmagasin. De fleste av bygningene var hytter eller driftsbygninger. Vestlandet og Midt-Norge hadde relativt sett færrest neddemte bygninger. I Nord-Norge er det neddemt relativt sett flest boliger. Av figur 4.8 går det fram at det relativt sett er neddemt flest bygninger i utbyggingsperioden 1975-80.

Figur 4.7. Antall neddemte bygninger i gjennomsnitt pr. reguleringsmagasin, etter region



Figur 4.8. Antall neddemte bygninger i gjennomsnitt pr. reguleringsmagasin, etter utbyggingsperiode



4.3. Reguleringsinngrep i elver

Ved regulering av elver endres vannføringen enten permanent eller sesongvis. Vi vil i dette avsnittet presentere statistikk som kan bidra til å beskrive disse endringene. Følgende parametre vil være sentrale:

- årlig middelvannføring
- januar-middelvannføring
- juli-middelvannføring

Med middelvannføring i en elvestrekning menes gjennomsnittlig vannføring over en lengre representativ periode, målt i m^3/s i elvestrekningens nederste punkt.

Endringen i middelvannføring angir hvor stor vannføringen er etter siste regulering i forhold til før første regulering. Vi har valgt å angi endringene i prosent.

4.3.1. Bakgrunnsdata

Det har i alt kommet inn opplysninger om 8 700 km regulerte elvestrekninger. Disse refererer seg til 1 280 elvestrekninger definert etter vassdragsregisteret, se avsnitt 2.1. I overkant av 15 prosent av antall kilometer elvestrekning mangler det informasjon om vannføring før regulering. Blant disse strekningene er det en overvekt av eldre regulerte elver. Forøvrig skiller disse elvestrekningene seg lite fra resten av utvalget.

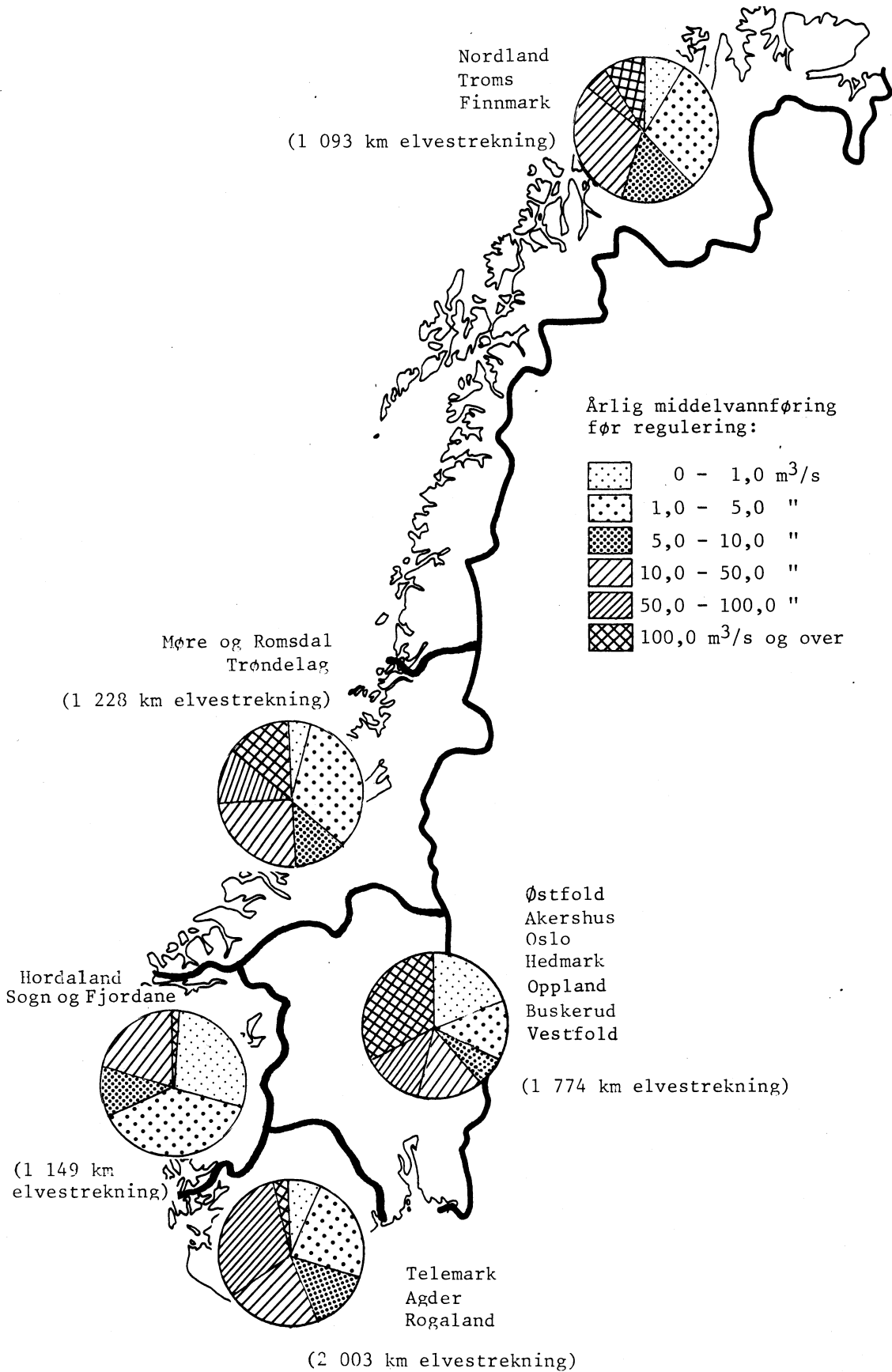
I figur 4.9 er antall kilometer elvestrekning fordelt etter region og årlig middelvannføring før regulering. Figuren viser som ventet at Hordaland og Sogn og Fjordane har den største andelen med små elvestrekninger, det vil si med årlig middelvannføring under $5 m^3/s$. De store regulerte elvestrekningene (over $100 m^3/s$) er konsentrert til Østlandet og delvis Møre- og Romsdal og Trøndelag.

Tabell 4.8 viser den regulerte elvestrekningen fordelt etter region, utbyggingsperiode og høyde over havet. De eldre utbyggingene er først og fremst konsentrert til Øst- og Sørlandet, mens Midt- og Nord-Norge har den største andelen med nye reguleringer. Det går videre fram av tabellen at andelen reguleringer under 600 m.o.h. er størst på Øst- og Sørlandet, mens Vestlandet som ventet har flest reguleringer i høfjellet.

Tabell 4.8. Regulerte elvestrekninger, etter region, utbyggingsperiode og høyde over havet

	Kilometer elvestrekning	I alt	Øst- Norge	Sør- landet	Hordaland og Sogn og Fjordane			Midt- Norge	Nord- Norge
					Prosent				
I alt	8 703	100	22,9	30,9	15,3	17,0	14,2		
Utbyggingsperiode									
Før 1940	455	100	58,3	12,8	6,9	21,8	4,4		
1940 - 1959	1 084	100	28,6	41,0	3,9	18,9	7,6		
1960 - 1969	2 481	100	30,1	27,5	10,1	15,6	17,0		
1970 - 1974	1 828	100	18,9	32,9	15,6	17,4	15,4		
1975 - 1980	896	100	16,2	8,9	16,9	29,4	28,7		
Ufordelt	1 960	100	9,3	42,1	28,9	10,3	9,5		
Høyde over havet									
0 - 299 m	5 594	100	22,1	26,8	10,9	22,1	18,3		
300 - 599 "	1 794	100	24,7	42,5	12,5	11,5	9,1		
600 - 899 "	846	100	28,2	43,5	20,9	2,5	5,3		
900 - 1 199 "	397	100	18,9	15,7	63,0	2,8	-		
1 200 m og mer	72	100	2,8	-	97,3	-	-		

Figur 4.9. Kilometer regulert elvestrekning, etter region og årlig middelvannføring før regulering¹⁾



1) Figuren omfatter i alt 7 250 km regulerte elvestrekninger.

4.3.2. Endring i middelvannføring

Det vil være naturlig å skille mellom ulike typer regulerte elver. I elver nedstrøms kraftstasjonene vil som oftest vannføringen om vinteren øke mens den om sommeren avtar på grunn av tapping av reguleringsmagasinene. Vannføringen på årsbasis kan være relativt uendret. Hovedinntrykket er en elvestrekning med utjamnet sesongmessige variasjoner i vannføring, se figur 4.1.

Det har etterhvert blitt mer og mer vanlig å overføre elver enten innen ett og samme vassdrag eller fra et vassdrag til et annet. Elvestrekninger nedenfor det punkt der overføringen skjer fra, vil naturlig nok få reduisert vannføring både sommer og vinter. Elvestrekninger som tilføres vannmengder ved overføringer fra andre vassdrag vil derimot få økt vannføring. Ofte vil dette være elvestrekninger nedstrøms kraftstasjoner der de sesongmessige variasjonene fra før er utjamnet, se ovenfor.

I tabell 4.9 er regulerte elver fordelt etter endring i årlig, juni- og januarvannføring.

Tabell 4.9. Regulerte elvestrekninger, etter endring i middelvannføring på årsbasis, i juli og i januar. Kilometer

	I alt	Redusert årlig middel- vannføring	Uendret årlig middel- vannføring	Økt årlig middel- vannføring	Uppgitt årlig middel- vannføring
I alt	8 703	4 111	2 370	658	1 565
Redusert januarvannføring	3 142	2 970	121	3	47
Uendret januarvannføring	666	188	464	15	-
Økt januarvannføring	1 977	44	1 387	488	59
Uppgitt januarvannføring	2 919	909	398	153	1 458
Redusert julivannføring	4 534	3 088	1 053	346	47
Redusert januarvannføring	2 956	2 893	17	-	47
Uendret januarvannføring	148	146	2	-	-
Økt januarvannføring	1 403	24	1 033	346	-
Uppgitt	26	26	-	-	-
Uendret julivannføring	833	17	749	8	59
Redusert januarvannføring	111	4	104	3	-
Uendret januarvannføring	456	1	455	5	-
Økt januarvannføring	255	-	190	-	59
Uppgitt	11	11	-	-	-
Økt julivannføring	158	8	-	149	-
Redusert januarvannføring	8	8	-	-	-
Uendret januarvannføring	10	-	-	10	-
Økt januarvannføring	134	-	-	134	-
Uppgitt	6	-	-	6	-
Uppgitt januarvannføring	3 180	998	568	155	1 458
Redusert januarvannføring	65	65	-	-	-
Uendret januarvannføring	53	41	7	5	-
Økt januarvannføring	185	20	163	3	-
Uppgitt	2 876	872	398	148	1 458

Om lag 4 100 kilometer elvestrekning av i alt 8 700 kilometer registrerte strekninger, har redusert årlig middelvannføring etter regulering. "Redusert" vannføring betyr en vannføring etter regulering på 0-90 prosent av vannføring før regulering. 950 kilometer av disse elvestrekningene har en årlig vannføring etter regulering på mindre enn 10 prosent av vannføring før regulering. Dette er elver som er tørrlagt eller nesten tørrlagt. Elvestrekninger med reduisert årlig middelvannføring dreier seg hovedsakelig om elver mellom magasin og kraftstasjon og om elver delvis tørrlagt pga. overføringer. Som det går fram av tabell 4.9 har de aller fleste elvestrekningene med redusert årlig vannføring samtidig redusert juli- og januarvannføring.

I underkant av 2 400 kilometer elvestrekning har tilnærmet uendret årlig vannføring etter regulering. Det vil si elver med årlig vannføring etter regulering på 90-110 prosent av vannføring før regulering. Dette er på ingen måte uberørte elvestrekninger. Tabell 4.9 viser at hoveddelen av disse elvestrekningene har redusert julivannføring kombinert med økt januarvannføring. M.a.o. dreier dette seg i hovedsak om elvestrekninger nedstrøms kraftstasjoner der de sesongmessige variasjonene er utjamnet.

660 kilometer elvestrekning har økt årlig vannføring etter regulering. Den økte vannføringen kan tilskrives overføringer fra andre vassdrag. Som det går fram av tabellen har de fleste elver med økt årlig vannføring samtidig redusert julivannføring og økt januarvannføring. Det er derfor grunn til å tro at den tilførte vannføringen i liten grad hindrer den sesongmessige utjamningen av vannføringen i elvene.

For 1 565 kilometer elvestrekninger savnes det opplysninger om endring i årlig middelvannføring. For de fleste av disse strekningene mangler det også opplysninger om juli- og januarvannføring.

I tabell 4.10, 4.11 og 4.12 er regulerte elvestrekninger fordelt etter årlig, juli- og januarvannføring og etter region, utbyggingsperiode og elvestørrelse målt i m³/s.

Tabell 4.10. Regulerte elvestrekninger, etter endring i årlig middelvannføring, region, utbyggingsperiode og årlig middelvannføring før utbygging (m³/s)

	Kilometer elvestrekning	I alt	Årlig middelvannføring etter regulering i prosent av vannføring før regulering					
			0-9	10-49	50-89	90-109	110 og mer	Uopp-gitt
I alt	8 703	100	10,9	21,9	14,5	27,2	7,6	18,0
Region ¹⁾								
Øst-Norge	1 991	100	10,0	14,6	13,2	45,3	4,0	12,9
Sørlandet	2 688	100	10,1	22,3	8,0	20,0	13,1	26,5
Hordaland og Sogn og Fjordane .	1 326	100	11,0	30,8	20,4	20,0	2,2	15,7
Midt-Norge	1 472	100	11,4	18,9	18,4	27,7	7,1	16,6
Nord-Norge	1 228	100	13,3	26,8	19,8	21,1	7,5	11,5
Utbyggingsperiode								
Før 1940	455	100	8,1	4,8	1,1	40,5	0,5	44,9
1940 - 1959	1 084	100	9,9	11,2	3,3	29,6	30,2	15,7
1960 - 1969	2 481	100	19,5	27,4	16,0	23,4	3,4	10,2
1970 - 1974	1 827	100	4,2	26,1	22,9	33,0	8,2	5,6
1975 - 1980	896	100	8,8	20,8	18,0	37,6	4,8	10,0
Uopp-gitt	1 960	100	8,2	21,3	12,3	17,6	2,5	38,0
Årlig middelvannføring før regulering (m ³ /s)								
0,0 - 0,9	944	100	25,1	37,4	14,3	16,4	3,6	3,2
1,0 - 4,9	1 869	100	15,3	31,6	22,2	21,6	8,6	0,8
5,0 - 9,9	908	100	13,0	34,6	23,0	21,5	5,7	2,2
10,0 - 49,9	1 574	100	11,7	37,3	16,4	24,6	7,9	2,0
50,0 og mer	1 950	100	6,2	3,1	12,4	63,0	14,8	0,6
Uopp-gitt	1 457	100	-	-	-	-	-	100,0

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Tabell 4.11. Regulerte elvestrekninger, etter endring i julimiddelvannføring, region, utbyggingsperiode og årlig middelvannføring før regulering (m³/s)

	Kilometer elvestrekning	I alt	Julimiddelvannføring etter regulering i prosent av vannføring før regulering					
			0-9	10-49	50-89	90-109	110 og mer	Uopp- gitt
Prosent								
I alt	8 703	100	8,3	21,6	22,3	9,6	1,8	36,5
Region ¹⁾								
Øst-Norge	1 991	100	9,8	12,7	32,9	7,4	2,6	34,5
Sørlandet	2 688	100	9,4	28,3	20,9	4,2	1,3	35,9
Hordaland, Sogn og Fjordane ...	1 326	100	8,6	30,9	15,3	14,1	1,2	30,0
Midt-Norge	1 472	100	6,1	15,9	22,5	17,7	2,0	35,8
Nord-Norge	1 228	100	5,4	17,9	15,3	10,0	2,1	49,3
Utbyggingsperiode								
Før 1940	455	100	2,4	4,9	18,9	2,1	0,5	71,1
1940 - 1959	1 084	100	5,4	8,0	34,8	3,5	0,2	48,1
1960 - 1969	2 481	100	16,4	22,4	18,2	5,9	1,8	35,3
1970 - 1974	1 828	100	4,5	35,5	30,3	10,3	3,4	16,1
1975 - 1980	896	100	6,4	24,8	17,8	29,4	2,3	19,2
Uopp-gitt	1 960	100	5,2	17,5	15,8	9,6	1,3	50,6
Årlig middelvannføring før regulering (m ³ /s)								
0,0 - 0,9	944	100	21,5	38,6	11,1	11,8	1,8	15,2
1,0 - 4,9	1 869	100	9,2	21,9	13,6	10,9	3,2	41,2
5,0 - 9,9	908	100	12,5	28,5	20,7	8,0	2,1	28,3
10,0 - 49,9	1 574	100	10,7	30,2	23,7	9,0	3,2	23,2
50,0 og mer	1 950	100	2,2	17,4	52,2	12,6	0,6	15,1
Uopp-gitt	1 457	100	1,3	2,0	-	4,1	-	92,7

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Tabell 4.12. Regulerte elvestrekninger, etter endring i januarmiddelvannføring, region, utbyggingsperiode og årlig middelvannføring før utbygging (m³/s)

	Kilometer elvestrekning	I alt	Januarmiddelvannføring etter regulering i prosent av vannføring før regulering					
			0-9	10-49	50-89	90-109	110 og mer	Uopp- gitt
Prosent								
I alt	8 703	100	12,2	12,0	11,9	7,7	22,7	33,5
Region ¹⁾								
Øst-Norge	1 991	100	19,0	0,7	10,0	2,3	44,4	23,6
Sørlandet	2 688	100	9,0	17,6	6,6	2,5	28,7	35,6
Hordaland, Sogn og Fjordane ...	1 326	100	18,4	17,1	14,6	18,3	5,7	25,9
Midt-Norge	1 472	100	6,9	13,3	18,0	15,6	10,4	35,8
Nord-Norge	1 228	100	8,0	10,8	16,2	6,7	7,7	50,7
Utbyggingsperiode								
Før 1940	455	100	1,8	4,4	-	2,0	31,6	60,4
1940 - 1959	1 084	100	9,2	3,0	1,4	2,1	41,7	42,6
1960 - 1969	2 481	100	23,9	11,9	11,2	7,0	14,1	31,9
1970 - 1974	1 828	100	7,1	14,9	21,7	8,2	31,8	16,3
1975 - 1980	896	100	9,0	16,8	20,9	14,6	24,3	14,4
Uopp-gitt	1 960	100	7,9	13,8	8,1	9,2	11,8	49,1
Årlig middelvannføring før regulering (m ³ /s)								
0,0 - 0,9	944	100	57,5	0,2	5,2	20,5	2,1	14,4
1,0 - 4,9	1 869	100	9,8	18,6	14,6	12,9	7,1	36,9
5,0 - 9,9	908	100	11,0	24,5	21,1	5,9	13,4	24,1
10,0 - 49,9	1 574	100	11,3	25,6	18,8	4,2	26,5	18,6
50,0 og mer	1 950	100	2,3	1,8	11,5	5,7	67,0	11,8
Uopp-gitt	1 457	100	1,3	2,0	-	-	4,1	92,7

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Den årlige middelvannføringen er oftest redusert i Hordaland og Sogn og Fjordane, mens Øst-Norge har stor andel uendret årlig middelvannføring, se tabell 4.10. Det går imidlertid fram av tabell 4.11 og 4.12 at en stor relativ andel av elvestrekningene i Øst-Norge har økt vannføring i januar og redusert i juli. I Hordaland og Sogn og Fjordane er derimot både januar- og julimiddelvannføringen redusert i et flertall av elvestrekningene. Dette skulle indikere at vassdrag i Øst-Norge i liten grad er berørt av overføringer, mens Hordaland og Sogn og Fjordane har den største andelen med slike regulerte vassdrag.

Utbyggingsperioden 1960-69 skiller seg ut m.h.t. både endret årlig, juli- og januarmiddelvannføring. I denne perioden ble det både absolutt og relativt tørrlagt flest elvestrekninger. Som det gikk fram av tabell 4.8 er reguleringer fra denne perioden jamt fordelt på alle regioner.

Små elvestrekninger, det vil her si årlig middelvannføring på under $10 \text{ m}^3/\text{s}$, har hatt den største reduksjonen i årlig middelvannføring etter regulering. Dette må sees i sammenheng med at det er de minste elvene som oftest blir berørt av overføringer. Dette forholdet kommer enda klarere fram m.h.t. endring i januarmiddelvannføring. Det er en klar tendens til at små elvestrekninger får mindre vannføring i januar, samtidig som store elvestrekninger får større. Endring i julivannføring fordelt etter elvestørrelse gir et mer komplisert bilde. Vannføringen er redusert - til dels ofte - i både store og små elver. Andelen tørrlagte eller nesten tørrlagte elvestrekninger, det vil si julivannføring etter regulering lik 0-9 prosent av julivannføring før regulering, er imidlertid størst for de små elvestrekningene. I store elver (over $50 \text{ m}^3/\text{s}$) er andelen "moderat" reduksjon av julivannføringen størst, det vil si vannføring etter regulering lik 50-89 prosent av vannføring før regulering. Dette er i hovedsak elvestrekninger der de sesongmessige variasjonene i vannføring er utjamnet pga. tapping av magasinene.

5. VIRKNINGER AV VANNKRAFTUTBYGGING PÅ FISK OG FISKE

Kapittel 4 beskrev tekniske inngrep i vassdrag som følge av vannkraftutbygging. Slike inngrep kan ha ulike virkninger på naturmiljøet. Hoveddelen av dette kapitlet inneholder en analyse av enkelte av virkningene på fiskebestanden og på mulighetene for å utøve fiske. Resultatene er basert på kommunale innlandsfiskeremnders og jeger- og fiskerforeningers vurdering av vannkraftutbyggingenes virkninger. Disse vurderingene er i de fleste tilfeller basert på subjektive oppfatninger hos lokale fiskekyndige personer. Noen få vurderinger bygger i tillegg på fiskebiologiske undersøkelser.

I undersøkelsen har det vært målsettingen å rendyrke virkningene av vannkraftutbygging. Imidlertid vil fiskebestander, fangstmengde og fiskestørrelse endres også som følge av andre faktorer enn vannkraftutbygging. I den seinere tid er spesielt forsurening av fiskevann kommet i fokus. Vi vil komme tilbake til dette problemet i kapittel 6. I dette kapitlet blir forsurningsområdene i Telemark, Agder og Rogaland holdt utenfor.

Også i vassdrag utenom forsureningsområdet kan andre faktorer enn regulering ha påvirket fiskebestandene. Dette kan være lokale forurensninger eller endrede fangstmetoder. For å finne ut om disse faktorene hadde noen betydning i forhold til generelle reguleringsinngrep ble 100 tilfeldig utvalgte uregulerte innsjøer nærmere undersøkt. I avsnitt 5.4 presenteres resultater fra denne tilleggsundersøkelsen og disse blir sammenliknet med resultater fra hovedundersøkelsen.

I avsnitt 5.5 presenteres resultater fra en regresjonsanalyse, der vi bl.a. har testet sammenhenger mellom reguleringsinngrep og virkninger på aurebestanden i elver og innsjøer.

Alle resultater i dette kapitlet refererer til antall reguleringsmagasin og antall regulerte elvestrekninger definert etter vassdragsregisteret, se avsnitt 2.1.

5.1. Generell beskrivelse av virkninger på fisk og fiske

Bakgrunnstoffet til dette avsnittet er i hovedsak hentet fra Aass (1969 a), Elgmork (1972), og Hindar et al. (1979) og Gunnerrød og Mellquist (1979).

5.1.1. Fiskemiljø i regulerte vassdrag

Virkinger på fisk i reguleringsmagasin har først og fremst sammenheng med endringen i naturlig vannstand. I de aller fleste magasiner vil nye landområder bli lagt under vann. På kort sikt vil dette føre til en tilførsel av plantenæringsstoffer og med den en økning i antall planteplankton og småkreps. Denne "demningseffekten" fører til en bedring i fiskebestanden de 5-10 første åra etter en regulering. På lengre sikt vil imidlertid praktisk talt alt organisk materiale bli vasket ut i sonen mellom LRV og HRV. Samtidig vil store områder mellom LRV og HRV bli tørrlagt og frostsprengt i løpet av vinteren. Områdene under LRV får oftest en overlaging av organiske og uorganiske sedimenter. Dette resulterer i betydelig endringer i innsjøenes fauna og flora. Strandområdene mellom HRV og LRV blir uegnet for mange insektlarver, snegler, større krepsdyr som marflo og flerårige planter. Dette vil naturlig nok gå hardest ut over næringsgrunnlaget til fiskearter som er spesialister på bunndyr i strandsoner (f.eks. aure). Enkelte krepsdyr som tåler innfrysing, slik som linsekreps og skjoldkreps, ser ut til å greie seg relativt bra. Bunndyra i dypområdene blir mindre påvirket enn i strandsonen. Antall individer av bunndyr kan holde seg nær nivået fra før reguleringen, mens antall arter går noe ned. Planktoniske alger og krepsdyr i de frie vannmassene kan også greie seg bra ved en regulering. En av grunnene til dette kan være at vannmassene blir holdt tilbake i reguleringsmagasinet om sommeren. I naturlige innsjøer blir algene og småkrepsene lettere fraktet med overflatevannet ned i utløpselva. Næringsgrunnlaget for planktonspisende fiskearter som røye, sik og lagesild reduseres derfor lite.

Rekrutteringsmulighetene for ulike fiskearter blir ofte endret etter en vannkraftutbygging. For de fiskearter som gyter på innløp eller utløpselvene vil som regel rekrutteringen gå ned fordi tilgjengeligheten til gyteområdene eller kvaliteten av dem blir redusert. Dette gjelder aure, harr og delvis sik. For de arter som gyter i innsjøen (eksempel røye, abbor og gjedde) kan ofte gytearealet øke fordi nye områder blir neddemt. Effekten er imidlertid avhengig av hvilken bunntype og dybde fisken gyter på, hvilket tidspunkt og eventuelt i hvor stor grad yngelen har evne til å følge endringen i vannstand.

Virkingen på fiskefaunaen i regulerte elvestrekninger har sammenheng med at vannføringen endres permanent eller sesongvis. Elvestrekninger mellom oppdemt innsjø og kraftstasjon, eller elver som er overført til andre (del)vassdrag vil ofte få redusert vannføring både i sommer- og vinterhalvåret. Elver nedstrøms kraftstasjon vil derimot få utjamnet forskjeller mellom sommer og vinter, det vil si at sommervannføringen blir redusert, mens vintervannføringen øker.

Det vil være hensiktsmessig å skille mellom to typer fiskebestander i elv: stasjonær fiskebestand og vandrende gytebestand. Typisk stasjonære fiskearter er ofte aure eller harr, men på stilleflytende elver bl.a. på Østlandet kan mange andre arter leve hele livet i elva: sik, lake, abbor, gjedde m.fl. I samme elvestrekning kan det også finnes vandrende gytebestander av bl.a. aure, laks, sjøaure og harr. Dette er fiskebestander som vandrer oppover fra havet eller nedover/oppover fra innsjøer for å gyte i elvestrekningene. Virkningene på de ulike fiskeartene av redusert vannføring vil bl.a. være avhengig av om det er vandrende eller stasjonær bestand, og i hvor stor grad fiskeartene er tilpasset et liv i rennende vann. Ved redusert vannføring, og spesielt sommervannføring, vil strømhastigheten avta. Konkurransforholdet mellom fiskearter vil endres på en slik måte at strømelkende stasjonære bestander av bl.a. aure og harr lettere blir fortrent av abbor, gjedde, sik m.v. Redusert sommervannføring kan også føre til en reduksjon av bunnareal og derved mindre mulighet for oppvekst av fisk. Dette gjelder spesielt mindre elver. Ved redusert sommervannføring er det i tillegg en fare for at utslipp av næringsstoffer ikke så lett nøytraliseres eller spyles bort. Dette kan føre til en ugunstig eutrofiering. Redusert vannføring kan også påvirke oppgangen av vandrende gytefisk som aure, laks og sjøaure. På samme måte vil oppgangen av ål bli påvirket.

I en del regulerte elver er det observert økt tilslamming fordi tidligere stabile sedimenter i overforliggende uregulerte innsjøer ved regulering har blitt løst opp i vannmassene og ført nedover i vassdraget. Dette gjelder spesielt fra vann som er tilført store mengder breslam. Virkningene på fiskefaunaen varierer fra vassdrag til vassdrag (jfr. Aass 1972 og 1979a og Andersen 1979).

I elver med redusert vintervannføring kan det oppstå tendenser til bunnisdannelse. Dette kan resultere i økt erosjon, men betyr trolig mindre for det biologiske liv (Aass 1969a).

5.1.2. Utøvelse av fiske i regulerte vassdrag

Forrige avsnitt beskrev hvordan bestanden av viktige fiskearter endres som følge av reguleringsinngrep i innsjøer og elver. Endret fiskebestand vil i neste omgang påvirke mulighetene for utøvelse av fiske. Mulighetene for fiske kan også endres på andre måter:

I reguleringsmagasiner legges nye områder under vann, og ikke-nedbrutte kvister og røtter i strandsonen reduserer mulighetene for blant annet å bruke not og garn. Aass (1969a) skrev at det i Møsvatn fortsatt fantes rester av kratt og lyng på bunnen 60 år etter reguleringen. I en kortere periode etter reguleringen vil en også ha problemer med drivende virke. Tapping av magasiner om vinteren gjør isfiske med garn anstrengende og tidkrevende fordi garnene stadig må flyttes.

I regulerte elver og innsjøer endres ofte vandringsmønsteret til enkelte fiskebestander. Dette kan bl.a. påvirke mulighetene for utøvelse av fiske fordi gode fiskeplasser forsvinner.

Mulighetene for utøvelse av fiske kan også bli positivt påvirket ved regulering fordi atkomsten til området blir bedret ved veibygging.

5.2. Virkninger av vannkraftutbygging på fiskemiljøet - hovedresultater

Vi vil i dette avsnittet presentere resultater fra innlandsfiskeremndenes og jeger- og fiskerforeningenes vurderinger av reguleringsvirkningene på fiskebestanden.

Følgende tre kjennemerker er tatt med i denne gjennomgangen, (se forøvrig skjema i vedlegg 5):

Endring i bestandsstørrelse er først og fremst et uttrykk for endring i fiskeartenes rekrutteringsmuligheter i videste forstand. Det betyr rekruttering til fangbar del av bestanden.

Endring i fiskestørrelse er uttrykk for en kvalitativ eller kvantitativ endring i næringsgrunnlaget i forhold til bestandsstørrelsen.

Endring i fangstmengde kan skyldes både en endring i antall fisk (bestandsstørrelse) og fiskestørrelse. I de fleste regulerte elver og innsjøer reduseres den fangbare aurebestanden både på grunn av redusert antall og redusert størrelse, med den følge at total fangstmengde går ned. Fangstmengden kan imidlertid også endres på grunn av økt fiskeinnsats, endret fiskemetode eller eventuelt endring i fiskens vandringsmønster.

I hovedsak har de kommunale innlandsfiskeremndene og lokale jeger- og fiskerforeninger oppfattet og besvart spørsmålene tilfredsstillende. Spørsmålet om endring i fiskebestand gir imidlertid ikke noen entydig definisjon av fiskebestand. Det går ikke klart fram om det menes antall fisk eller kg fisk. Ut fra de innkomne svar ser det ut som om de aller fleste har svart antall fisk. Noen har nok oppfattet endringen i fiskebestand lik endringen i fangstmengde. Total fangstmengde vil ofte være den eneste indikatoren på bestandsstørrelse i vann der det ikke er foretatt prøvefiske eller liknende undersøkelser.

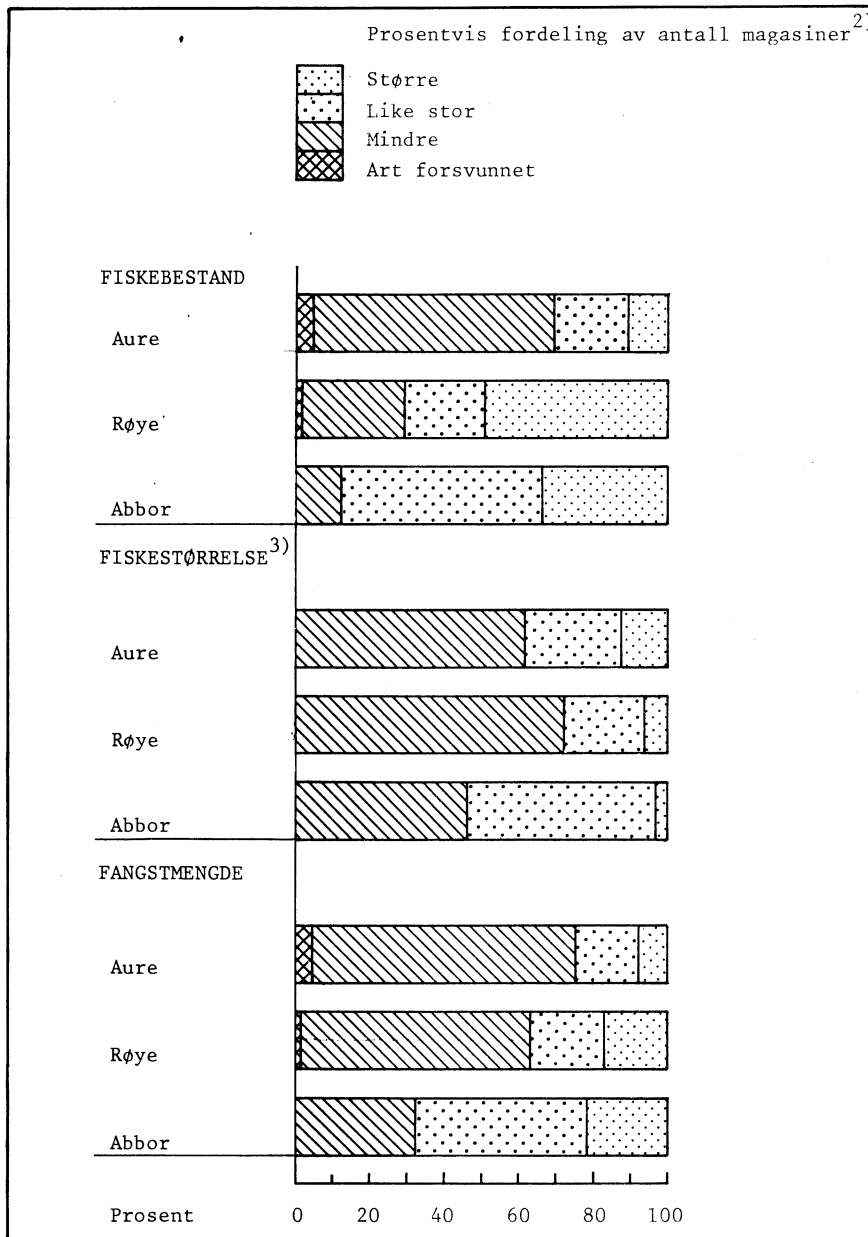
5.2.1. Regulerte innsjøer

Resultatene i dette avsnittet er basert på opplysninger fra 504 reguleringsmagasiner i hele landet unntatt forsyningsområdene på Sørlandet (se avsnitt 3.1). Av disse hadde

460	Aure	24	Gjedde
174	Røye	9	Brosme
44	Sik	17	Mort
10	Harr	35	A1
30	Lake	21	Kreps
56	Abbor	47	Andre

I figur 5.1 og tabell 5.1, 5.2 og 5.3 er vist de oppgitte endringene i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde for aure, røye, sik, abbor, lake og gjedde.

Figur 5.1. Regulerte innsjøer, etter endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde for aure, røye og abbor. Prosent av antall magasiner¹⁾



- 1) Figuren bygger på resultater fra 543 magasiner i hele Norge utenom forsyningsområdet på Sørlandet.
- 2) "Ny etablert art" og "vet ikke" -andelen er holdt utenfor. "Vet ikke"-andelen varierer mellom 10 og 20 prosent.
- 3) "Art forsvunnet" er holdt utenfor.

Det går fram av figur 5.1 at i om lag 70 prosent av antall magasiner er aurebestanden blitt mindre etter regulering. ("Vet ikke" og "Arten ny-etablert" er i figuren holdt utenfor.) Fiskestørrelsen er redusert i 60 prosent av magasinene, mens fangstmengden er blitt mindre i 75 prosent av magasinene. Opplysningene tyder m.a.o. på at auren i de aller fleste reguleringsmagasiner både har fått en reduksjon i rekruttering og i næringsgrunnlag, i og med at både fiskeantallet og fiskestørrelsen er redusert i et flertall av magasinene. Reduksjon i rekruttering kan først og fremst skyldes at gyteelvene blir avstengt og/eller negativt påvirket som følge av redusert vannføring. Næringstilgangen er redusert først og fremst fordi auren har sitt viktigste leveområde i strandsonen der utvaskingen virker sterkest.

At fangstmengden synes å ha gått mer ned enn bestanden kan skyldes at både fiskebestanden og fiskestørrelsen er redusert samtidig. På den måten er den fangbare andelen av bestanden redusert. I tillegg kan muligheten for utøvelse av fiske ha blitt dårligere.

I avsnitt 5.5 presenteres en analyse av sammenhenger mellom tekniske inngrep i vassdrag og virkninger på bestanden av aure. Analysen tar utgangspunkt bl.a. i de opplysningene som finnes i dette avsnittet og i kapittel 4 om reguleringsinngrep.

Figur 5.1 viser videre at røyebestanden har økt i et flertall av reguleringsmagasinene. Dette bør sees i sammenheng med bedre næringsgrunnlag og nedgang i aurebestanden. Det kan også forekomme at røye pga. neddemming og utvasking får utvidet sitt gyteareal av steinete gruntområder.

Røyas fiskestørrelse har gått ned i de fleste magasiner. Denne tendensen er imidlertid også observert i mange uregulerte innsjøer, jfr. figur 5.11 i avsnitt 5.4.

Fangstmengden av røye er på samme måte som for aure redusert kraftig etter regulering. Men som det går fram av figur 5.11 i avsnitt 5.4 er fangstmengden av røye også redusert i uregulerte innsjøer. Dette kan skyldes at den relative fangstinnsetningen etter røye er redusert de siste 20 årene både i regulererte og i uregulerte innsjøer.

Virkningen på abbor likner mye på røye. Antall fisk øker og fiskestørrelsen reduseres ofte på grunn av "tusenbrødring". Imidlertid ser det ut for at abborer i svært mange magasin (mellom 40 og 50 prosent) er upåvirket av regulering. Dette kan ha sammenheng med at abborer har sin hovedutbredelse i områder der regulerings høyden ofte er liten.

Tabell 5.1. Regulerte innsjøer, etter endring i bestandsstørrelse etter fiskeart¹⁾

Fiskeart	Antall magasiner	I alt	Hvordan er bestanden nå i forhold til før reguleringen?					
			Større	Like stor	Mindre	Arten forsvunnet	Arten ny-etablert	Vet ikke
			Prosent					
Aure	460	100	8,9	17,6	54,8	3,5	5,9	9,3
Røye	174	100	35,1	15,5	20,1	0,6	20,7	8,0
Abbor	56	100	25,0	39,9	8,9	-	14,3	12,5
Sik	44	100	15,9	20,5	11,4	-	45,5	6,8
Lake	30	100	6,7	30,0	6,7	-	23,3	33,3
Gjedde	24	100	12,5	50,0	8,3	4,2	12,5	12,5

1) Tabellen bygger på 543 reguleringsmagasiner i hele Norge utenom forsyningsområdene på Sørlandet.

Tabell 5.2. Regulerte innsjøer, etter endring i fiskestørrelse og etter fiskeart¹⁾

Fiskeart	Antall magasin	I alt	Hvordan er størrelsen (vekten) på fisken nå i forhold til før reguleringen?					
			Større	Like stor	Mindre	Arten forsvunnet	Arten nyetablert	Vet ikke
			Prosent					
Aure	460	100	9,6	20,0	47,4	3,5	5,9	13,7
Røye	174	100	4,0	14,4	50,0	0,6	20,7	10,3
Abbor	56	100	1,8	35,7	32,1	-	14,3	16,1
Sik	44	100	4,5	29,5	18,2	-	45,5	2,3
Lake	30	100	-	26,7	3,3	-	23,3	46,7
Gjedde	24	100	-	41,7	25,0	4,2	12,5	16,7

1) Tabellen bygger på 543 reguleringsmagasiner i hele Norge utenom forsyningsområdene på Sørlandet.

Tabell 5.3. Regulerte innsjøer, etter endring i fangstmengde og etter fiskeart¹⁾

Fiskeart	Antall magasin	I alt	Hvordan er fangstmengdene for hele vannet nå i forhold til før reguleringen?						
			Større	Like stor	Mindre	Betydelig mindre	Arten forsvunnet	Arten nyetablert	Vet ikke
			Prosent						
Aure	460	100	7,0	13,3	27,0	30,9	3,5	5,9	12,6
Røye	174	100	10,9	13,2	23,6	17,2	0,6	20,7	13,8
Abbor	56	100	14,3	30,4	16,1	5,4	-	14,3	19,6
Sik	44	100	11,4	22,7	11,4	4,5	-	45,5	4,5
Lake	30	100	6,7	20,0	3,3	10,0	-	23,3	36,7
Gjedde	24	100	-	29,2	25,0	8,3	4,2	12,5	20,8

1) Tabellen bygger på 543 reguleringsmagasiner i hele Norge utenom forsyningsområdene på Sørlandet.

Sikbestanden ser ut til å være relativt upåvirket av regulering. Bestanden har økt i omtrent like mange magasiner som den er redusert. Dette gjelder også fangstmengden. I svært mange reguleringsmagasiner er imidlertid sik etablert som ny art. Størrelsen (vekten) på siken etter regulering ser ut til å påvirkes mindre enn tilfellet er for røye. Når siken blir lite påvirket av regulering må dette imidlertid også sees i sammenheng med jamnt over lavere reguleringshøyde i sikens hovedutbredelsesområde.

For lake og gjedde er det vanskelig å påvise verken positiv eller negativ virkning på bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde. Aass (1969) påpeker at lakens rekruttering sannsynligvis blir påvirket lite i og med at den har pelagisk svevende rogn. I tillegg er laken fiskeetende og får dermed sjelden redusert næringsgrunnlaget vesentlig ved reguleringer. Gjeddas rekrutteringsmuligheter kan derimot reduseres, i og med at den er avhengig av levende vegetasjon i strandsonen. Når det likevel ikke kan påvises noen negativ virkning verken for lake eller gjedde, må dette som for sik, sees i sammenheng med liten reguleringshøyde.

Innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene har også registrert eventuelle nyetableringer av fiskearter og hva de mener har vært årsakene til dette. I tabell 5.4 vises sammenstillingen av disse opplysningene.

Aure er nyetablert i 34 reguleringsmagasiner. Som ventet er hovedårsaken til disse etableringene tilsiktet utsetting. Derimot er røye og sik ofte etablert i reguleringsmagasiner på grunn av nye vandringsveier. Dersom en holder "vet ikke"-grupper utenfor er "nye vandringsveier" hovedårsaken i 65 prosent av magasiner der røye og sik er nyetablert. Røya og siken kan bl.a. følge overføringstunnelene og spres i vassdrag eller innsjøer som tidligere har vært utilgjengelige. Fiskearter kan også spres pga. utilsiktet utsetting. Det kan bl.a. skje ved at fremmed fisk, f.eks. ørekyt, følger settefiskene. Ørekyt inngår i "andre"-gruppen i tabell 5.4.

Tabell 5.4. Antall reguleringsmagasiner der ny art er etablert, etter årsak

Fiskeart	I alt ¹⁾	Tilsiktet utsetting	Utilsiktet utsetting	Nye vand-rings-veier	Andre årsaker	Vet ikke
Alle arter	153	32	23	40	6	56
Av disse:						
Aure	27	17	2	2	1	7
Røye	36	2	2	19	2	11
Sik	20	3	-	6	-	11
Abbor	8	-	-	2	-	6
Lake	7	-	-	5	-	2
Gjedde	3	1	-	-	-	2
Andre ²⁾	45	2	19	6	3	17

1) Det er i noen tilfeller krysset av for flere svaralternativer for hvert enkelt magasin. 2) Harr, mort, kreps, ørekyt o.l.

5.2.2. Regulerte elver

Resultatene som presenteres i dette avsnittet er basert på opplysninger fra 714 elvestrekninger, se avsnitt 3.1. Av disse hadde:

642 Aure	96 Abbor
177 Røye	60 Gjedde
38 Sjørøye	22 Brasme
150 Laks/Sjøaure	31 Mort
67 Sik	84 AI
50 Harr	19 Kreps
59 Lake	43 Andre

I figur 5.2, tabell 5.5, 5.6 og 5.7 presenteres enkelte av disse artenes reaksjon på regulering, slik de er vurdert av innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene.

Det går fram av figur 5.2 at bestanden av aure er blitt mindre eller forsvunnet etter regulering i mer enn 70 prosent av antall elvestrekninger. På tilsvarende måte er det oppgitt at fiskestørrelsen er redusert i 60 prosent av elvestrekningene og fangstmengden i underkant av 80 prosent. Dette må sees i sammenheng med at aure i større grad enn de fleste fiskearter i Norge er tilpasset rennende vann. Ved redusert vannføring blir både næringsgrunnet og rekrutteringsmulighetene redusert. I avsnitt 5.5 er sammenhengene mellom endringene i aurens fiskemiljø og reguleringsinngrep i vassdraget nærmere analysert.

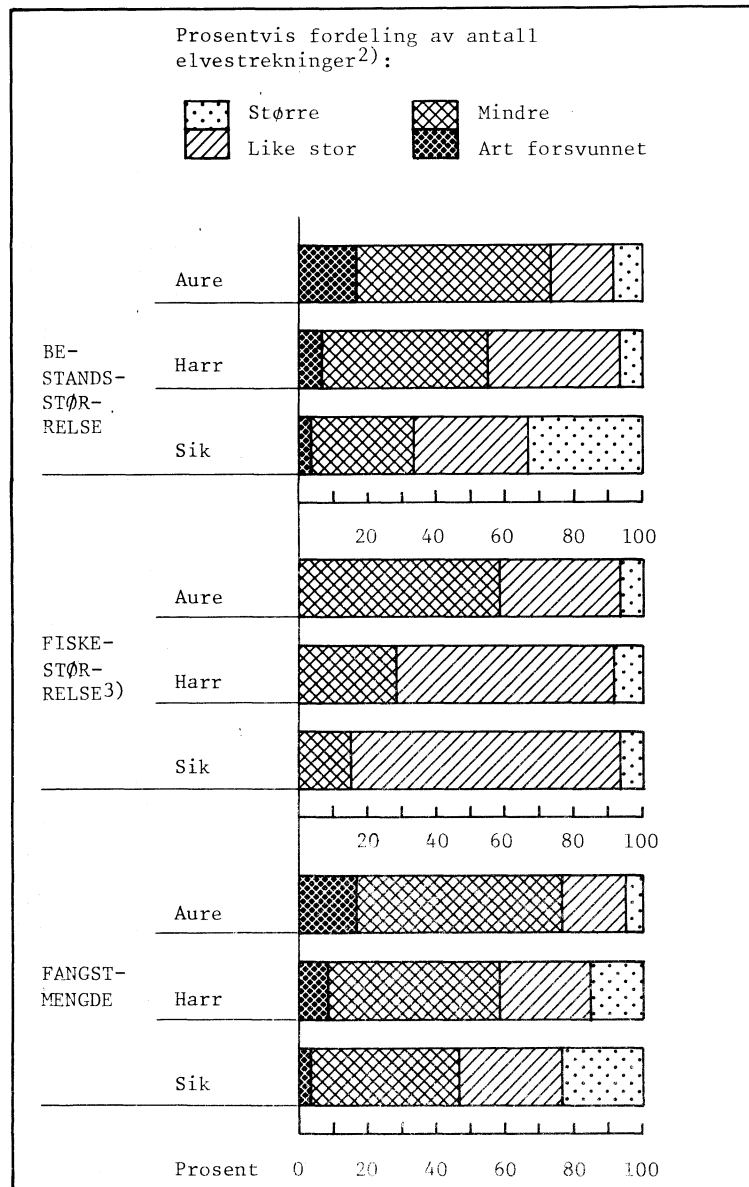
Harr er også en fiskeart som er tilpasset liv i rennende vann og en kunne vente omtrent like negativ virkning for denne fiskeart som for aure. Sammenstillingen av de innsamlede opplysningene viser likevel at harren klarer seg bedre enn aure. Dette gjelder spesielt med hensyn til fiskestørrelsen. Bestanden av harr har derimot gått en del tilbake.

Innsamlede opplysninger om røye må antas ikke bare å gjelde stasjonære bestander, men også i en viss grad vandrende gytebestander i de nordligste landsdeler. Resultatene viser at røye i elver blir påvirket like negativt som aure, med hensyn til alle tre variable.

Sik, lake, abbor og gjedde ser ut til å greie seg godt etter regulering av elvers vannføring. Dette er fiskearter som til vanlig har fordel av reduserte strømhastigheter. Normalt lever sik, lake, abbor og gjedde i innsjøer. Ellers er de bare utbredt i store, stilleflytende elvestrekninger. Reguleringen av disse elvene er stort sett beskjedne, både målt i absolutt og prosentvis endring i vannføring, se avsnitt 4.3.2.

Bestanden og fangstmengden av de anadrome fiskeartene laks, sjøaure og sjørøye er redusert i de fleste regulerte elvestrekninger. Fiskestørrelsen er også redusert i mange regulerte elver, men likevel ikke i samme grad som for aure.

Figur 5.2. Regulerte elver, etter endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde for aure, harr og sik. Prosent av antall elvestrekninger¹⁾



- 1) Figuren bygger på resultater fra 780 regulerte elvestrekninger.
- 2) "Ny etablert art" og "vet-ikke"-andelen er holdt utenfor.
- 3) "Art forsvunnet" er holdt utenfor.

Tabell 5.5. Regulerte elvestrekninger, etter endring i bestandsstørrelse og fiskeart¹⁾

Fiskeart	Antall elvestrekninger	I alt	Hvordan er bestanden nå i forhold til før reguleringen?					
			Større	Like stor	Mindre	Arten forsvunnet	Arten nyetablert	Vet ikke
Prosent								
Aure	642	100	5,0	19,2	50,9	12,8	2,6	9,5
Røye	177	100	6,8	16,4	36,7	11,9	14,7	13,6
Sjørøye	38	100	-	15,8	39,5	26,3	-	18,4
Laks/sjøaure	150	100	1,3	16,0	47,3	22,0	4,0	9,3
Sik	67	100	25,4	25,4	22,4	1,5	16,4	9,0
Harr	50	100	6,0	32,0	40,0	4,0	-	18,0
Lake	59	100	8,5	37,3	10,2	3,4	3,4	37,3
Abbor	96	100	15,6	45,8	10,4	2,1	11,5	14,4
Gjedde	60	100	30,0	50,0	3,3	1,7	3,3	11,7
All	84	100	6,0	17,9	17,9	19,0	-	39,3

1) Bygger på 714 regulerte elvestrekninger i hele Norge utenom forsyningsområdet på Sørlandet.

Tabell 5.6. Regulerte elvestrekninger, etter endring i fiskestørrelse og fiskeart¹⁾

Fiskeart	Antall elvestrekninger	I alt	Hvordan er størrelsen (vekten) på fisken nå i forhold til før reguleringen					
			Større	Like stor	Mindre	Arten forsvunnet	Arten nyetablert	Vet ikke
Prosent								
Aure	642	100	4,4	24,3	39,5	12,8	2,7	16,4
Røye	177	100	1,7	19,2	33,3	11,9	14,7	19,2
Sjørøye	38	100	-	10,5	26,3	26,3	-	36,8
Laks/sjøaure	150	100	1,3	32,0	22,0	22,0	4,0	18,7
Sik	67	100	4,5	55,2	10,4	1,5	16,4	11,9
Harr	50	100	6,0	48,0	22,0	4,0	-	20,0
Lake	59	100	-	50,8	5,1	3,4	3,4	37,3
Abbor	96	100	2,1	53,1	15,6	2,1	11,5	15,6
Gjedde	60	100	6,7	70,0	-	1,7	3,3	18,3
All	84	100	-	27,4	1,2	19,0	-	52,4

1) Se note 1, tabell 5.5.

Tabell 5.7. Regulerte elvestrekninger, etter endring i fangstmengde og fiskeart¹⁾

Fiskeart	Antall elvestrekninger	I alt	Hvordan er fangstmengden for hele elvestrekningen nå i forhold til før reguleringen						
			Større	Like stor	Mindre	Betydelig mindre	Arten forsvunnet	Arten nyetablert	Vet ikke
Prosent									
Aure	642	100	4,4	15,6	22,0	29,6	12,8	2,6	13,1
Røye	177	100	2,8	13,0	17,5	23,7	11,9	14,7	16,4
Sjørøye	38	100	-	5,3	15,8	15,8	26,3	-	36,8
Laks/sjøaure	150	100	2,0	10,7	19,3	28,7	22,0	4,0	13,3
Sik	67	100	16,4	20,9	25,4	4,5	1,5	16,4	14,9
Harr	50	100	12,0	20,0	16,0	24,0	4,0	-	24,0
Lake	59	100	1,7	28,8	11,9	6,8	3,4	3,4	44,1
Abbor	96	100	6,3	40,6	13,5	8,3	2,1	11,5	17,7
Gjedde	60	100	16,7	41,7	6,7	8,3	1,7	3,3	21,7
All	85	100	4,7	14,1	10,6	7,1	29,0	-	43,5

1) Se note 1, tabell 5.5.

Resultatene for ål skiller seg en del ut fra resten av materialet. Bestanden av ål er redusert i om lag 60 prosent av elvestrekningene, når en holder "Vet ikke" utenfor. Fiskestørrelsen er derimot ikke endret nevneverdig. En elveregulering kan ofte redusere ålens mulighet for oppgang. Rekrutteringen til vassdragene blir dermed redusert, noe som igjen gir redusert bestandsstørrelse. Ålen vandrer ikke ut av vassdraget før den har oppnådd en viss størrelse. I og med at ålen ofte fanges i det den vandrer ut av vassdraget vil en dermed ikke kunne registrere noen redusert fiskestørrelse.

I tabell 5.8 har en vist årsakene til at nye fiskearter er etablert etter regulering. Resultatene skiller seg her lite fra tilsvarende sammenstilling for reguleringsmagasiner, se tabell 5.4, bortsett fra at det er etablert langt færre nye fiskearter i regulerte elvestrekninger enn i regulerte innsjøer.

Tabell 5.8. Antall regulerte elvestrekninger der ny art er etablert, etter årsak

Fiskeart	I alt	Tilsiktet utsetting	Utilsiktet utsetting ¹⁾	Nye vandringsveier	Andre årsaker	Vet ikke
Alle arter	95	21	11	22	9	35
Av disse:						
Aure	17	13	1	-	-	5
Røye	26	1	3	12	2	9
Laks/sjøaure	6	6	-	-	-	-
Sik	11	-	1	6	1	3
Abbor	11	-	-	3	1	7
Andre	24	1	6	1	5	11

1) Andre arter har fulgt med settefisken.

5.3. Virkninger av vannkraftutbygging på utøvelse av fiske - hovedresultater

Vannkraftutbyggingen kan ofte endre mulighetene for å utøve fiske i elver eller innsjøer. Ved veibygging kan områder bli mer tilgjengelige, mens endret vannstand og vannføring på den andre siden kan vanskeliggjøre utøvelsen av fiske. I dette avsnittet presenteres resultater av de vurderingene som de kommunale innlandsfiskenemndene og lokale jeger- og fiskerforeningene har foretatt av mulighetene for å utøve fiske og omfanget av fiske etter regulering.

5.3.1. Endring i atkomstmuligheter

I tabell 5.9 er vist endrede atkomstmuligheter i både regulerte innsjøer og elver. Atkomsten er forbedret i om lag 50 prosent av reguleringsmagasinene og i 35 prosent av antall regulerte elvestrekninger.

Tabell 5.9. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i atkomstmuligheter og region¹⁾

Region ²⁾	Antall magasiner/ antall elvestrekninger	I alt	Atkomst etter regulering				
			Lettere	Uendret	Vanskeligere	Vet ikke	Uopp-gitt
Prosent							
MAGASINER							
I alt	504	100	48,2	40,1	1,4	4,8	5,6
Øst- og Sørlandet	149	100	39,6	44,3	2,0	4,0	10,1
Hordaland, Sogn og Fjordane	156	100	42,1	42,3	2,1	7,1	6,4
Midt-Norge	95	100	51,5	43,2	1,1	2,1	2,1
Nord-Norge	104	100	66,3	27,9	-	4,8	1,0
ELVESTREKNINGER							
I alt	714	100	34,7	48,2	2,1	7,3	7,7
Øst- og Sørlandet	223	100	23,4	58,3	7,5	6,7	4,0
Hordaland, Sogn og Fjordane	213	100	35,7	38,0	-	6,1	20,2
Midt-Norge	137	100	37,2	51,1	2,9	8,0	0,7
Nord-Norge	141	100	44,0	44,7	0,7	9,2	1,4

1) Resultatene gjelder hele landet unntatt forsyningsområdene på Sørlandet. 2) Definisjon av region, se vedlegg 1.

I tabellen er Østlandet og Sørlandet slått sammen fordi forsyningsområdene i Telemark, Agder og Rogaland er holdt utenfor. Det blir dermed knyttet for få observasjoner til Sørlandet til at denne regionen kan stå alene i tabellen.

Av tabellen går det fram at atkomsten er mest forbedret i Nord-Norge og minst på Øst- og Sørlandet både når det gjelder regulerte elver og innsjøer. Dette kan sees i sammenheng med at veinettet på Øst- og Sørlandet i lang tid har vært tettere enn i Nord-Norge pga. en mer intensiv generell utnyttelse av utmark.

Tabell 5.10 viser at atkomstmulighetene til reguleringsmagasinene og delvis til de regulerte elvestrekningene er blitt bedre for reguleringer avsluttet i 1970-80 enn for tidligere reguleringer. Dette forholdet henger bl.a. sammen med at nyere reguleringer i større grad enn eldre, er lokalisert til marginale områder der veinettet fra før er beskjedent utbygd. Resultatene i tabell 5.10 må dertil sees i sammenheng med tabell 5.9, i og med at en stor relativ andel av nye reguleringer er lokalisert til Nord-Norge, se også tabell 4.1 og 4.8.

Tabell 5.10. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i atkomstmuligheter og utbyggingsperiode¹⁾

Utbyggingsperiode	Antall magasiner/ antall elvestrek- ninger	I alt	Atkomst etter regulering				
			Lettere	Uendret	Vanske- ligere	Vet ikke	Uopp- gitt
			Prosent				
MAGASINER							
I alt	504	100	48,2	40,1	1,4	4,8	5,6
Før 1940	60	100	20,0	46,7	1,7	8,3	23,3
1940 - 1959	100	100	48,0	45,0	-	4,0	3,0
1960 - 1969	122	100	50,8	40,2	0,8	7,4	0,8
1970 - 1974	49	100	77,6	22,4	-	-	-
1975 - 1980	47	100	66,0	23,4	2,1	2,1	6,4
Ufordelt	126	100	41,1	46,0	3,3	4,0	5,6
ELVESTREKNINGER							
I alt	714	100	34,7	48,2	2,1	7,3	7,7
Før 1940	42	100	30,9	33,3	4,8	19,0	11,9
1940 - 1959	82	100	28,1	53,7	1,2	15,9	1,2
1960 - 1969	204	100	33,8	52,9	1,0	7,4	4,9
1970 - 1974	145	100	45,5	46,9	4,8	2,1	0,7
1975 - 1980	104	100	42,3	46,2	1,9	7,7	1,9
Ufordelt	137	100	24,0	45,3	0,8	3,6	26,3

1) Se note 1, tabell 5.9.

I tabell 5.11 er antall reguleringsmagasiner og regulerte elvestrekninger fordelt etter endring i atkomstmuligheter og høyde over havet. Atkomstmulighetene er mest forbedret i høfjellet (900 m.o.h. og høyere), både når det gjelder regulerte elver og innsjøer. Dette resultatet er heller ikke overraskende i og med at veinettet fra før er sparsomt utbygd i høfjellet.

Tabell 5.11. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i atkomstmuligheter og høyde over havet¹⁾

Høyde over havet	Antall magasiner/ antall elvestrekninger	I alt	Atkomst etter regulering				
			Lettere	Uendret	Vanskeligere	Vet ikke	Uopp-gitt
			Prosent				
MAGASINER							
I alt	504	100	48,2	40,1	1,4	4,8	5,6
0 - 299 m	138	100	37,0	47,1	3,6	5,8	5,8
300 - 599 "	140	100	40,7	46,4	-	4,3	8,6
600 - 899 "	112	100	49,0	41,1	1,0	7,1	1,8
900 m og høyere	114	100	69,0	22,8	1,2	1,8	5,3
ELVESTREKNINGER							
I alt	714	100	34,7	48,2	2,1	7,3	7,7
0 - 299 m	396	100	29,0	54,0	2,8	9,1	5,1
300 - 599 "	164	100	37,8	50,0	1,8	6,1	4,3
600 - 899 "	82	100	40,3	41,5	1,2	6,1	11,0
900 m og høyere	72	100	52,8	19,4	-	1,4	26,4

1) Se note 1, tabell 5.9.

5.3.2. Endring i mulighet for utøvelse av fiske

Når en ser bort fra bedre atkomstmuligheter på grunn av veibygging o.l., blir ofte mulighetene for utøvelse av fiske negativt påvirket i regulerte innsjøer og elver. Dette skyldes bl.a. at den fangbare andelen av bestanden reduseres slik som beskrevet i avsnitt 5.2.2. Mulighetene for utøvelse av fiske kan også endres pga. økte mengder med kvister og røtter i innsjøen, vansker med båt-hold o.l.

Tabell 5.12 viser innlandsfiskeremnedenes og jeger- og fiskerforeningenes vurdering av mulighetene for utøvelse av fiske etter regulering. Det har vært målsettingen fra Byråets side at spørsmålet "Muligheter for utøvelse av fiske" (se skjema i vedlegg 5) bare skal omfatte tekniske forhold i eller tett ved vannforekomstene. Endrede atkomstmuligheter og endrede bestandsstørrelser, fiskestørrelser o.l. skal holdes utenfor. Denne målsettingen er i hovedsak oppfylt.

Av tabell 5.12 går det fram at i om lag 40 prosent av både antall regulerte innsjøer og antall elvestrekninger er mulighetene for å utøve fiske blitt dårligere. Denne negative endringen kan tilskrives flere årsaker, se tabell 5.13. I reguleringsmagasiner er de oppgitte årsakene først og fremst "dårligere tilgjengelighet pga. blant annet mye kvist" og at "gode fiskeplasser er blitt ødelagt". I regulerte elver er det en overvekt av årsakene "gode fiskeplasser ødelagt" og "andre årsaker". "Andre årsaker" vil i de fleste tilfeller si tørrlegging eller nesten tørrlegging av elvestrekningene.

I tabell 5.12 er antall regulerte innsjøer og elvestrekninger fordelt etter endring i mulighet for fiske og etter region. For reguleringsmagasiner er mulighetene for utøvelse av fiske mest negativt påvirket på Øst- og Sørlandet. I Hordaland og Sogn og Fjordane er derimot mulighetene mindre negativt påvirket, til tross for at den gjennomsnittlige reguleringshøyden er størst, se tabell 4.3. Dette forholdet kan ha sammenheng med at magasinene i Hordaland og Sogn og Fjordane i større grad enn på Øst- og Sørlandet ligger i impedimentområder der innslaget av kvister og røtter i strandsonen er relativt lite.

Av tabellen går det videre fram at Nord-Norge har størst andel regulerte elvestrekninger med dårligere mulighet for fiske. Dette er et noe overraskende resultat i og med at Nord-Norge ikke skiller seg ut fra de andre regionene når det gjelder endret års-, juli- eller januarmiddelvannføring, se tabell 4.10, 4.11 og 4.12.

Tabell 5.12. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i mulighet for utøvelse av fiske og etter region¹⁾

Region ²⁾	Antall magasiner/ antall elvestrekninger	I alt	Mulighet for utøvelse av fiske etter regulering				
			Bedre	Som før	Dårligere	Vet ikke	Uopp-gitt
Prosent							
MAGASINER							
I alt	504	100	8,9	31,0	44,4	9,9	5,8
Øst- og Sørlandet	149	100	5,4	28,2	51,0	6,0	9,4
Hordaland, Sogn og Fjordane	156	100	10,3	28,8	40,4	13,5	7,1
Midt-Norge	95	100	4,2	46,3	41,1	6,3	2,1
Nord-Norge	104	100	16,3	24,0	44,2	13,5	1,9
ELVESTREKNINGER							
I alt	714	100	4,3	38,0	39,4	10,1	8,3
Øst- og Sørlandet	223	100	2,7	44,4	40,8	7,6	4,5
Hordaland, Sogn og Fjordane	213	100	5,6	36,2	25,8	11,7	20,7
Midt-Norge	137	100	2,2	45,3	42,3	8,0	2,2
Nord-Norge	141	100	7,1	23,4	54,6	13,5	1,4

1) Se note 1, tabell 5.9. 2) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Tabell 5.13. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter årsak til dårligere mulighet for utøvelse av fiske og etter region¹⁾

Region ²⁾	Antall magasiner/ antall elvestrekninger	I alt	Årsak til dårligere mulighet for fiske				
			Dårligere tilgjengelighet	Vansker med båthold	Større skade på fiske-redskapen	Gode fiskeplasser ødelagt	Andre årsaker
Prosent							
MAGASINER							
I alt	517 ³⁾	100	27,9	17,0	19,0	27,7	8,5
Øst- og Sørlandet	227	100	25,6	16,7	26,0	23,3	8,4
Hordaland, Sogn og Fjordane ..	110	100	35,5	19,1	8,2	28,2	9,1
Midt-Norge	82	100	30,5	12,2	19,5	28,0	9,8
Nord-Norge	98	100	22,4	19,4	14,3	36,7	7,1
ELVESTREKNINGER							
I alt	399 ³⁾	100	8,8	2,5	4,0	42,6	42,1
Øst- og Sørlandet	143	100	13,3	2,8	6,3	43,7	34,3
Hordaland, Sogn og Fjordane ..	69	100	17,4	1,4	1,4	36,2	43,5
Midt-Norge	71	100	4,2	1,4	4,2	36,6	53,5
Nord-Norge	116	100	1,0	3,4	2,6	49,1	44,0

1) Se note 1, tabell 5.9. 2) Definisjon av region, se vedlegg 1. 3) Det er krysset av for flere svaralternativer.

I tabell 5.14 er antall magasiner og elvestrekninger fordelt etter endring i mulighet for fiske og etter utbyggingsperiode. Perioden 1940-59 har størst andel reguleringsmagasiner med dårligere mulighet for utøvelse av fiske. Det er vanskelig å forklare dette resultatet ut fra de opplysningene som er tilgjengelige i denne undersøkelsen. Perioden 1940-59 skiller seg i liten grad ut fra andre utbyggingsperioder m.h.t. reguleringshøyde, neddemt areal, magasin størrelse og beliggenhet.

For regulerte elvestrekninger er muligheten for utøvelse av fiske mest negativt påvirket i perioden 1960-69. Det er naturlig å se dette i sammenheng med at denne utbyggingsperioden har den største andelen med tørrlagte eller nesten tørrlagte elver pga. overføringer, se tabell 4.10, 4.11 og 4.12.

Tabell 5.14. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i mulighet for utøvelse av fiske og utbyggingsperiode¹⁾

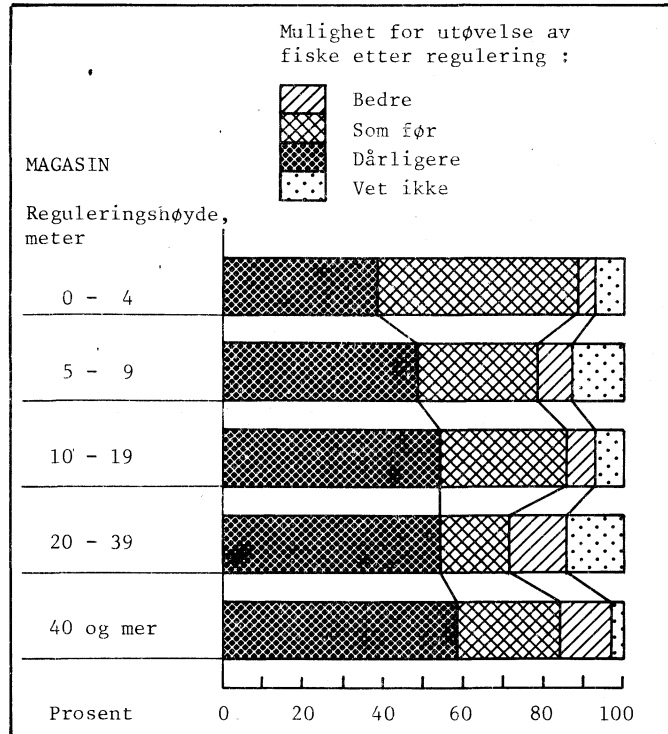
Utbyggingsperiode	Antall magasiner/ antall elvestrekninger	Mulighet for utøvelse av fiske etter regulering					
		I alt	Bedre	Som før	Dårligere	Vet ikke	Uopp-gitt
Prosent							
MAGASINER							
I alt	504	100	8,9	31,0	44,4	9,9	5,8
Før 1940	60	100	6,7	31,7	25,0	15,0	21,7
1940 - 1959	100	100	5,0	25,0	60,0	6,0	4,0
1960 - 1969	122	100	10,7	30,3	47,5	10,7	0,8
1970 - 1974	49	100	20,4	32,7	36,7	8,2	2,0
1975 - 1980	47	100	4,3	27,7	44,7	17,0	6,4
Uopp-gitt	126	100	8,7	36,5	41,3	7,9	5,6
ELVESTREKNINGER							
I alt	714	100	4,3	38,0	39,4	10,1	8,3
Før 1940	42	100	-	40,5	31,0	16,7	11,9
1940 - 1959	82	100	2,4	35,4	39,0	19,5	3,7
1960 - 1969	204	100	2,9	36,3	47,1	8,8	4,9
1970 - 1974	145	100	11,7	43,4	39,3	4,8	0,7
1975 - 1980	104	100	4,8	40,4	37,5	15,4	1,9
Uopp-gitt	137	100	0,7	33,6	32,1	5,8	27,7

1) Se note 1, tabell 5.9.

I figur 5.3 er antall magasiner og elvestrekninger fordelt etter endring i muligheten for fiske og etter reguleringshøyde. Ikke overraskende blir fiskemulighetene forverret ved stigende reguleringshøyde.

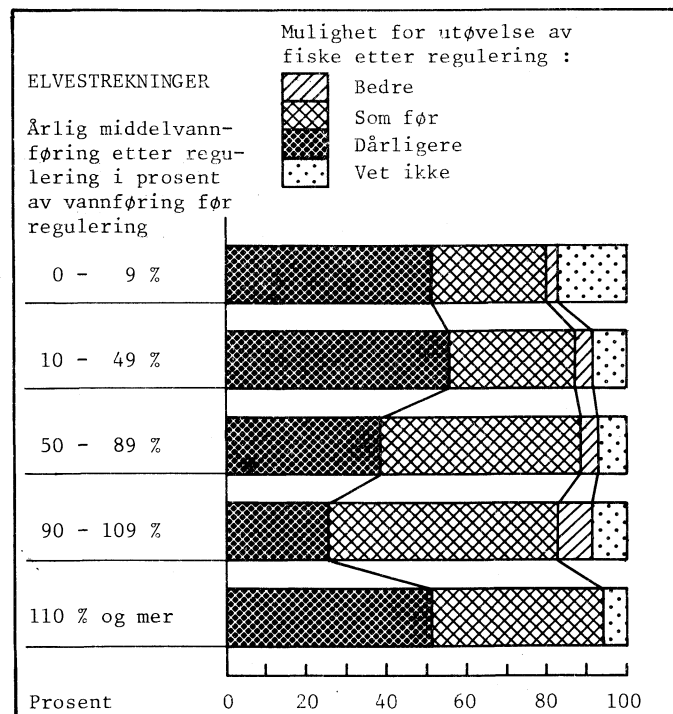
Figur 5.4 viser sammenhengen mellom endret årlig middelvannføring og endret mulighet for utøvelse av fiske. Andelen med dårligere mulighet for fiske er klart størst for elvestrekningene med stor reduksjon i årlig middelvannføring (0-49 prosent). Av elvestrekninger med tilnærmet uendret årlig middelvannføring (90-109 prosent) er andelen med dårligere fiskemulighet liten. Resultatene viser også at muligheten for utøvelse av fiske forverres i elver der den årlige middelvannføring har økt pga. overføringer fra andre vassdrag.

Figur 5.3. Reguleringsmagasin, etter endring i mulighet for utøvelse av fiske og etter regulerings-høyde. Prosent¹⁾



- 1) Figuren er basert på 437 observasjoner fra hele landet unntatt forsyningsområdet.
2) Uoppgitt-andelen er holdt utenfor.

Figur 5.4. Regulerte elver, etter endring i mulighet for utøvelse av fiske og etter endring i årlig middelvannføring. Prosent¹⁾



- 1) Figuren er basert på 560 observasjoner fra hele landet unntatt forsyningsområdet.
2) Uoppgitt-andelen er holdt utenfor.

5.3.3. Endringer i omfanget av fisket

De kommunale innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene har også vurdert endringen i omfanget av fisket etter regulering av innsjøer og elver. Av tabell 5.15 går det fram at omfanget av fiske har økt i 38 prosent av reguleringsmagasinene, og blitt mindre i 18 prosent. Videre har omfanget økt i 27 prosent av antall regulerte elvestrekninger og blitt mindre i 28 prosent.

I avsnitt 5.3.2. ble det vist at mulighetene for utøvelse av fiske er redusert i de fleste regulerte innsjøer og elvestrekninger. Til tross for dette har altså omfanget av fisket økt i svært mange reguleringsmagasiner og regulerte elver. Dette kan skyldes at atkomstmulighetene er forbedret gjennom veibygging, se avsnitt 5.3.1. I tillegg må nevnes at det i de siste 10-årene generelt har vært en økning i innlandsfiske og da framfor alt rekreasjonsfiske.

Det går videre fram av tabell 5.15 at omfanget av fiske er redusert oftest i Hordaland og Sogn og Fjordane, både når det gjelder regulerte innsjøer og elvestrekninger. Det er naturlig å se dette i sammenheng med at denne regionen har de største reguleringsinngrepene, se tabell 4.3, 4.10, 4.11 og 4.12.

Tabell 5.15. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i omfang av fiske og etter region¹⁾

Region ²⁾	Antall magasiner/ antall elvestrekninger	Omfanget av fiske etter regulering				
		I alt	Større	Som før	Mindre	Uopp-gitt
		Prosent				
MAGASINER						
I alt	504	100	37,7	28,6	18,1	15,7
Øst- og Sørlandet	149	100	39,6	33,9	11,4	16,1
Hordaland, Sogn og Fjordane	156	100	21,8	32,1	25,0	21,2
Midt-Norge	95	100	47,4	26,3	16,8	9,2
Nord-Norge	104	100	50,0	19,2	18,3	12,5
ELVESTREKNINGER						
I alt	714	100	26,6	25,2	28,3	19,9
Øst- og Sørlandet	223	100	32,7	28,7	25,6	13,0
Hordaland, Sogn og Fjordane	213	100	16,7	25,8	26,8	30,5
Midt-Norge	137	100	30,7	31,4	21,2	16,8
Nord-Norge	141	100	27,7	12,8	41,8	17,7

1) Se note 1, tabell 5.9. 2) Definisjon av region, se vedlegg 1.

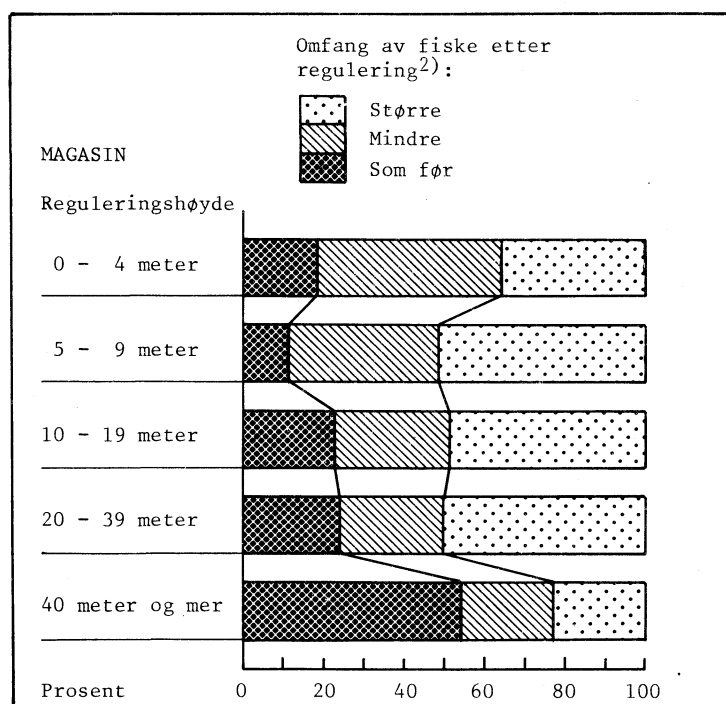
I tabell 5.16 er antall regulerte innsjøer og elvestrekninger fordelt etter endringer i omfanget av fiske og etter utbygingsperiode. Når det gjelder reguleringsmagasiner har omfanget av fisket økt minst i utbygginger avsluttet i perioden 1975-80. Denne perioden skiller seg ut med stor andel reguleringsmagasiner med reguleringshøyde over 40 meter, se tabell 4.3. Av figur 5.5 går det fram at magasiner med reguleringshøyde over 40 meter har den største andelen med "mindre omfang av fiske".

Tabell 5.16 viser videre at omfanget av fiske har økt minst i regulerte elvestrekninger, der utbygging er avsluttet i perioden 1960-69. Som tidligere påpekt skiller denne perioden seg ut med mange tørrlagte og nesten tørrlagte elvestrekninger. Figur 5.6 viser som ventet at omfanget av fisket er redusert mest i de elvestrekningene der den årlige middelvannføringen er sterkt redusert, det vil si en vannføring etter regulering på 0-49 prosent av vannføring før regulering.

Tabell 5.16. Regulerte innsjøer og elvestrekninger, etter endring i omfang av fiske og etter region¹⁾

	Antall magasiner/ antall elvestrekninger	Omfanget av fiske etter regulering				
		I alt	Større	Som før	Mindre	Uopp-gitt
		Prosent				
MAGASINER						
I alt	504	100	37,7	28,6	18,1	15,7
Før 1940	60	100	31,7	25,0	5,0	38,3
1940 - 1959	100	100	50,0	30,0	13,0	7,0
1960 - 1969	122	100	40,2	20,5	22,1	17,2
1970 - 1974	49	100	40,8	38,8	14,3	6,1
1975 - 1980	47	100	27,7	34,0	27,7	10,6
Uopp-gitt	126	100	31,0	31,0	22,2	15,9
ELVESTREKNINGER						
I alt	714	100	26,6	25,2	28,3	19,9
Før 1940	42	100	47,6	9,5	16,7	26,2
1940 - 1959	82	100	37,8	14,6	28,0	19,5
1960 - 1969	204	100	27,9	19,6	33,8	18,6
1970 - 1974	145	100	20,0	40,7	33,1	6,2
1975 - 1980	104	100	31,7	30,8	18,3	19,2
Uopp-gitt	137	100	14,6	24,1	26,3	35,0

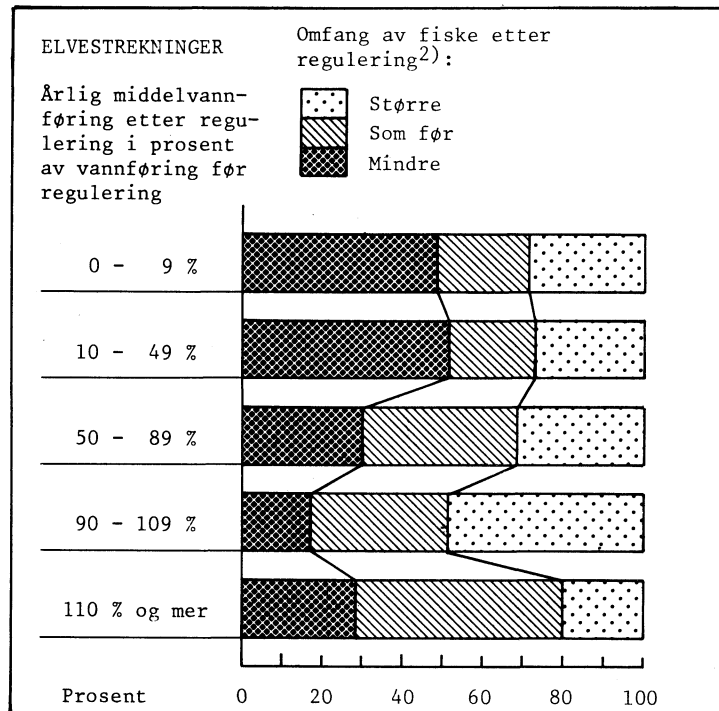
1) Se note 1, tabell 5.9.

Figur 5.5. Reguleringsmagasiner, etter endring i omfang av fiske, og etter reguleringshøyde. Prosent av antall magasiner¹⁾

1) Figuren er basert på 391 observasjoner i hele landet unntatt forsyningsområdene.

2) Uopp-gitt-andelen er holdt utenfor.

Figur 5.6. Regulerte elver, etter endring i omfang av fiske, og etter endring i årlig middelvannføring. Prosent av antall elvestrekninger¹⁾



1) Figuren er basert på 496 observasjoner i hele landet unntatt forsyningsområdene. 2) Uoppgitt-andelen er holdt utenfor.

5.4. Fiskemiljø og utøvelse av fiske i uregulerte innsjøer

Både regulerte og uregulerte innsjøer vil over tid gjennomgå forandringer som har betydning for fiskemiljøet og utøvelsen av fisket. Disse forandringene kan skyldes både naturlige prosesser og menneskelige virksomheter. I den seinere tid er spesielt forurensning av fiskevann kommet i fokus. Dette problemet vil bli nærmere drøftet i kapittel 6. Forsyningsområdene i Telemark, Agder og Rogaland er som tidligere påpekt holdt utenfor i dette kapitlet.

Fiskebestandene kan også endres av andre årsaker enn forurensning. I en del innsjøer har en observert bestandsøkning av røye på bekostning av aure. Årsaken er bl.a. økt sportsfiske og introduksjon av mer effektive garntyper, slik som monofilgarn. Den relative fangsinnsettsen mot aure har dermed økt med den følge at bestanden og fiskestørrelsen av aure går ned. For å finne ut om denne og eventuelt andre faktorer har hatt noen betydning i forhold til reguleringsinngrep, ble et tilfeldig utvalg av 100 uregulerte innsjøer nærmere undersøkt. Innsjøene ble trukket etter makkermetoden. Det vil si at de utvalgte vannene skal ligge i et område der det er gjennomført vannkraftutbygging og slik at hvert uregulert vann svarer til et utvalgt regulert vann.

De kommunale innlandsfiskenemndene og lokale jeger- og fiskerforeninger ble bedt om å vurdere endringene de siste 20 årene i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde for de aktuelle fiskearter. I tillegg har de lokale fiskemyndighetene vurdert mulighetene for atkomst og utøvelse av fiske (se skjema i vedlegg 6).

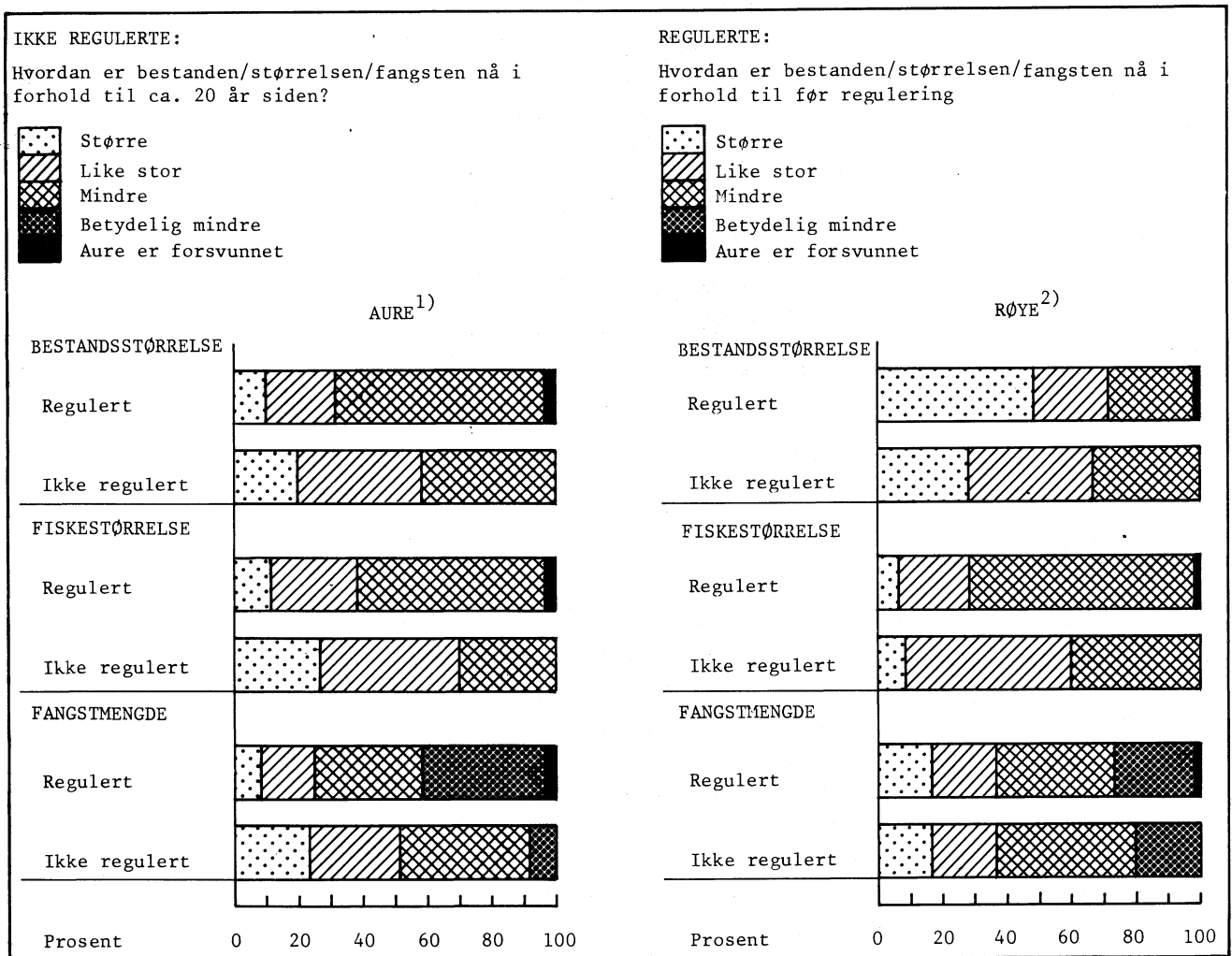
I alt kom det inn opplysninger om 71 uregulerte innsjøer. Av disse lå 14 i forsyningsområdet i Telemark, Agder og Rogaland og 57 innsjøer i resten av landet. Alle innsjøene utenfor forsyningsområdet hadde fisk både før og etter regulering.

Artsfordelingen var for disse 57 innsjøene:

- 50 innsjøer med aure
- 25 innsjøer med røye
- 12 innsjøer med enten sjørøye, sjøaure eller lake
- 8 innsjøer med ål
- 4 innsjøer med enten abbor eller gjedde
- 3 innsjøer med enten sik, harr eller gjedde

I figur 5.7 er endringen i bestand, fiskestørrelse og fangstmengde av aure og røye for uregulerte innsjøer sammenliknet med tilsvarende endringer for regulerte innsjøer.

Figur 5.7 Regulerte og ikke-regulerte innsjøer, etter oppgitte endringer i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde. Hele landet unntatt forsyningsområdet på Sørlandet. Aure og røye. Prosent



- 1) Resultatene bygger på observasjoner fra 400 regulerte og 50 uregulerte innsjøer. Vet-ikke andelen er holdt utenfor.
- 2) Resultatene bygger på observasjoner fra 126 regulerte og 25 uregulerte innsjøer. Vet-ikke andelen er holdt utenfor.

I et flertall av de regulerte innsjøene er både bestanden, fiskestørrelsen og fangstmengdene av aure redusert. For de utvalgte uregulerte innsjøene kan det derimot ikke påvises noen klare tendenser til endringer i disse variablene.

Når det gjelder røye er bildet noe mer variert. I mange regulerte innsjøer har bestandsstørrelsen av røye økt ifølge de innsamlede opplysningene. Den samme tendensen kan ikke påvises for uregulerte innsjøer. Røyas fiskestørrelse har gått ned i de fleste regulerte innsjøer. Av figuren går det fram at røyas fiskestørrelse også er blitt mindre i mange uregulerte innsjøer de siste 20 årene. Relativt sett er imidlertid fiskestørrelsen redusert langt oftere i regulerte enn i uregulerte innsjøer. Endringen i fangstmengde viser derimot omtrent samme bildet for regulerte og for uregulerte innsjøer. Dette kan skyldes at den relative fangstinnsetningen etter røye er redusert de siste 20 årene både i regulerte og i uregulerte innsjøer.

Det ble påpekt i avsnitt 5.3 at atkomstmulighetene til svært mange reguleringsmagasiner er blitt bedre etter regulering på grunn av veibygging. Som det går fram av tabell 5.17 er atkomsten til mange uregulerte innsjøer også blitt bedre. Dette kan delvis skyldes at flere av de uregulerte innsjøene i utvalget ligger nær regulerte innsjøer og dermed har fordel av eventuelle veibygginger i forbindelse med vannkraftutbygging. Noe av den bedrede atkomstmuligheten til uregulerte innsjøer skyldes likevel veibygging i forbindelse med annen utnyttelse av utmarksområdene.

Tabell 5.17. Regulerte og ikke-regulerte innsjøer, etter endring i atkomstmuligheter¹⁾

	Antall innsjøer	I alt	Atkomstmuligheten nå i forhold til før regulering/for om lag 20 år siden			
			Bedre	Uendret	Dårligere	Vet ikke
			Prosent			
Regulerte innsjøer	476 ²⁾	100	51,5	42,4	1,5	5,0
Ikke-regulerte innsjøer	57 ²⁾	100	42,1	57,9	-	-

1) Hele landet unntatt forsyningsområdet. 2) Uoppgitt-andelen er holdt utenfor.

Innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene har også vurdert hvordan muligheten for utøvelse av fiske har endret seg de siste 20 årene i uregulerte innsjøer, når en ser bort fra bedrete atkomstmuligheter. I tabell 5.18 er sammenstillingen av disse opplysningene sammenliknet med tilsvarende opplysninger for regulerte innsjøer.

Tabell 5.18. Regulerte og ikke-regulerte innsjøer, etter endring i muligheter for utøvelse av fiske¹⁾

	Antall innsjøer	I alt	Muligheten for utøvelse av fiske nå i forhold til før regulering/for om lag 20 år siden			
			Bedre	Uendret	Dårligere	Vet ikke
			Prosent			
Regulerte innsjøer	475 ²⁾	100	9,5	32,8	47,2	10,5
Ikke-regulerte innsjøer	55 ²⁾	100	38,2	54,5	5,5	1,8

1) Hele landet unntatt forsyningsområdet. 2) Uoppgitt-andelen er holdt utenfor.

Tabellen viser at det er stor forskjell mellom de regulerte og de uregulerte innsjøene. Bare 8,5 prosent av de regulerte innsjøene har fått bedre mulighet for utøvelse av fiske etter regulering. Derimot har 33 prosent av uregulerte innsjøer bedre mulighet for fiske nå i forhold til for om lag 20 år siden. Denne bedringen skyldes bl.a. at nye fiskeområder er etablert, flere bruker båt, adgangen til å kjøpe fiskekort er blitt lettere og fiskereglene bedre.

5.5. Eksempel på en metode for å analysere sammenhenger mellom reguleringsinngrep og virkninger på fisk

Vi vil i dette avsnittet presentere resultater fra en analyse der hensikten har vært å forklare de oppgitte variasjonene i bestanden av aure. Analysen omfatter regulerte innsjøer og elver i hele landet utenom forsureningsområdet.

I denne analysen har vi benyttet multipl regressjonsanalyse. Denne teknikken gjør det mulig å studere sammenhengen mellom de oppgitte virkningene på fisk og flere forklaringsvariable på en gang. Ved vanlig tabellanalyser kan en bare studere effekten av et meget begrenset antall variable, fordi cellene i tabellene fort blir "tomme" når flere variabler inkluderes. En regressjonsanalyse av vårt datamateriale vil imidlertid være heftet med en del usikkerhet på samme måte som ved tabellanalyser. Dette skyldes bl.a. at:

- Variablene som skal beskrive virkningene på fisk er basert på subjektive vurderinger, slik som beskrevet i avsnitt 2.2.2
- Effekten av alle forhold som kan forklare virkningene kan ikke undersøkes pga. manglende data

I tillegg bør det nevnes at en påvisning av en sammenheng ikke nødvendigvis er det samme som en påvisning av et årsaks/virkningsforhold.

5.5.1. Generell beskrivelse av regressjonsanalysen

I analysen er virkningene av regulering angitt ved følgende tre avhengige variable (se skjema i Vedlegg 5):

- endring i bestandsstørrelse av aure
- endring i fiskestørrelse av aure
- endring i fangstmengde av aure

Disse variablene er nærmere beskrevet i begynnelsen av avsnitt 5.2.

Ovennevnte tre avhengige variable er gitt som katagoriske variable: større, uendret og mindre. Regressjonsanalysen krever at variablene har numeriske verdier. Vi valgte derfor å gi de avhengige variablene følgende verdier (0-1 scoring):

	Bestands- størrelse	Fiske- størrelse	Fangst- mengde
Større	1	1	1
Uendret	1	1	1
Mindre	0	0	0
Betydelig mindre	0
Fisk forsvunnet	0	.	0

Vi har også prøvd å gi de avhengige variablene en mer variert verdiskala, se vedlegg 9. Resultatene basert på denne verdiskalaen skilte seg lite fra analysen med ordinær 0-1 scoring.

I regressjonsanalysen blir det skilt mellom to typer forklaringsvariable (uavhengige variable):

- Tekniske inngrep: Dette er variable som beskriver reguleringsinngrepene (reguleringshøyde, type reguleringsmagasin, endret vannføring og iverksatte tiltak)
- Bakgrunnsvariable: Dette er variable som beskriver innsjøenes og elvenes forutsetninger for å tåle inngrepene og andre variable som kan ha betydning for utviklingen i fiskemiljøet (geografisk beliggenhet, høyde over havet, type fiskesamfunn, endring i fiskeinnsats)

Det har ikke vært mulig å undersøke alle potensielle forklaringsvariable. Dette gjelder f.eks. parametre om næringsproduksjon, endring i vandringsmønster og endret fiskemetode.

De ulike forklaringsvariablene som er tatt med i regressjonsanalysen er definert i avsnitt 5.5.2 og 5.5.3. I vedlegg 9 er de tekniske sidene av analysen beskrevet nærmere.

5.5.2. Regulerte innsjøer

Følgende forklaringsvariable er brukt i regresjonsanalysen:

Kontinuerlige variable

X_1 = Reguleringshøyde, meter

X_2 = $\frac{\text{Magasinets høyde over havet}}{\text{Tregrensens høyde over havet}}$

Katagoriske variable (endret til 0-1-verdier)

Utbyggingsperiode:

X_3 $\begin{cases} 1 & \text{Reguleringer avsluttet før 1960} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

X_4 $\begin{cases} 1 & \text{Reguleringer avsluttet 1970-74} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

X_5 $\begin{cases} 1 & \text{Reguleringer avsluttet 1975-80} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

($X_3=X_4=X_5=0$ Reguleringer avsluttet 1960-69)

Regioner:

X_6 $\begin{cases} 1 & \text{Øst- og Sørlandet unntatt forsyningsområder} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

X_7 $\begin{cases} 1 & \text{Midt- og Nord-Norge} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

($X_6=X_7=0$ Hordaland og Sogn og Fjordane)

Fiskemiljø:

X_8 $\begin{cases} 1 & \text{Rent aurevann} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

Magasintype:

X_9 $\begin{cases} 1 & \text{Flerårsmagasin} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

X_{10} $\begin{cases} 1 & \text{Døgnmagasin} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

($X_9=X_{10}=0$ Arsmagasin)

Omfanget av fisket:

X_{11} $\begin{cases} \text{Omfanget større} \\ 0 & \text{ellers (Omfanget uendret eller større)} \end{cases}$

Tiltak iverksatt:

X_{12} $\begin{cases} 1 & \text{Utsetting av fisk} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

I tabell 5.19 er stilt opp resultatene av den multiple regresjonskjøringen. Med unntak av variabelen "Magasintype" omfatter analysen alle ovennevnte forklaringsvariable. I tidligere regresjonskjøringer har en ikke kunnet påvise noen forskjell m.h.t. endringer i aurebestanden mellom årsmagasin, flerårsmagasin og døgnmagasin.

De enkelte forklaringsvariablenes betydning er i tabell 5.19 angitt ved β -verdier som er standardiserte regresjonskoeffisienter. De ligger i verdiområdet -1 til +1. I tabellen er de signifikante β -verdiene understreket (signifikante på 5 prosentnivå). F-verdiene til de estimerte parametrene (β -verdiene) står i parentes. F-verdiene er definert lik

$$\left(\frac{\beta}{SD(\beta)}\right)^2 = t^2 = F$$

Tabell 5.19. Reguleringsmagasiner. Aure. Resultater fra en analyse av sammenhenger¹⁾

Forklaringsvariable	Avhengig variabel					
	Endring i bestandsstørrelse		Endring i fiskestørrelse		Endring i fangstmengde	
	β ²⁾	F	β ²⁾	F	β ²⁾	F
Reguleringshøyde: X_1	-0,07	(0,5)	+0,11	(0,4)	+0,06	(0,9)
H.o.h./tregrense: X_2	-0,08	(1,4)	-0,11	(2,4)	-0,09	(1,8)
Utbyggingsår:						
X_3 $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Før 1960} \\ 2 \text{ ellers} \end{array} \right.$	+0,09	(1,8)	-0,10	(2,0)	+0,09	(1,7)
X_4 $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ 1970-74} \\ 2 \text{ ellers} \end{array} \right.$	<u>+0,24</u>	<u>(11,2)</u>	+0,10	(1,8)	<u>+0,30</u>	<u>(19,1)</u>
X_5 $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ 1975-80} \\ 2 \text{ ellers} \end{array} \right.$	+0,03	(0,2)	-0,12	(3,1)	-0,09	(1,7)
($X_3=X_4=X_5=0$ 1960-69)						
Region:						
X_6 $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Øst- og Sørlandet} \\ 0 \text{ ellers} \end{array} \right.$	-0,06	(0,6)	-0,00	(0,0)	+0,03	(0,2)
X_7 $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Midt- og Nord-Norge} \\ 2 \text{ ellers} \end{array} \right.$	-0,08	(0,9)	<u>-0,16</u>	<u>(3,8)</u>	-0,06	(0,6)
($X_6=X_7=0$ Hordaland og Sogn og Fjordane)						
Fiskemiljø:						
X_8 $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Rent aurevann} \\ 0 \text{ ellers} \end{array} \right.$	+0,07	(0,9)	+0,03	(0,2)	+0,12	(2,9)
Omfang av fisket:						
X_{11} $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Større omfang} \\ 0 \text{ ellers} \end{array} \right.$	<u>+0,24</u>	<u>(14,7)</u>	+0,19	(8,3)	<u>+0,29</u>	<u>(22,6)</u>
Tiltak iverksatt:						
X_{12} $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Utsetting} \\ 0 \text{ ellers} \end{array} \right.$	+0,01	(0,0)	-0,11	(2,6)	+0,04	(0,4)

Enkel understreking: signifikante β -verdier med nivå 0,05 ved separat test.

Dobbel understreking: signifikante β -verdier med nivå 0,05 ved simultan test.

1) Hele landet unntatt forsyningsområdet i Telemark, Agder og Rogaland. 2) Standardiserte regresjonskoeffisienter (-1+1)

Resultatene av regresjonsanalysen kommenteres variabel for variabel. De viktigste sammenhengene er også vurdert ved hjelp av krysstabeller.

Reguleringshøyde

I innsjøens grunnområder ned til 5-10 meter foregår bunnfast planteproduksjon. Ved reguleringer vil dette området være spesielt utsatt på grunn av skiftende vannstand (se avsnitt 5.1.1). Det er derfor en utbredt oppfatning at den negative effekten på auren øker med økende reguleringshøyde.

Vi har ikke kunnet påvise noen signifikant samvariasjon mellom endringen i bestand, fiskestørrelse og fangst og endringen i reguleringshøyde. Når det gjelder endringen i bestand er dette nødvendigvis ikke så overraskende. Bestandsstørrelse er hovedsakelig et uttrykk for rekrutteringsvevnen. Den negative effekten på rekrutteringsevnen behøver ikke å være større i utbygginger med stor reguleringshøyde enn i utbygginger med liten. Gyteelver blir ofte avstengt selv med små reguleringshøyder. Derimot er det vanskeligere å forklare den manglende samvariasjon mellom endret fiskestørrelse og reguleringshøyde. I tabell 5.20 er endring i fiskestørrelse relatert til reguleringshøyde.

Tabell 5.20. Reguleringsmagasiner, etter endring i fiskestørrelse og reguleringshøyde. Aure

	Antall ¹⁾ magasiner	I alt	Hvordan er størrelsen (vekten) på fisken nå i forhold til før reguleringen?			
			Større	Like stor	Mindre	Vet ikke
			Prosent			
I alt	417	100	10,6	22,1	52,3	15,1
0 - 4 m	93	100	7,5	24,7	48,4	19,4
5 - 9 "	88	100	10,2	25,0	46,6	18,2
10 - 19 "	100	100	6,0	19,0	64,0	11,0
20 m og mer	101	100	17,8	18,8	54,5	8,9
Ufordelt	35	100	11,4	25,7	37,1	25,7

1) Svaralternativene "Arten forsvunnet" og "arten nyetablert" er holdt utenfor.

Av tabellen går det fram at fiskestørrelsen blir mest negativt påvirket ved mellomstore reguleringshøyder (10-19 meter). Ved store reguleringshøyder (over 20 meter) er imidlertid den negative effekten mindre. Dette kan skyldes at demningseffekten er større i magasiner med store reguleringshøyder.

Sammenhengene i tabell 5.20 forklarer hvorfor ikke regresjonsanalysen gir noen signifikant samvariasjon mellom fiskestørrelse og reguleringshøyde, i og med at regresjonsanalysen forutsetter lineær sammenheng. Dette problemet kunne vært bedre belyst ved å sette inn i et 2. grads polynom for reguleringshøyde i regresjonsanalysen.

Regioner og høyde over havet

Økosystemer høyt til fjells eller langt mot nord vil ha en lavere primærproduksjon enn ellers like økosystemer i lavlandet eller i sørlige strøk. Slike økosystemer vil dermed normalt være mer sårbare for inngrep av ulik art. Dette vil også gjelde ved reguleringer av innsjøer. På den annen side gjennomgår de fleste reguleringsmagasiner en forandring i næringsdyrsammensetning mot en mer arktisk fauna (Grimsås 1972), i og med at miljøet blir hardere ved tørrlegging og frostsprengning i strandsonen. En mer arktisk fauna innebærer blant annet et større innslag av skjoldkrepse. Både Aass (1969b) og Borgstrøm (1973) har fremhevet at vann der det eksisterer skjoldkrepse, kan gi et bra aurefiske etter regulering. Det er likevel grunn til å tro at den første faktoren (den klimatiske) betyr mest.

Regresjonsanalysen viser at reguleringer nord i landet gir større negativ effekt på fiskestørrelsen enn i Sør-Norge under ellers like forhold. Denne sammenhengen gjør seg også gjeldende i en enkel toveistabell, se tabell 5.21. Det er en svak tendens til negativ korrelasjon mellom endring i fiskestørrelse og høyde over havet korrigert for tregrense (h.o.h./tregrense)¹⁾. Denne tendensen er imidlertid ikke signifikant ved nivå 0,05.

Tabell 5.21. Reguleringsmagasiner, etter endring i fiskestørrelse og region. Aure

Region	Antall magasiner ¹⁾	I alt	Hvordan er størrelsen (vekten) på fisken nå i forhold til før reguleringen?			
			Større	Like stor	Mindre	Vet ikke
			Prosent			
I alt	417	100	10,6	22,1	52,3	15,1
Øst- og Sørlandet	133	100	12,8	25,6	47,4	14,3
Hordaland og Sogn og Fjordane ...	121	100	10,7	24,8	47,1	17,4
Midt-Norge	89	100	11,2	20,2	58,4	10,1
Nord-Norge	74	100	5,4	13,5	62,2	18,9

1) Svaralternativene "arten forsvunnet" og "arten nyetablert" er holdt utenfor.

1) Høyde over havet er korrigert for tregrense fordi dette er et bedre mål på klimaet rundt reguleringsmagasinene enn høyde over havet ukorrigert.

Det er ikke påvist noen signifikant samvariasjon mellom endringen i fangstmengde eller bestandsstørrelse på den ene siden og region eller høyde over havet på den annen.

Utbyggingsperiode

På grunn av den før omtalte demningseffekten kan en vente at auren er minst negativt påvirket i de ferskeste reguleringer, det vil si reguleringer avsluttet på 1970-tallet.

Vår undersøkelse underbygger delvis denne oppfatningen. Under ellers like forhold går det bedre i utbygginger avsluttet i perioden 1970-74 enn i 1960-69 både med hensyn til endring i bestand og fangst. Det kan påvises samme tendens når det gjelder endring i fiskestørrelse. Denne tendensen er imidlertid ikke signifikant ved nivå 0,05. I perioden 1975-80 kan det ikke påvises noen tilsvarende positiv demningseffekt verken for endring i bestand, fiskestørrelse eller fangstmengde. Dette kan skyldes at vet-ikke-andelen i denne perioden er så stor at resultatene blir vanskelig å tolke, se tabell 5.22.

Tabell 5.22. Reguleringsmagasiner, etter endring i bestandsstørrelse og utbyggingsår. Aure

	Antall magasiner ¹⁾	I alt	Hvordan er bestandsstørrelsen nå i forhold til før reguleringen?				
			Større	Like stor	Mindre	Fisken for- svunnet	Vet ikke
			Prosent				
I alt	433	100	9,5	18,7	58,2	3,7	9,9
Før 1960	135	100	12,4	19,0	57,0	1,5	10,1
1960 - 1969	104	100	6,7	13,5	70,2	3,8	5,8
1970 - 1974	45	100	17,0	37,0	39,8	4,3	2,0
1975 - 1980	37	100	2,0	19,0	56,0	4,0	22,0
Ufordelt	112	100	7,1	16,1	56,3	6,3	14,3

1) Svaralternativet "arten ny-etablert" er holdt utenfor.

Resultatene ovenfor tyder på at demningseffekten varer opp imot 10 år i mange reguleringsmagasin. På den annen side kan det være at reguleringsmagasiner opprettet i perioden 1970-74 skiller seg ut fra andre magasiner, med hensyn på faktorer som ikke er tatt med i vår analyse, f.eks. lokal-klimatiske forhold, næringsmessige forhold mv.

Fiskemiljø

Det blir fremhevet i litteraturen at auren klarer seg dårligere i magasiner der den møter konkurranse med andre fiskearter (Aass, 1972 og Gunnerød, 1979). I magasiner med aure sammen med røye, sik, abbor eller gjedde kan auren enten møte sterkere næringskonkurranse eller sterkere predasjon etter regulering. I enkelte magasiner der planktonspesialister danner tette bestander av småfisk, kan imidlertid en del av aurebestanden gå over til å bli fiskeetende og greie seg forholdsvis godt. Dette har skjedd bl.a. i Tunnhovfjorden, der smårøye er den viktigste næringen for aure over 25 cm.

Det synes som om rene aurevann kommer best ut etter regulering m.h.t. endret fangstmengde, se tabell 5.23. Regresjonsanalysen viser imidlertid at denne tendensen ikke er signifikant ved 5 prosentnivå når virkningene av de øvrige variablene tas med.

Opplysninger om fiskesamfunn er noe mangelfulle i og med at vi ikke kjenner hvilke(n) art(er) som var dominerende før regulering.

Tabell 5.23. Reguleringsmagasiner, etter endring i fangstmengde og type fiskemiljø. Aure

	Antall magasiner ¹⁾	I alt	Hvordan er fangstmengden nå i forhold til før regulering?				
			Større	Like stor	Mindre	Fisken for- svunnet	Vet ikke
			Prosent				
I alt	433	100	7,4	14,1	61,4	3,7	13,4
Rent aurevann	270	100	6,7	15,9	58,1	5,2	14,1
Ikke rent aurevann	163	100	8,6	11,0	66,9	1,2	12,3

1) Svaralternativet "arten ny-etablert" er holdt utenfor.

Omfanget av fisket

Endret omfang av fisket kan endre virkningene av vannkraftutbygging på fiskebestandene. Øker fiskeinnsatsen etter regulering er det naturlig å vente at fangstmengden i alle fall på kort sikt blir større enn hva den ville ha blitt med redusert innsats. En kan derimot vente at økt fiskeinnsats har en negativ effekt på bestandsstørrelsen, så lenge denne måles i antall fisk. Forholdet er noe mer komplisert når det gjelder endring i fiskestørrelsen. Antar en at redusert fiskeinnsats først og fremst reduserer fangsten av den største fisken (på grunn av blant annet redusert sportsfiske) vil en kunne vente en positiv effekt på fiskestørrelsen ved redusert fiskeinnsats. På den annen side kan redusert fiskeinnsats øke bestanden av både stor og liten fisk og dermed øke næringskonkurransen med reduisert fiskestørrelse som resultat.

Undersøkelsen har som ventet vist en meget klar sammenheng mellom redusert omfang av fiske og redusert fangstmengde, se også tabell 5.24. Tilsvarende er vist at redusert omfang av fiske gir redusert fiskestørrelse.

5.24. Reguleringsmagasiner, etter endring i fangstmengde og omfang av fiske. Aure

	Antall magasiner ¹⁾	I alt	Hvordan er fangstmengden nå i forhold til før regulering?				
			Større	Like stor	Mindre	Fisken for- svunnet	Vet ikke
			Prosent				
I alt	433	100	7,4	14,1	61,4	3,7	13,4
Omfanget større	170	100	14,1	13,5	57,6	1,2	13,5
Omfanget uendret	132	100	4,5	27,3	52,3	3,0	12,9
Omfanget mindre	86	100	-	2,3	89,5	8,1	-
Ufordelt	45	100	4,4	-	48,9	6,7	40,0

1) Svaralternativet "arten ny-etablert" er holdt utenfor.

Analysen viser at bestandsstørrelsen under ellers like forhold reduseres i magasiner der fiskeinnsatsen er redusert. Dette resultatet er vanskelig å forklare ut fra biologisk funderte resonnerer. En mulig forklaring er imidlertid at omfanget av fiske etter regulering først og fremst bør tolkes som en virkning istedetfor slik det er gjort foran, som en årsak. M.a.o. at omfanget av fiske blir mindre etter regulering fordi bestandsstørrelsen av aure er blitt mindre.

Tiltak

Ulike tiltak blir gjennomført i forbindelse med kraftutbygging for å redusere negative skadevirkninger. I reguleringsmagasiner kan slike tiltak være utsetting av fisk eller innføring av nye fiskeregler.

Resultatene viser at det ikke er noen signifikant samvariasjon mellom utsetting av fisk og endring i bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde.

Dette resultatet er overraskende. Som det går fram av tabell 7.5 i avsnitt 7.2 var innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene jamt over godt fornøyd med de gjennomførte utsettinger i reguleringsmagasiner.

Resultatet av regresjonsanalysen må sees i sammenheng med at utsettinger gjennomføres oftest i de magasinene der den negative effekten på aurebestanden vil bli størst. Utsetting av fisk vil dermed ikke nødvendigvis kunne oppveie de negative virkningene. Regresjonsanalysen skal likevel ta hensyn til slike forhold ved å korrigere for andre negative eller positive faktorer. Problemet er imidlertid at en ikke har hatt mulighet for å trekke inn alle faktorer som har betydning for virkningene på aurebestanden. Det kan være vandringsmønster, dominerende fiskeart, endring i fiskemetode mv.

5.5.3. Regulerte elver

På samme måte som for reguleringsmagasiner var regresjonsanalysen for regulerte elvestrekninger basert på de tre avhengige variablene:

- Endring i bestandsstørrelse av aure
- Endring i fiskestørrelse av aure
- Endring i fangstmengde av aure

Følgende forklaringsvariable (uavhengige variable) gikk inn i regresjonsanalysen:

Kontinuerlige variable

Vannføring:

X_1 = Arlig middelvannføring etter regulering i prosent av vannføring før regulering

X_2 = Januar-middelvannføring etter regulering i prosent av vannføring før regulering

X_3 = Juli-middelvannføring etter regulering i prosent av vannføring før regulering

"H.o.h."

$X_4 = \frac{\text{Elvestrekningens høyde over havet}}{\text{Tregrensens høyde over havet}}$

Katagoriske variable (endret til 0-1-verdier)

Utbyggingsperiode:

$X_5 \begin{cases} 1 & \text{Reguleringer avsluttet før 1960} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

$X_6 \begin{cases} 1 & \text{Reguleringer avsluttet 1970-74} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

$X_7 \begin{cases} 1 & \text{Reguleringer avsluttet 1975-80} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

($X_5=X_6=X_7=0$ Reguleringer avsluttet 1960-69)

Regioner:

$X_8 \begin{cases} 1 & \text{Øst- og Sørlandet utenom forsyningsområdet} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

$X_9 \begin{cases} 1 & \text{Midt- og Nord-Norge} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

($X_8=X_9=0$ Hordaland, Sogn og Fjordane)

Omfanget av fiske:

$X_{10} \begin{cases} 1 & \text{Omfanget større} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

Tiltak iverksatt:

$X_{11} \begin{cases} 1 & \text{Utsetting av fisk} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

$X_{12} \begin{cases} 1 & \text{Bygging av terskler} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

$X_{13} \begin{cases} 1 & \text{Pålagt minstevannføring} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

I tabell 5.25 er stilt opp resultatene fra den simultane regresjonsanalysen. I analysen har en holdt utenfor variable som ved tidligere regresjonskjøringer har vist seg å ha liten forklaringskraft. De enkelte variabelenes betydning er som i tabell 5.19, avsnitt 5.5.2, angitt ved β -verdier som er standardiserte regresjonskoeffisienter (-1 til +1). I tabellen er de signifikante β -verdiene understreket. F-verdiene til de estimerte β -verdier står i parentes, $F = \left(\frac{\beta}{SD\beta}\right)^2$.

Tabell 5.25. Regulerte elvestrekninger. Resultater fra en analyse av sammenhenger. Aure¹⁾

Forklaringsvariable	Avhengig variable					
	Endring i bestandsstørrelse		Endring i fiskestørrelse		Endring i fangstmengde	
	β ²⁾	F	β ²⁾	F	β ²⁾	F
Endring i julimiddelvannføring: X_3	+0,18	(9,9)	+0,25	(18,1)	+0,17	(8,2)
H.o.h./tregrense: X_4	+0,05	(0,8)	-0,13	(5,0)	+0,06	(1,2)
Regioner:						
X_8 $\begin{cases} 1 \text{ Øst- og Sørlandet} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases}$	-0,01	(0,0)	-0,11	(2,3)	-0,09	(1,6)
X_9 $\begin{cases} 1 \text{ Midt- og Nord-Norge} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases}$	+0,08	(1,4)	-0,08	(1,3)	+0,02	(0,1)
(X ₇ =X ₈ =0 Hordaland, Sogn og Fjordane)						
Omfanget av fiske:						
X_{10} $\begin{cases} 1 \text{ Større omfang} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases}$	+0,36	(36,4)	+0,33	(28,9)	+0,37	(37,9)
Tiltak iverksatt:						
X_{11} $\begin{cases} 1 \text{ Utsetting} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases}$	+0,01	(0,1)	-0,01	(0,0)	-0,03	(0,3)
X_{12} $\begin{cases} 1 \text{ Terskel} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases}$	-0,19	(10,5)	-0,02	(0,1)	-0,13	(4,7)
X_{13} $\begin{cases} 1 \text{ Pålagt minstevannføring} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases}$	-0,01	(0,0)	-0,02	(0,2)	-0,05	(0,8)

Enkel understreking: signifikante β -verdier med nivå 0,05 ved separat test.

Dobbel understreking: signifikante β -verdier med nivå 0,05 ved simultan test.

1) Hele landet unntatt forsyningsområdet i Telemark, Agder og Rogaland. 2) Standardiserte regresjonskoeffisienter (-1+1).

Som for reguleringsmagasiner kommenteres resultatene av regresjonsanalysen variabel for variabel. De viktigste sammenhengene er også vurdert ved hjelp av krysstabeller.

Vannføring

Auren er mer sårbar overfor redusert vannføring enn de fleste andre arter. Spesielt betyr redusert sommervannføring mye for både næringsgrunnlag og oppvekstmulighetene for ungfisk.

I analysen har vi testet sammenhengene mellom endring i julimiddelvannføring¹⁾ og endring i bestand, størrelse og fangst. Både bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde ser ut til å reduseres mest i elver med sterkt redusert julivannføring. Sammenhengen mellom endret julivannføring og endret fiskestørrelse gjør seg også gjeldende i en enkel toveis tabell, se tabell 5.26.

1) Effekten av endringen i årlig middelvannføring likner mye på endringen i julivannføring. Endringen i januarmiddelvannføring ser derimot ikke ut til å påvirke auren nevneverdig.

Tabell 5.26. Regulerte elvestrekninger, etter endring i fiskestørrelse og endring i julimiddelvannføring. Aure

Julivannføring etter regulering i prosent av julivannføring før regulering	Antall elvestrekninger ¹⁾	I alt	Hvordan er størrelsen (vekten) på fisken nå i forhold til før regulering?			
			Større	Like stor	Mindre	Vet ikke
			Prosent			
I alt	542	100	5,2	28,8	46,7	19,4
0 - 9 prosent	56	100	-	17,9	55,4	26,8
10 - 49 "	115	100	2,6	27,8	57,4	12,2
50 - 89 "	96	100	4,2	41,7	34,4	19,8
90 - 109 "	47	100	8,5	57,4	17,0	17,0
110 prosent og mer	16	100	6,3	62,5	18,2	12,5
Ufordelt	212	100	7,5	17,5	52,8	22,2

1) Svaralternativene "Art forsvunnet" og "art ny-etablert" er holdt utenfor.

Regioner - høyde over havet

På samme måte som for innsjøer vil elvestrekninger høyt til fjells eller langt mot nord ha en lavere produksjon enn ellers like elvestrekninger i lavlandet eller sørlige strøk. Økosystemer i slike elvestrekninger antas derfor normalt å være mer sårbare overfor redusert vannføring.

Analysen viser at fiskestørrelsen reduseres mer i høyfjellet enn i lavlandet. Det er ikke påvist noen signifikant samvariasjoner mellom region og høyde over havet og noen av de to andre avhengige variablene.

Omfanget av fisket

Fiskeintensiteten er på samme måte som for reguleringsmagasin en årsak som kan endre virkningene av vannkraftutbygging. Resultatene av analysen for regulerte elver er nærmest identiske med det en fant for reguleringsmagasin. Bestandsstørrelse, fiskestørrelse og fangstmengde reduseres mest der omfanget av fisket er mindre etter regulering, se også tabell 5.27. Disse resultatene er kommentert nærmere under avsnitt 5.5.2.

Tabell 5.27. Regulerte elvestrekninger, etter endring i fangstmengde og omfang av fisket. Aure

Omfang av fisket	Antall elvestrekninger ¹⁾	I alt	Hvordan er fangstmengden nå i forhold til før regulering?				
			Større	Like stor	Mindre	Fisken forsvunnet	Vet ikke
			Prosent				
I alt	625	100	4,5	16,0	53,0	13,1	13,4
Større	177	100	10,2	18,1	55,4	2,3	14,1
Uendret	172	100	2,9	33,1	48,2	1,7	16,9
Mindre	192	100	2,1	2,6	68,2	21,4	5,7
Ufordelt	84	100	1,2	7,1	28,6	40,5	22,6

1) Svaralternativet "art ny-etablert" er holdt utenfor.

Tiltak iverksatt

Også i forbindelse med regulering av elver blir det gjennomført tiltak for å redusere negative skadevirkninger. Slike tiltak kan være utsetting av fisk, påbud om minstevannføring, bygging av fiske-trapper og terskler. I denne analysen har vi undersøkt tre tiltak: utsetting av fisk, bygging av terskler og påbud om minstevannføring.

Det er ikke påvist noen sammenheng med positivt fortegn mellom iverksatte tiltak og endring i bestand, fiskestørrelse og fangstmengde. Derimot viser regresjonsanalysen en negativ sammenheng mellom bygging av terskler og endring i bestandsstørrelse og fangstmengde. På samme måte som for regulerte innsjøer må dette forholdet sees i sammenheng med at elvestrekninger med tiltak skiller seg fra elvestrekninger uten tiltak med hensyn til flere faktorer enn de som er trekt inn i regresjonsanalysen.

6. FORSURNING - VANNKRAFTUTBYGGING

I dette kapitlet har målsettingen vært å se nærmere på forholdet mellom forsurening og vannkraftutbygging. Noen få resultater vedrørende de biologiske virkninger av forsureningen og forholdet forsurening - vannkraftutbygging vil bli presentert.

6.1. Virkning av forsurening i akvatiske økosystem¹⁾

Alle nivåer av næringskjedene er påvirket av forsurening. Akvatiske økosystemer som er berørt av forsurening viser endringer i omsetningen av primærmateriale. Dette kommer av en vridning i sammenhengningen av plantesamfunnene mot mer tolerante arter, særlig enkelte påvekstalg og moser.

Torvmoser viser dette tydelig, ettersom de i endel tilfeller har øket sin utbredelse i sure vann og utkonkurrerer blomsterplanter. De "nye" artene som dominerer sure vann har antakelig lavere produksjon av karbon pr. klorofyllenhet, noe som kan bety redusert produktivitet i disse sjøene.

Økningen i algemengden skyldes sannsynligvis både redusert beiting fra virvelløse dyr og langsommere nedbrytning. Normalt vil bakterier spille en stor rolle i nedbrytningen av plantemateriale i en sjø. I sure vann skjer det imidlertid en overgang til langsomt arbeidende sopp. Dette medfører økt opphopning av organisk materiale, og dermed mindre tilgang av energi og næringsstoffer, som igjen fører til en mer næringsfattig sjø.

Ved forsurening reduseres antall arter virvelløse dyr. Dette gjelder både for dyreplankton, større krepsdyr, insekter, snegler og muslinger. Enkelte arter som tolererer surt vann spesielt godt, f.eks. buksvømmere kan bli dominerende som fiskeføde.

Når et vann begynner å bli påvirket av forsurening, er rekrutteringen til bestanden det første som svikter. Rogn og yngel dør, mens de større fiskene som regel overlever. Det blir færre fisk i vannet, og næringskonkurransen avtar. Dermed blir fisken ofte mer storvokst enn tidligere. En kan derfor i noen år få svært pen fisk i vann som tidligere var kjennetegnet av små, magre fisker. Etter hvert dør disse fiskene ut uten å bli erstattet av ungfisk, og til slutt er vannet fisketomt.

Hvor lav pH fisken kan tåle varierer noe fra bestand til bestand og fra art til art. Generelt kan en regne med at det begynner å bli kritisk dersom pH kommer ned mot 5, fordi mengdene av vannløselig aluminium da er høye nok til å drepe fisk.

Elver og innsjøer har som regel lav pH-verdi under snøsmeltinga. Om høsten er det ofte en nedgang i pH-verdien i forbindelse med det første sterke høstregnet. Fisken er derfor særlig utsatt på disse tidene av året.

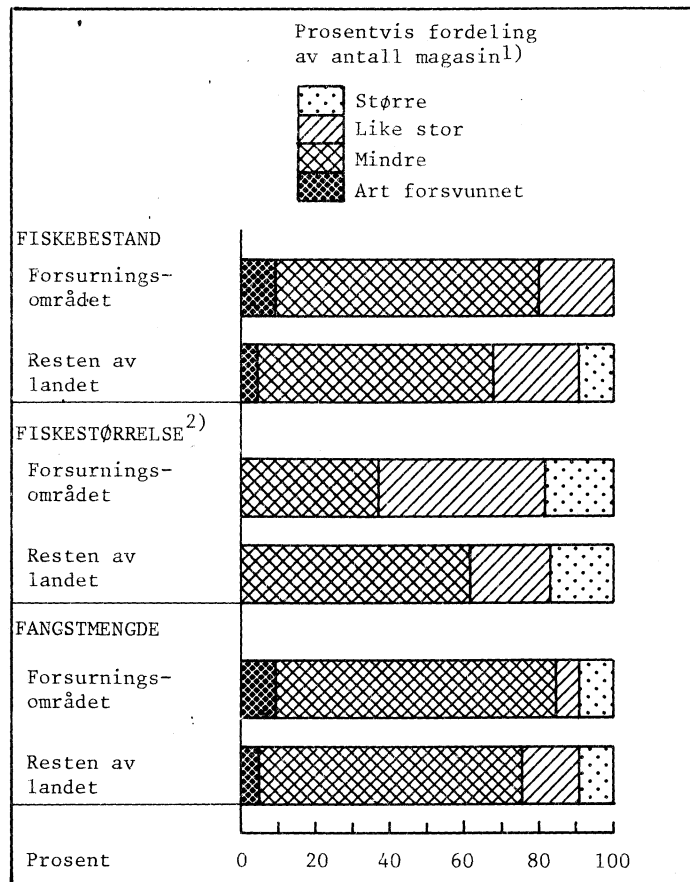
Figur 6.1 viser de lokale fiskemyndigheters vurdering av endring i bestand, størrelse og fangstmengde for aure i magasin i forsureningsområdet og i resten av landet. Figuren er basert på 120 observasjoner i forsureningsområdet og 450 fra resten av landet. Reduksjonene i både bestand og fangstmengde i forsureningsområdet, er større enn i resten av landet.

Figuren viser imidlertid at fiskestørrelsen i magasiner i forsureningsområdet er større enn i magasiner i resten av landet. De samme tendenser vises for elvestrekninger, se figur 6.2.

Til disse sammenlikninger knytter det seg imidlertid en del usikkerhet, bl.a. fordi en ikke har tatt hensyn til reguleringens omfang og eventuelle fiskeutsettinger.

1) Det litterære bakgrunnsstoffet er hentet fra Overrein et al. (1981) og Hindar et al. (1979).

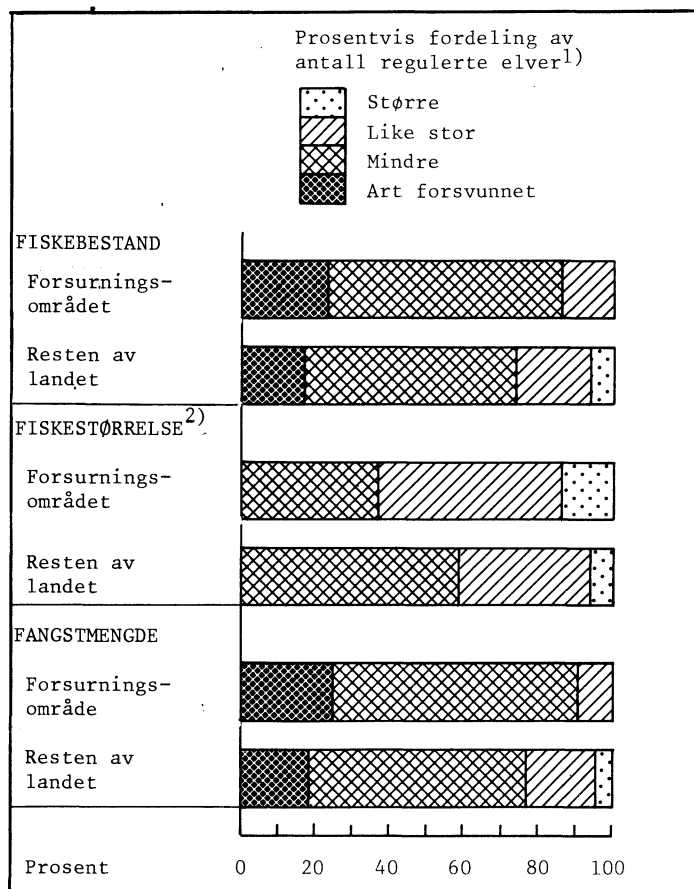
Figur 6.1. Reguleringsmagasin etter endring i bestand, fiskestørrelse og fangstmengde for aure. Forsurningsområder og resten av landet. Prosent av antall magasiner



1) "Ny etablert art" og "vet-ikke" andelen er holdt utenfor.

2) "Art forsvunnet" er holdt utenfor

Figur 6.2. Regulerte elver, etter endring i bestand, fiskestørrelse og fangstmengde for aure. Forsurningsområder og resten av landet. Prosent av antall elvestrekninger



1) "Nyetablert art" og "vet-ikke" andelen er holdt utenfor.

2) "Art forsvunnet" er holdt utenfor.

6.2. Forsurning av regulerte og uregulerte vann

En vil i dette avsnittet se på hvordan forsurningen har slått ut i regulerte og uregulerte vann. Som bakgrunn for denne studien er brukt SNSF's data fra 3 727 vann i Østfold, Telemark, Aust- og Vest-Agder og Rogaland. Av disse vannene var 108 reguleringsmagasiner.

Det er kjent at store vann har mindre variasjoner i vannkjemi enn små vann. I de store vannene kan en også lettere få dannet vannkjemiske refugier, dvs. avgrensede, ofte små områder der vannkvaliteten gjennomgående er bedre enn ellers. Store vannvolum vil dessuten i seg selv virke dempende på variasjoner i surhet. Sevaldrud og Muniz (1980) har videre vist at bestandsstatus for aure er bedre for store enn for små innsjøer.

Tabell 6.1 viser pH-verdien i regulerte og uregulerte vann fordelt på areal. Det er bare mulig å si noe om forholdet mellom pH-verdi i regulerte og uregulerte vann større enn 400 daa. Tabellen antyder en tendens til høyere pH-verdi i regulerte enn i uregulerte vann. Forskjellene er små, men er likevel signifikante på 5 prosentnivå.

Tabell 6.1. Gjennomsnittlig pH-verdi i regulerte og uregulerte vann, fordelt på innsjøareal

Areal	Regulert	Uregulert
	pH-verdi	
0,4 - 1 km ²	5,04	4,79
1 km ² og mer	5,11	4,97
	Antall innsjøer	
0,4 - 1 km ²	17	1 403
1 km ² og mer	55	244

K i l d e: Bearbeidde data fra SNSF-prosjektet.

Dette er i tråd med Mellquist (1972) som i en statistisk analyse av pH-data fra Sira-Kvina-vassdragene antyder at regulerte vann er mindre sure enn uregulerte. Han nevner to forhold som kan være årsaken til dette. Den ene er at det sure overflatesjiktet blir holdt tilbake i reguleringsmagasiner fordi vannet blir tappet ut fra store dyp. Dermed økes oppholdstiden i magasinet for det sure vannet, og muligheten for å heve pH noe ved buffer-reaksjoner blir dermed større.

En annen faktor kan være at nedtappingene i magasiner blottlegger store bunnarealer og bringer de resterende vannmasser i en mer effektiv kontakt med sedimentene enn ellers ville vært tilfelle. En rekke stoffer, spesielt Kalsium (Ca) og Magnesium (Mg) som er akkumulert i sedimentene vil under denne behandling kunne gå i løsning og kunne tilføre vannet buffer-kapasitet.

6.3. Nedstrømseffekter

Hvis en stopper tapping av vann fra et magasin med relativt god vannkvalitet vil dette kunne påvirke vannkvaliteten på nedstrøms elvestrekninger. Spesielt dersom vannkvaliteten da blir dominert av mindre sidevassdrag som fører surt vann. En slik episode er bl.a. kjent med aure fra Nidelvassdraget våren 1979. (Muniz, Leivestad og Bjerknes, 1979). Hvis derimot vannkvaliteten i magasinet er dårligere enn i hovedvassdraget vil en rask uttapping også kunne føre til vannkvalitetendring i hovedvassdraget og fiskedød slik det skjedde med laks i Ognå i 1982. (Skogheim et al. 1983.)

7. TILTAK FOR Å MOTVIRKE SKADER

I forbindelse med vannkraftutbyggingen er det blitt mer og mer vanlig at regulantene helt eller delvis påkoster tiltak for å redusere skader på fiskemiljø, på muligheten for å utøve fiske og på naturmiljøet ellers. Slike tiltak kan være utsetting av fisk, pålegg om minstevannføring og bygging av fiske-trapper og terskler. I elvestrekninger hender det også at regulantene bygger vannverk, kloakkrensaneanlegg og vanningsanlegg for jordbruket i forbindelse med reguleringen. Vi vil i dette avsnittet beskrive disse tiltakene slik de er registrert av vassdragsregulantene, innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene.

Svarerne har ikke alltid hatt like godt kjennskap til hvilke tiltak som er gjennomført, slik at tallet for antall tiltak trolig er for lavt. Antallet registrerte tiltak er imidlertid stort nok til å kunne si noe om blant annet den geografiske fordeling og fordelingen over tid.

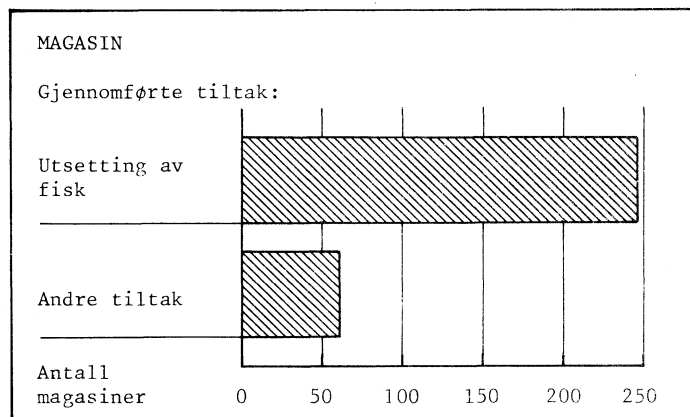
7.1. Omfanget av tiltak

Resultatene i dette avsnittet refererer seg til opplysninger som er hentet fra vassdragsregulantene. Det er vanskelig å gi noen eksakte tall over andelen av de regulerte innsjøene og elvene der det er gjennomført tiltak for å redusere skadevirkninger på fisk.

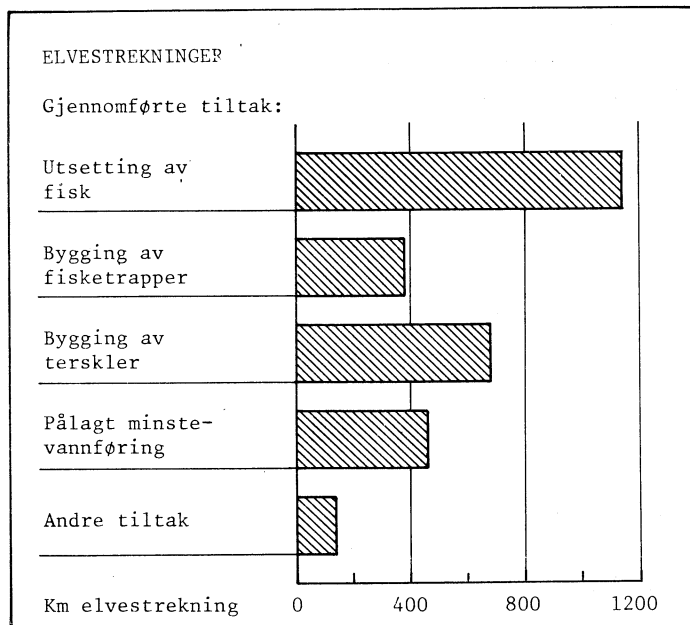
Ut fra innsamlede opplysninger kan en gå ut fra at det er gjennomført tiltak i 35-50 prosent av antall reguleringsmagasiner og i 20-40 prosent av de regulerte elvestrekningene målt med km elvelengde.

Figur 7.1 og 7.2 viser den prosentvise fordelingen av ulike tiltak. I både regulerte innsjøer og elver er det mest vanlige tiltaket utsetting av fisk. I reguleringsmagasiner er det gjennomført få andre tiltak. I regulerte elver er også andre tiltak vanlige, spesielt bygging av terskler for å redusere skadevirkninger av minsket vannføring. Likeledes er det vanlig å pålegge regulantene å slippe en minstevannføring for å sikre tilstrekkelig vannføring i kritiske perioder.

Figur 7.1. Reguleringsmagasiner, etter ulike gjennomførte tiltak



Figur 7.2. Regulerte elver, etter ulike gjennomførte tiltak. Km elvestrekning



En vil i de neste avsnittene gå noe nærmere inn på de viktigste tiltakene i regulerte innsjøer og elver.

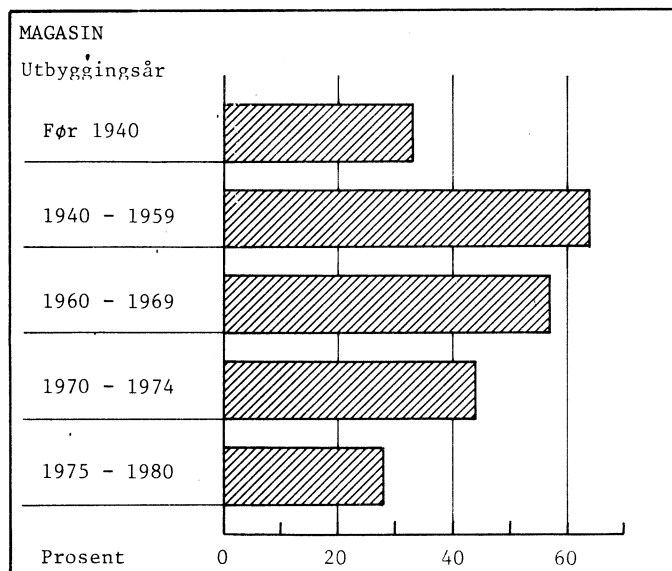
7.1.1. Utsetting av fisk

Resultatene i dette avsnittet beskriver antall reguleringsmagasiner og kilometer regulert elvestrekning med og uten utsetting. Undersøkelsen har ikke gitt grunnlag for å beskrive hvilke fiskearter som er utsatt, antall settefisk eller alder på settefisk. Ut fra generell kunnskap kan en likevel trekke enkelte konklusjoner: I reguleringsmagasiner vil hovedtyngden av utsettinger være aure. Tidligere var det vanlig å sette ut yngel, mens en i den seinere tid mer og mer setter ut ensomrig - og i noen grad tosomrig aure. I regulerte elvestrekninger er det mest vanlig å sette ut lakseyngel og laksesmolt (utvandningsklar lakseyngel). I enkelte sjeldnere tilfeller kan det være aktuelt å sette ut aure.

Figur 7.3 viser andelen reguleringsmagasiner med utsetting, fordelt etter utbyggingsår. Det er en klar tendens til at antall magasiner med utsetting relativt sett har gått ned siden perioden 1940-59. Færrest utsettinger er det foretatt i perioden 1975-80. Dette forholdet er ikke så overraskende fordi en i dag har bedre kjennskap til konsekvensene av og behovet for utsettinger i ulike typer reguleringsmagasiner. I hovedsak settes det i dag bare ut fisk i de magasiner der en på forhånd vurderer mulighetene for å oppnå vellykket resultat som gode.

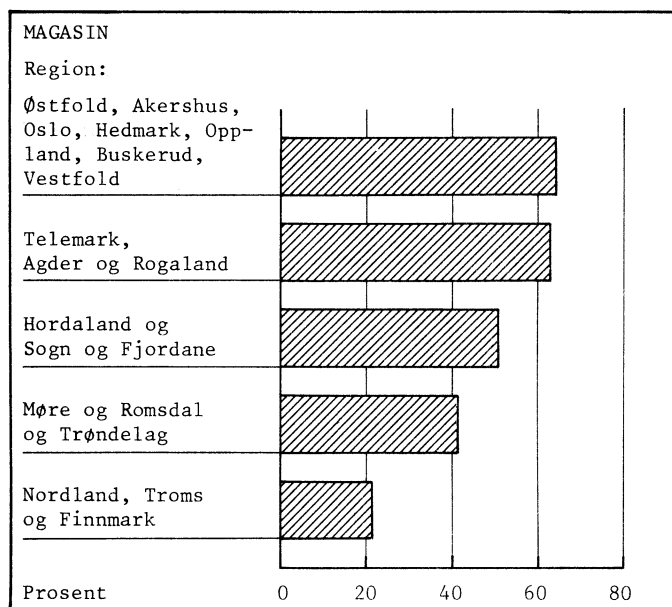
Figur 7.4 viser at andelen magasiner med utsetting av fisk relativt er størst på Øst- og Sørlandet og minst i Nord-Norge. Disse resultatene må sees i sammenheng med resultatene i figur 7.3 i og med at Øst- og Sørlandet har den største andelen eldre utbygginger mens Nord-Norge har den største andelen yngre utbygginger, se tabell 4.1. I tillegg kan det være grunn til å påpeke det forhold at utsettinger av fisk ofte blir iverksatt av regulantene som følge av påtrykk fra grunneiere, innlandsfiskeremndene og andre interessegrupper. Disse interessegruppene har tradisjonelt vært sterkere på Øst- og Sørlandet enn i de mer tynt befolkede områdene i Nord-Norge.

Figur 7.3. Reguleringsmagasin med utsetting av fisk, etter utbyggingsår. Prosent av antall magasiner med og uten utsetting¹⁾



1) Figuren er basert på observasjoner fra 463 magasiner. Uoppgittandelen er holdt utenfor.

Figur 7.4. Reguleringsmagasin med utsetting av fisk, etter region. Prosent av antall magasiner med og uten utsetting¹⁾

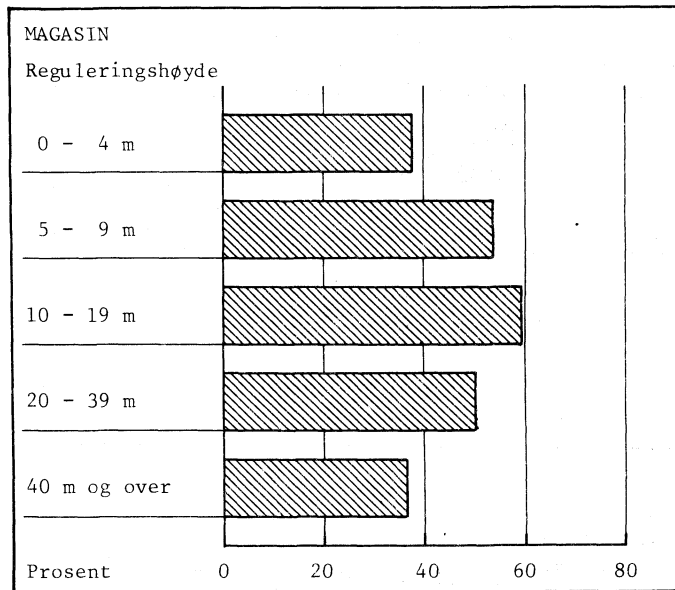


1) Figuren er basert på observasjoner fra 502 magasiner. Uoppgittandelen er da holdt utenfor.

Figur 7.5 viser at antall reguleringer med fiskeutsettinger er størst blant de magasiner der reguleringshøyden er middels stor, det vil si mellom 10 og 20 meter. Ved de små reguleringshøyder (0-4 meter) er andelen magasiner med utsetting av fisk minst. Dette forholdet er ikke urimelig dersom en antar at fisk (i hovedsak aure) først og fremst settes ut i de magasiner der en på forhånd mener behovet er størst. Den vanligste oppfatningen er at behovet er størst i de magasiner der rekrutteringsmulighetene vil bli sterkt redusert. Ved små reguleringshøyder forventer en oftest at rekrutteringsmulighetene blir lite påvirket. I magasiner med mellomstore eller store reguleringshøyder forventes det derimot at rekrutteringsmulighetene blir redusert fordi gyteelvene avstenges og blir utilgjengelige. Resultatene viser imidlertid at reguleringsmagasiner med store reguleringshøyder (over 40 meter) har liten andel med fiskeutsetting, til tross for at rekrutteringsmulighetene i de aller fleste tilfeller

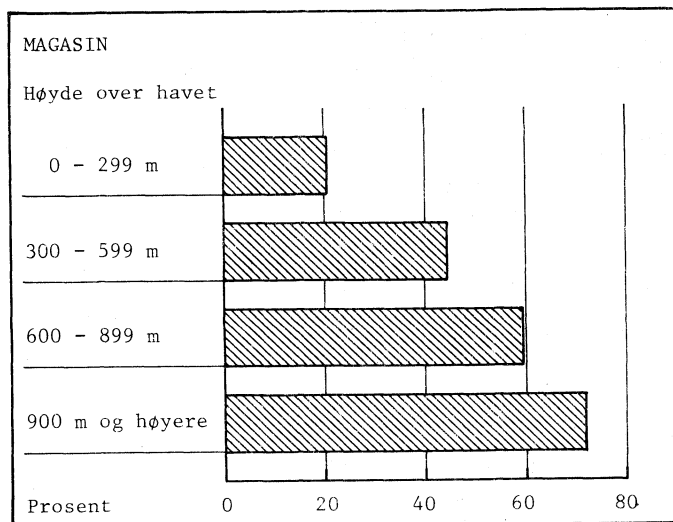
blir redusert. Dette kan bl.a. skyldes at mulighetene for utøvelse av fiske ved slike store reguleringshøyder blir svært negativt berørt pga. økte mengder kvister og røtter, vansker med båthold etc., jfr. figur 5.3. Behovet for fiskeutsetting vil dermed i mindre grad være tilstede i og med at omfanget av fiske blir redusert i slike reguleringsmagasiner, se også figur 5.5. I tillegg kan nevnes at magasiner med store reguleringshøyder først og fremst er bygget i perioden 1975-80, se tabell 4.3. Som allerede nevnt, skiller denne perioden seg ut med lav andel utsetninger, se figur 7.3.

Figur 7.5. Reguleringsmagasin med utsetting av fisk, etter reguleringshøyde. Prosent av antall magasiner med og uten utsetting¹⁾



1) Figuren er basert på observasjoner fra 496 magasiner. Uoppgittandelene er holdt utenfor.

Figur 7.6. Regulerte innsjøer med utsetting av fisk, etter høyde over havet. Prosent av antall magasiner med og uten utsetting¹⁾



1) Figuren er basert på observasjoner fra 502 magasiner. Uoppgitte andeler er holdt utenfor.

I figur 7.6 er antall reguleringsmagasiner med fiskeutsetting fordelt etter høyde over havet. Det er en klar tendens til at andelen magasiner med utsetting øker med økende høyde over havet. Dette forholdet kan igjen forklares ut fra forutsetning om fisk (les aure) først og fremst settes ut der en forventer at behovet for økt rekruttering er størst. Reguleringsmagasiner i høyfjellet vil som regel være mer utsatt for rekrutteringssvikt av aure enn magasiner i lavlandet, bl.a. fordi aure i høyfjellet i større grad enn i lavlandet gyter på utløpselvene. Disse blir som regel utilgjengelige ved regulering.

I regulerte elvestrekninger er det mest vanlig å sette ut lakseyngel eller smolt. I figur 7.7 er andelen kilometer regulerte elvestrekninger med utsetting fordelt etter region. Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal og Trøndelag har relativt sett størst regulert elvelengde med utsetting, mens Øst-Norge har liten regulert elvelengde med utsetting. Dette kan sees i sammenheng med at antall lakseførende elvestrekninger på Vestlandet og i Midt-Norge er større enn i Øst-Norge. Andelen kilometer regulerte elvestrekninger med utsetting er imidlertid liten i Nord-Norge der antall lakseelver er forholdsvis stort. Dette kan delvis ha sammenheng med at få av de lakseførende elvestrekningene er regulert, og delvis at settefisk-kapasiteten fra klekkerier i Nord-Norge er liten sammenliknet med landet forøvrig, se tabell 7.1.

Tabell 7.1. Klekkeri-kapasitet, etter region og år. Liter rogn

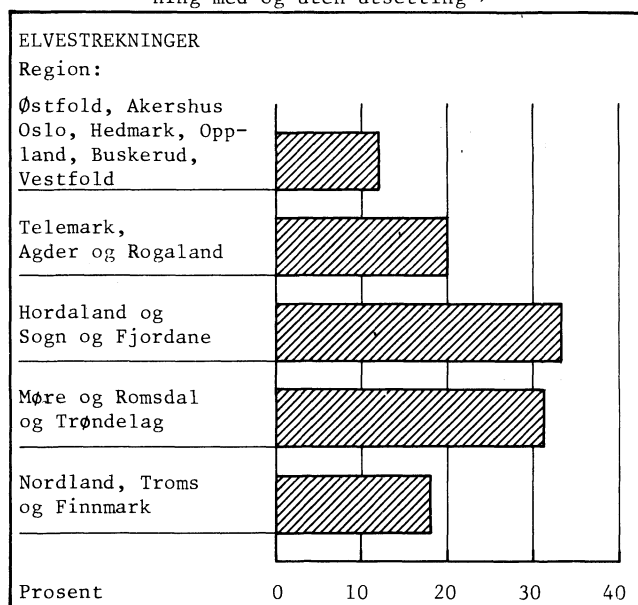
År	Hele landet	Region ¹⁾				
		Øst-Norge	Sør-landet	Hordaland, Sogn og Fjordane	Møre og Romsdal, Trøndelag	Nord-Norge
1975	7 664	2 478	1 227	1 598	1 785	576
1976	7 856	2 632	1 227	1 594	1 827	576
1977	9 198	3 455	1 217	2 033	1 875	636
1978	9 454	3 455	1 232	2 107	1 945	715
1979	9 735	3 293	1 032	2 540	2 153	717
1980	9 857	3 345	1 129	2 540	2 121	722
1981	10 398	3 233	1 020	2 520	2 831	794
1982	10 970	3 203	1 118	2 520	3 351	778

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

K i l d e: Lakse- og sjøaurefiske, SSB.

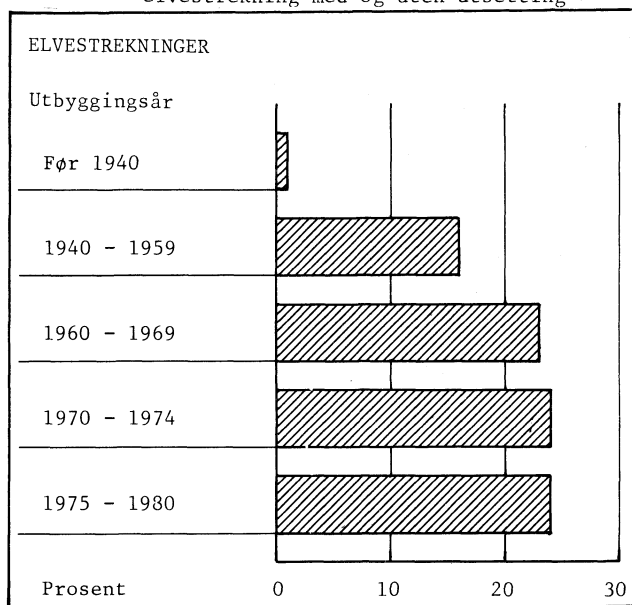
Figur 7.8 viser at andelen regulerte elvestrekninger med utsetting er større for utbygginger avsluttet etter 1960 enn for eldre utbygginger. Denne økningen i utsettinger av lakseyngel og lakse-smolt bør sees i sammenheng med en økende forståelse for de skader redusert vannføring har på laksens reproduksjonsmuligheter. I det siste ti-år har det blitt mer vanlig å pålegge regulantene en minste-vannføring for å hjelpe opp vandrende gytefisk og sikre produksjonen av lakseyngel. Dette forholdet kan forklare at andelen regulerte elvestrekninger med utsetting har vært relativt stabilt fra 1960 og fram til i dag, se figur 7.8.

Figur 7.7. Regulerte elver med utsetting av fisk, etter region. Prosent av km elvestrekning med og uten utsetting¹⁾



1) Figuren er basert på observasjoner fra 5 206 km elvestrekning. Uoppgiftandeler er holdt utenfor.

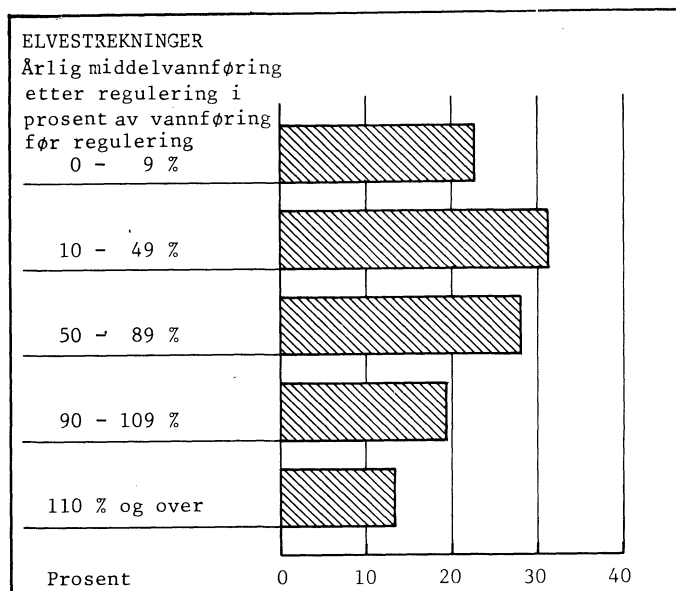
Figur 7.8. Regulerte elver med utsetting av fisk, etter utbyggingsår. Prosent av km elvestrekning med og uten utsetting¹⁾



1) Figuren er basert på observasjoner fra 000 km elvestrekning. Uoppgiftandelen er holdt utenfor.

Figur 7.9 viser en relativt klar tendens til at det settes ut lite fisk i elvestrekninger der den årlige middelvannføringen er uendret eller har økt etter regulering ("90-109 prosent" og "110 prosent og mer"). Behovet for utsetting er naturlig nok lite i slike elvestrekninger. Den største andelen elvestrekninger med utsetting finner en blant elver med middels reduksjon i vannføring ("10-49 prosent"). I elver som er tørrlagt eller nesten tørrlagt ("0-9 prosent") er utsetting mindre vanlig. I slike elver forventes det at skader på fiskemiljøet blir så stor at utsetting ofte vil ha liten hensikt. Når vi likevel har registrert en viss grad av utsetting innenfor denne gruppen elvestrekninger, kan dette skyldes at utsettingene er gjort av hensyn til sjøfiske. Slike utsettinger kan foretas nær elvemunning og i perioder med tilstrekkelig vannføring.

Figur 7.9. Regulerte elver med utsetting av fisk, etter endring i årlig middelvannføring. Prosent av kilometer elvestrekning med og uten utsetting¹⁾



1) Figuren er basert på observasjoner fra 3 347 km elvelengde. Uoppgittandelen er holdt utenfor.

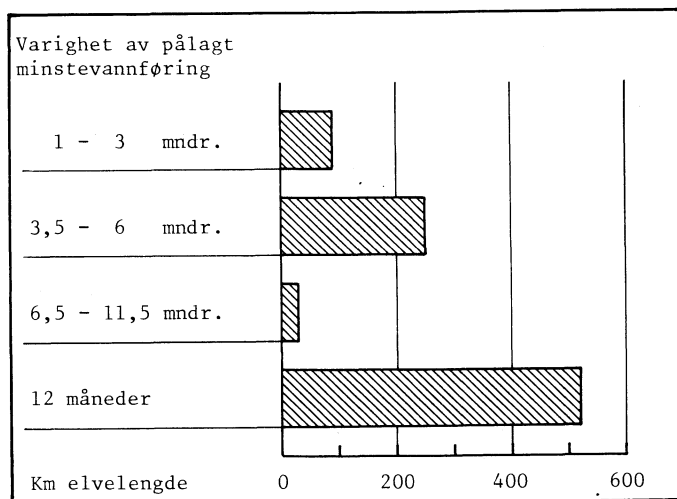
7.1.2. Pålagt minstevannføring

Med pålagt minstevannføring er ment den nedre grense for de vannføringer som konsesjonsbetingelser pålegger vassdragsregulantene å slippe på elvestrekninger i gitte tidsperioder. Enkelte reguleranter har imidlertid i forbindelse med besvarelse av skjemaene forvekslet pålagt minstevannføring med de vannmengder som reelt slippes innenfor de ulike tidsintervaller uavhengig om de er pålagt eller ikke. Anslaget over antall elvestrekninger med pålagt minstevannføring kan derfor være noe høyt. Resultatene gir derimot mulighet for prosentvise fordelinger mellom ulike tidsintervall med pålagt minstevannføring.

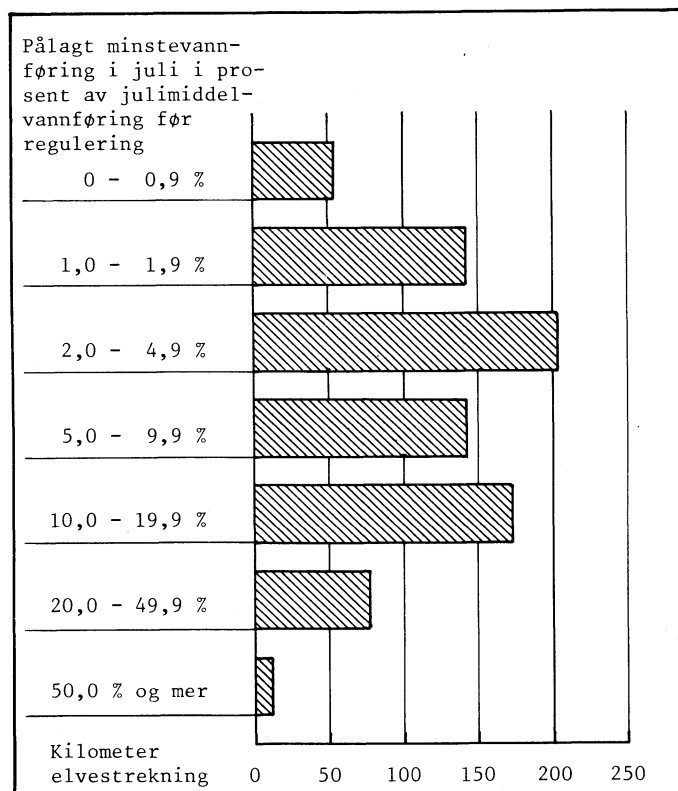
Det foreligger opplysninger om pålagt minstevannføring i elvestrekninger med samlet lengde på 894 km. I alt 520 kilometer elvestrekning har et pålegg om minstevannføring hele året, se figur 7.10. I overkant av to tredjedeler av denne elvelengden har samme pålegget året rundt. Om lag 370 kilometer elvestrekning har pålagt minstevannføring bare enkelte deler av året. 250 kilometer av disse har et pålegg med en varighet på 3,5-6 mndr. I hovedsak er dette pålegget lagt til sommermånedene juni, juli og august.

Den pålagte minstevannføring varierer betydelig fra elvestrekning til elvestrekning, både med hensyn til absolutt vannføring (m^3/s) og i forhold til middelvannføring før regulering. I figur 7.11 er alle elvestrekninger med pålagt minstevannføring i juli-måned relatert til middelvannføring i juli før regulering. Disse elvestrekningene utgjør en lengde på i alt 806 km.

Figur 7.10. Regulerte elvestrekninger med pålagt minstevannføring, etter påbudets varighet. Km elvelengde



Figur 7.11. Regulert elvestrekning med pålagt minstevannføring i juli. Kilometer elvestrekning¹⁾



1) Figuren er basert på 806 kilometer elvestrekning.

Figuren viser bl.a. at over 400 km elvelengde eller om lag 50 prosent av alle regulerte elvestrekninger med pålagt minstevannføring har en minstevannføring i juli som er mindre enn 5 prosent av hva julimiddelvannføringen var før regulering.

7.1.3. Bygging av terskler

Det blir i dag bygget terskler i regulerte elver for å kompensere skader på fiske, landbruk, rekreasjon mv. av redusert vannføring.

I denne rapporten presenteres opplysninger om terskelbygging i regulerte elvestrekninger tilsvarende 1 000 kilometer. Opplysningene er samlet inn fra vassdragsregulantene. Pr. 1.1. 1981 er det bygget 319 terskler, se tabell 7.2. Til sammenlikning kan nevnes at Mellquist i 1976 registrerte om lag 400 terskler i alle elver i Norge.

Tabell 7.2. Terskler i regulerte elvestrekninger, etter utbyggingsperiode og region

	I alt	Utbyggingsperiode					Uopp- gitt
		Før 1940	1940- 1959	1960- 1969	1970- 1974	1975- 1980	
Antall terskler							
I alt	319	6	20	87	124	33	49
Region ¹⁾							
Øst-Norge	27	5	4	11	-	1	6
Sørlandet	113	-	-	19	64	11	19
Hordaland, Sogn og Fjordane	31	1	-	3	12	-	15
Midt-Norge	67	-	-	31	13	14	9
Nord-Norge	81	-	16	23	35	7	-
Antall terskler pr. 100 km elv							
I alt	3,7	1,3	1,8	3,5	6,8	3,4	2,5
Region ¹⁾							
Øst-Norge	1,4	1,9	1,3	1,5	-	0,7	3,3
Sørlandet	4,2	-	-	2,8	10,6	13,9	2,3
Hordaland, Sogn og Fjordane	2,3	3,2	-	1,2	4,2	-	2,7
Midt-Norge	4,6	-	-	8,0	4,1	5,3	4,8
Nord-Norge	6,6	-	19,5	5,5	12,5	2,7	-

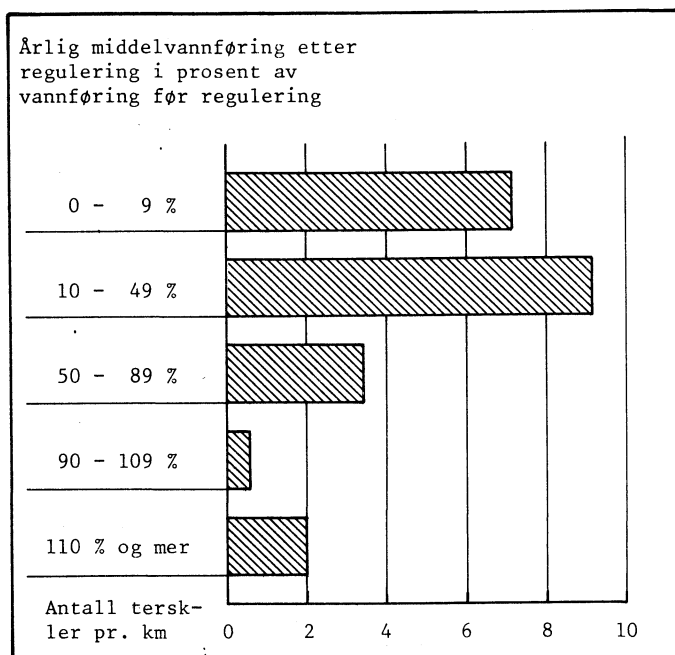
1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Tabell 7.2 viser at i absolutte tall er det bygget flest terskler på Sørlandet. Antall terskler pr. 100 km regulert elv er derimot størst i Nord-Norge.

Videre går det fram av tabellen at antall terskler både absolutt og relativt er størst ved reguleringer avsluttet i utbyggingsperioden 1970-74. I perioden 1975-80 er det tilsynelatende bygget noe færre terskler i forhold til den regulerte elvelengden. Disse resultatene kan ikke tilskrives en endret vilje til å bygge terskler i og med at terskler i dag automatisk vurderes som et aktuelt tiltak under konsesjonsbehandlingen. Resultatene må derimot sees i sammenheng med endret behov eller mulighet for terskelbygging.

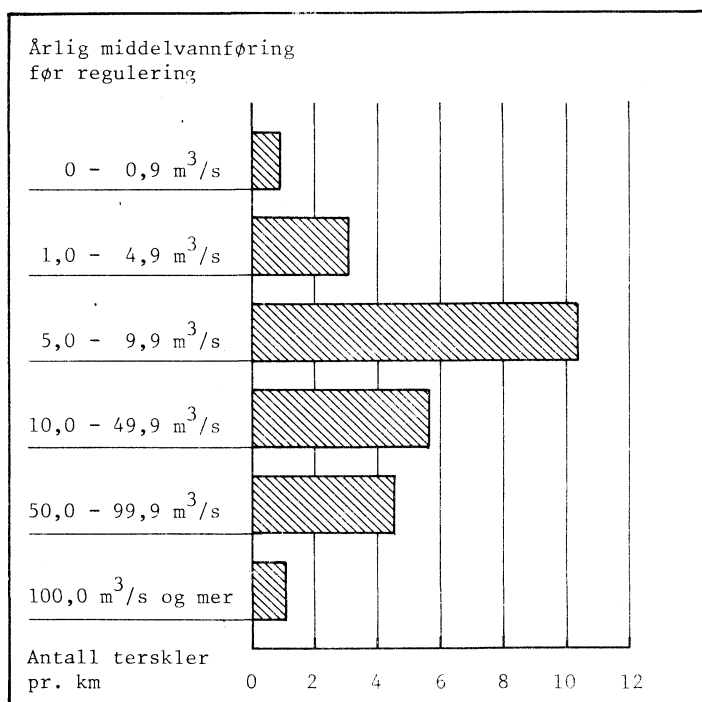
I figur 7.12 er antall terskler pr. 100 kilometer regulert elv fordelt etter endring i årlig middelvannføring. Det er som ventet en klar tendens til at det bygges terskler oftest i elvestrekninger der den årlige middelvannføring er redusert til under 50 prosent av hva den var før regulering. Behovet for terskelbygging er uten tvil størst i slike elver.

Figur 7.12. Terskler i regulerte elver, etter endring i årlig middelvannføring. Antall terskler pr. 100 km regulert elvelengde



Figur 7.13 viser at antall terskler pr. kilometer regulert elv er størst for de middelstore elvene, det vil si en årlig middelvannføring før regulering på 5 til 10 m³/s. Antall terskler er forholdsvis lavt i elver med vannføring under 5 m³/s. Det er grunn til å tro at den lave andelen terskelbygging i små elver først og fremst må tilskrives mangel på mulighet i og med at behovet ofte er tilstede i form av sterkt redusert vannføring etter regulering, se tabell 4.10. I store elver med vannføring over 50 m³/s før regulering, er også antall terskler lavt. Tabell 4.10 viser imidlertid at andelen store elver med sterk reduksjon i vannføring er liten. Behovet for terskelbygging er dermed betraktelig lavere for slike elver.

Figur 7.13. Terskler i regulerte elver etter årlig middelvannføring i m^3/s . Antall terskler pr. 100 km regulerte elvestrekninger



7.1.4. Vannverk, kloakkrensning og vanningsanlegg for jordbruket

Regulantene har i enkelte elvestrekninger bygget vannverk, kloakkrensning og vanningsanlegg for jordbruket helt eller delvis som følge av reguleringene.

I tabell 7.3 og 7.4 er vist elvestrekninger der slike anlegg er bygget, fordelt etter region og utbyggingsperiode. I følge innsamlede opplysninger er det bygget vannverk i 10 prosent av de regulerte elvestrekningene. Sett i forhold til kilometer elvestrekning finner en flest vannverk på Sørlandet og i Midt-Norge. Tabell 7.4 viser at det ble bygget flest vannverk i utbyggingsperioden 1970-74.

Det er bygget kloakkrensning i 3 prosent av de regulerte elvestrekningene. Elver med kloakkrensning er konsentrert til Sørlandet, både absolutt og relativt.

Det er bygget relativt få vanningsanlegg i tilknytning til vannkraftutbygging. I følge innsamlede opplysninger finnes slike vanningsanlegg i 1,5 prosent av de regulerte elvestrekninger. En stor andel av disse anleggene ligger i Midt-Norge.

Tabell 7.3. Regulerte elvestrekninger. Elvestrekninger med og uten vannverk, kloakkrenseanlegg og vanningsanlegg for jordbruket, etter region

Region ¹⁾	I alt	Vannverk			Kloakkrenseanlegg			Vanningsanlegg for jordbruket		
		Ja	Nei	Uopp-gitt	Ja	Nei	Uopp-gitt	Ja	Nei	Uopp-gitt
Kilometer elvestrekning										
I alt	8 703	906	5 229	2 569	279	5 458	2 967	131	5 599	2 973
Øst-Norge	1 991	228	1 344	419	66	1 540	385	19	1 526	445
Sørlandet	2 688	384	1 702	601	133	1 682	873	32	1 776	879
Hordaland, Sogn og Fjordane	1 326	48	444	833	59	416	850	14	452	859
Midt-Norge	1 472	194	961	317	22	1 024	426	66	1 049	357
Nord-Norge	1 228	51	778	399	-	796	432	-	796	432
Prosent										
I alt	100	10,4	60,1	29,5	3,2	62,7	34,1	1,5	64,3	34,2
Øst-Norge	100	11,5	67,5	21,0	3,3	77,3	19,3	1,0	76,6	22,4
Sørlandet	100	14,3	63,3	22,4	4,9	62,6	32,5	1,2	66,1	32,7
Hordaland, Sogn og Fjordane	100	3,6	33,5	62,8	4,4	31,4	64,1	1,1	34,1	64,8
Midt-Norge	100	13,2	65,3	21,5	1,5	69,6	28,9	4,5	71,3	24,3
Nord-Norge	100	4,2	63,4	32,5	-	64,8	35,2	-	64,8	35,2

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Tabell 7.4. Regulerte elvestrekninger. Elvestrekninger med og uten vannverk, kloakkrenseanlegg og vanningsanlegg for jordbruket, etter utbyggingsperiode

Utbyggingsperiode	I alt	Vannverk			Kloakkrenseanlegg			Vanningsanlegg for jordbruket		
		Ja	Nei	Uopp-gitt	Ja	Nei	Uopp-gitt	Ja	Nei	Uopp-gitt
Kilometer elvestrekning										
I alt	8 703	906	5 229	2 569	279	5 458	2 967	131	5 599	2 973
Før 1940	455	31	345	79	37	349	69	-	351	104
1940 - 1959	1 084	14	817	253	-	816	268	-	815	269
1960 - 1969	2 481	235	1 529	717	83	1 656	742	49	1 676	756
1970 - 1974	1 828	503	1 032	292	86	1 161	581	6	1 241	581
1975 - 1980	896	63	665	168	3	683	209	48	680	168
Uopp-gitt	1 960	60	842	1 059	69	792	1 098	29	836	1 095
Prosent										
I alt	100	10,4	60,1	29,5	3,2	62,7	34,1	1,5	64,3	34,2
Før 1940	100	6,8	75,8	17,4	8,1	76,7	15,2	-	77,1	22,9
1940 - 1959	100	1,3	75,4	23,3	-	75,3	24,7	-	75,2	24,8
1960 - 1969	100	9,5	61,6	28,9	3,3	66,7	29,9	2,0	67,6	30,5
1970 - 1974	100	27,5	56,5	16,0	4,7	63,5	31,8	0,3	67,9	31,8
1975 - 1980	100	7,0	74,2	18,8	0,3	76,2	23,3	5,4	75,9	18,8
Uopp-gitt	100	3,1	43,0	54,0	3,5	40,4	56,0	1,5	42,7	55,9

7.2. Vurdering av tiltak

Innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene har vurdert kvaliteten på de tiltak som er gjennomført i reguleringsmagasiner og regulerte elver. Vurderingene er foretatt ut fra de forventninger en hadde til tiltaket på forhånd. En sammenstilling av disse kvalitetsvurderingene sier derfor lite om hvordan fiskemiljøet har endret seg etter regulering og etter gjennomført tiltak.

Tabell 7.5 viser at om lag to tredjedeler av gjennomførte tiltak fungerte tilfredsstillende. En var jamnt over mer fornøyd med tiltak gjennomført i reguleringsmagasiner enn i regulerte elvestrekninger. Bygging av fisketrapper skiller seg ut som det tiltaket de lokale fiskemyndighetene var minst fornøyd med. Pålagt minstevannføring har derimot fungert mer tilfredsstillende.

Tabell 7.5. Regulerte innsjøer og elvestrekninger med tiltak, etter hvordan de har fungert

	Antall magasiner og elve- strekninger	I alt	Har iverksatte tiltak fungert tilfredsstillende?			
			Ja	Delvis	Nei	Vet ikke
			Prosent			
MAGASIN						
Utsetting av fisk	205	100	29,3	32,2	24,9	13,7
Nye fiskeregler er innført	44	100	38,6	15,9	22,7	22,7
ELVESTREKNINGER						
Utsetting av fisk	154	100	35,1	25,3	30,5	9,1
Bygging av terskler	74	100	33,8	18,9	33,8	13,5
Bygging av fisketrapper	35	100	17,1	22,9	34,8	25,7
Påbudt minstevannføring	69	100	37,7	17,4	23,2	21,7
Nye fiskeregler er innført	38	100	47,4	-	42,1	10,5

I tabell 7.6 er resultatene for reguleringsmagasiner fordelt etter region, utbyggingsperiode og høyde over havet. Tabellen viser at utsettinger av fisk i reguleringsmagasiner ser ut til å fungere best på Vestlandet og i de fem nordligste fylkene. Dårligst ser det ut til å gå på Sørlandet. Det er grunn til å tro at dette skyldes forsurening av fiskevann.

Tabellen viser videre at utsettinger i magasiner som ble bygd etter 1960 har fungert jamnt over dårligere enn utsettinger i eldre utbygginger. Disse resultatene må imidlertid vurderes i sammenheng med at det er knyttet større usikkerhet til eldre enn til nye utbygginger.

Det er en klar tendens til at utsettinger fungerer best i magasiner over 900 m.o.h. og dårligst i lavlandsmagasiner, det vil si reguleringsmagasiner under 600 m.o.h. I avsnitt 7.1.1 ble det antydnet at i høyfjellsmagasiner vil aurebestanden være mer utsatt for rekrutteringssvikt enn i lavlandsmagasiner, se kommentarer til figur 7.6. Behovet for utsetting vil dermed være størst i høyfjellsmagasiner. Når behovet er størst er det naturlig å vente at effekten av utsettingen blir best.

Tabell 7.6. Reguleringsmagasiner med utsetting av fisk, etter hvordan tiltaket har fungert. Region, utbyggingsperiode og høyde over havet

Magasin	I alt	I alt	Har iverksatte tiltak fungert tilfredsstillende?			
			Ja	Delvis	Nei	Vet ikke
			Prosent			
I alt	205	100	29,3	32,2	24,9	13,7
Region ¹⁾ :						
Øst-Norge	61	100	27,9	41,0	21,3	9,8
Sørlandet	65	100	16,9	38,5	30,8	13,8
Hordaland og Sogn og Fjordane	41	100	36,6	22,0	19,5	22,0
Midt- og Nord-Norge	38	100	44,7	18,4	26,3	10,5
Utbyggingsperiode:						
Før 1960	78	100	28,2	39,7	16,7	15,4
1960 - 1969	73	100	26,0	27,4	31,5	15,1
1970 - 1980	28	100	25,0	28,6	28,6	17,9
Ufordelt	26	100	46,2	26,9	26,9	-
Høyde over havet:						
0 - 599 m	69	100	21,7	21,7	42,0	14,5
600 - 899 "	59	100	27,1	39,0	22,0	11,9
900 m og mer	77	100	37,7	36,4	11,7	14,3

1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Utvalget er for lite når det gjelder regulerte elver, til å foreta tilsvarende sammenstillinger som i tabell 7.6.

8. UNDERSØKELSER

Fra vassdragsregulanter er det samlet inn opplysninger om fiskeribiologiske og andre undersøkelser som er foretatt i forbindelse med regulering av innsjøer og elver. Fiskeribiologiske undersøkelser er hovedsakelig foretatt i forbindelse med skjønn. "Andre undersøkelser" omfatter registrering og analyse av beiteforhold, jakt/vilt, reindrift, landbruk, kulturminner, geologi mv. En kan ikke regne med at regulantene har hatt oversikt over alle undersøkelser som er foretatt. Det er imidlertid grunn til å tro at de opplysningene som er samlet inn er representative for totalutvalget.

8.1. Undersøkelser i reguleringsmagasiner

Av tabell 8.1 går det fram at det er foretatt undersøkelser i 43 prosent av magasinene. Den høye uoppgitt-andelen (57 prosent) skyldes at det ikke finnes noe svaralternativ med "ingen undersøkelse". Mesteparten av "uoppgitt-andelen" kan derfor tolkes til ingen undersøkelse. I 40 prosent er det foretatt "fiskeribiologiske undersøkelser", mens "andre undersøkelser" er foretatt i 18 prosent av magasinene. Det er foretatt forholdsmessig flest undersøkelser i Øst-Norge og færrest på Vestlandet.

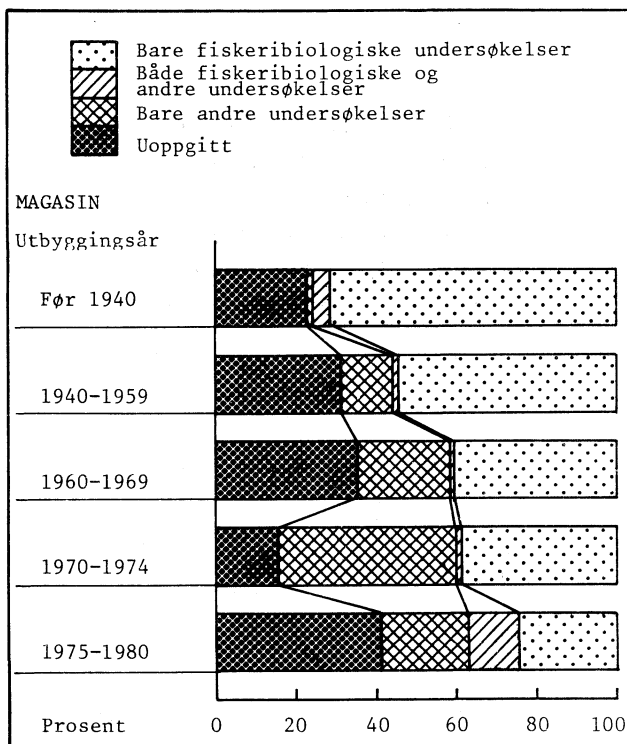
Figur 8.1 viser at andelen magasiner med undersøkelser som ventet har økt med tiden. Videre går det fram av figur 8.2 at andelen magasiner med undersøkelse er størst for magasiner i høydeklasse 900-1 200 m.o.h. og minst for magasiner i den laveste høydeklassen, det vil si under 300 m.o.h. Figur 8.3 antyder at andelen undersøkte magasiner øker med økende reguleringshøyde.

Tabell 8.1. Reguleringsmagasiner, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med reguleringer og etter region

Region ¹⁾	Antall magasiner	I alt	Med undersøkelse				Uopp-gitt
			I alt	Med bare fiskebiologisk undersøkelse	Med både fiskebiologisk og andre undersøkelser	Med bare andre undersøkelser	
Prosent							
I alt	795	100	42,9	24,9	15,5	2,5	57,1
Øst-Norge	137	100	56,2	45,3	7,3	3,6	43,8
Sørlandet	185	100	47,0	19,5	25,4	2,2	53,0
Hordaland, Sogn og Fjordane ..	210	100	26,2	12,4	9,5	4,3	73,8
Midt-Norge	119	100	53,8	34,5	19,3	-	46,2
Nord-Norge	144	100	40,3	22,9	16,0	1,4	59,7

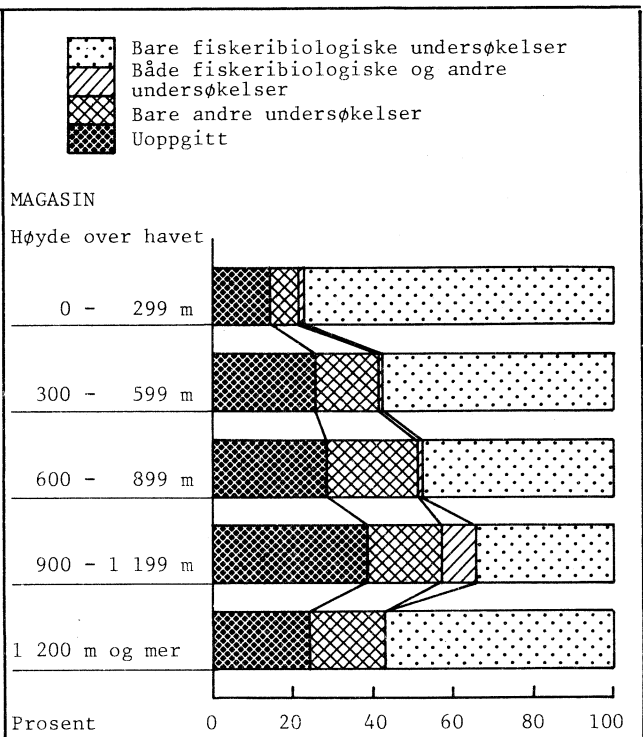
1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Figur 8.1. Reguleringsmagasiner, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med regulering og etter utbyggingsperiode. Prosent av antall magasiner¹⁾



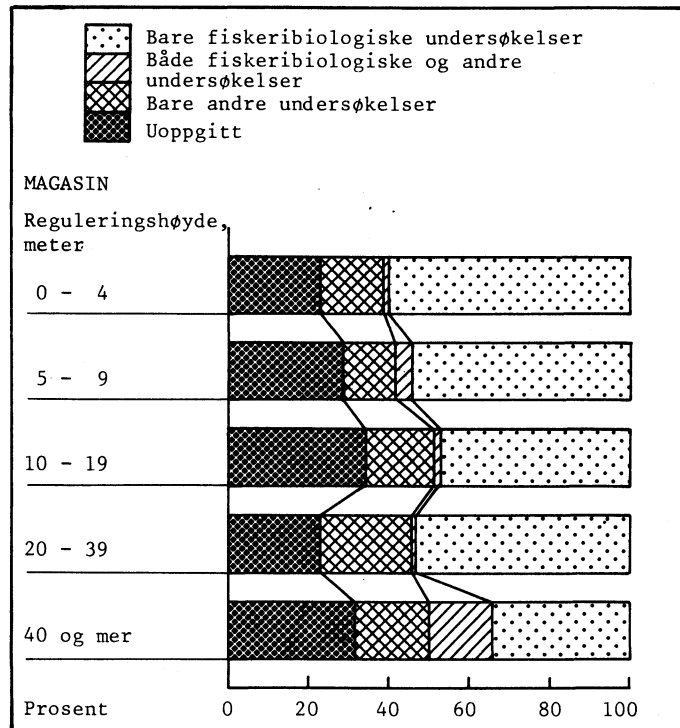
1) Figuren er basert på 606 observasjoner.

Figur 8.2. Reguleringsmagasiner, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med regulering og etter høyde over havet. Prosent av antall magasiner¹⁾



1) Figuren er basert på 795 observasjoner.

Figur 8.3. Reguleringsmagasiner, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med regulering og etter reguleringshøyde. Prosent av antall magasiner¹⁾



1) Figuren er basert på 718 observasjoner.

8.2. Undersøkelser i regulerte elver

Av tabell 8.2 går det fram at det er foretatt undersøkelser i 37 prosent av elvestrekningene målt ved km elvelengde. Dette er noe færre enn for reguleringsmagasiner. Relativt sett er det foretatt flest undersøkelser i Midt-Norge og færrest i Hordaland og Sogn og Fjordane

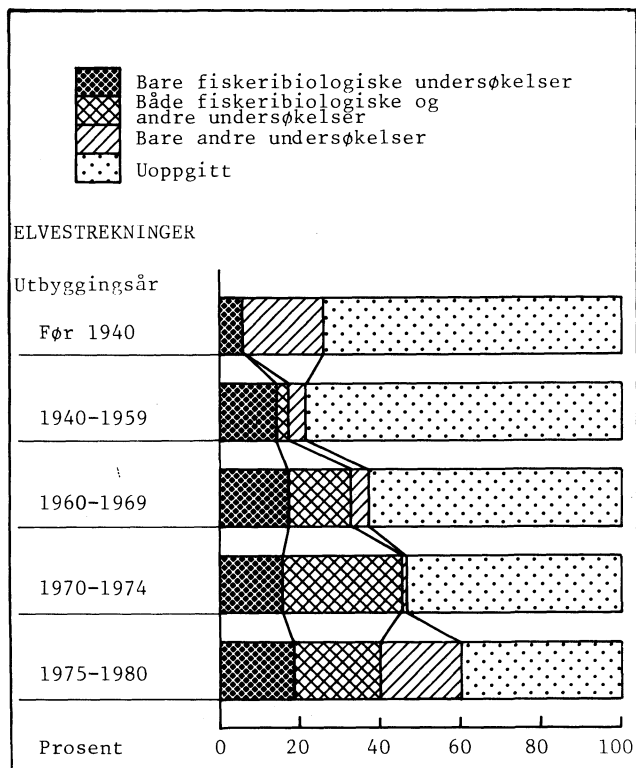
Figur 8.4 viser på samme måte som for reguleringsmagasiner at andelen undersøkte elver øker med tiden. I figur 8.5 er elver med undersøkelse relatert til endringen i årlig middelvannføring. Elver med redusert vannføring er ikke undersøkt mer enn elver med uendret eller økt vannføring.

Tabell 8.2. Regulerte elvestrekninger, etter undersøkelser foretatt i forbindelse med regulering, etter region

Region ¹⁾	Kilometer elvestrekning	I alt	Med undersøkelse				Uoppgitt
			I alt	Med bare fiskeribiologisk undersøkelse	Med både fiskeribiologisk og andre undersøkelser	Med bare andre undersøkelser	
Prosent							
I alt	8 703	100	37,1	18,0	14,2	4,9	62,9
Øst-Norge	1 991	100	31,1	16,7	4,8	9,6	68,9
Sørlandet	2 688	100	38,6	13,4	23,8	1,4	61,4
Hordaland, Sogn og Fjordane .	1 326	100	25,5	11,6	13,1	0,8	74,5
Midt-Norge	1 472	100	55,8	34,9	17,7	3,2	44,2
Nord-Norge	1 228	100	33,8	17,1	5,4	11,2	66,2

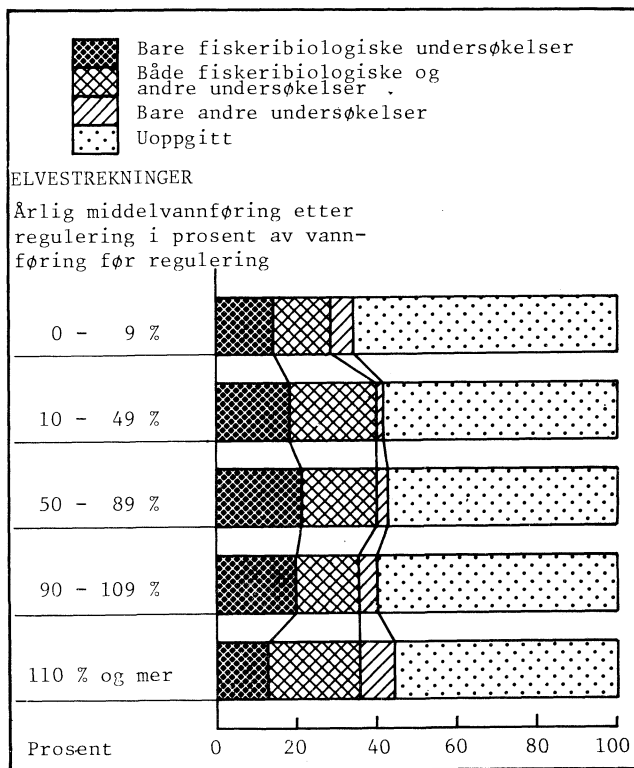
1) Definisjon av region, se vedlegg 1.

Figur 8.4. Regulerte elver, etter undersøkelse foretatt i forbindelse med regulering og etter utbyggingsperiode. Prosent av km elvelengde¹⁾



1) Figuren er basert på 6 740 km elvelengde.

Figur 8.5. Regulerte elver, etter undersøkelse foretatt i forbindelse med regulering og etter endring i årlig middel vannføring. Prosent av km elvelengde¹⁾



1) Figuren er basert på 7 140 km elvelengde.

LITTERATUR

- Andersen, C. 1979: Reguleringer og utvasking i Målselvvassdraget. Vassdragsreguleringsens biologiske virkninger i magasiner og lakseelver. Symposium 29.-31. mai 1978. NVE, DVF, s. 116-134.
- Borgstrøm, R. 1973: The Effect of Increased Water Level Fluction upon the Brown Trout Population of Mårvann, a Norwegian Reservoir. Norway. J. Zool. 21, s. 101-112.
- Engmork, K. 1972. Liv i regulerte vassdrag. Kraft og miljø nr. 1. NVE, 46 s.
- Fürst, M. 1972: Forsøk på bedring av regulerte innsjøers fiskeproduksjon. Kraft og miljø nr. 1. Liv i regulerte vassdrag. Redigert av Kåre Elgmark. NVE, s. 35-43.
- Grimås, U. 1972: Reguleringsens virkning på bunnfaunaen. Kraft og miljø nr. 1. Redigert av Kåre Elgmark. NVE, s. 16-22.
- Gunnerød, T.B., 1979: Regionale undersøkelser i reguleringsmagasiner i Sør-Norge. Vassdragsreguleringsens biologiske virkninger i magasiner og lakselver. Symposium 29.-31. mai 1978. NVE, DVF, s. 52-69.
- Gunnerød, T.B. og P. Mellquist 1979: Vassdragsreguleringsens biologiske virkninger i magasiner og lakselver. Symposium 29.-31. mai 1978. NVE, DVF. 294 s.
- Hillestad, K.O. 1982: Terskler, vassdrag og landskap. Kraft og miljø nr. 4. NVE. 144 s.
- Hindar, K., B. Jonsson og D. Marzow, 1979: Fisken i vår teknologiske verden. Fisk i vann og vassdrag. Om økologien til aure, røye og laks. Aschehoug, s. 92-114.
- Institutt for energiteknikk, 1981: Vindenergi i Norge. Underlag for Stortingsmelding om alternative energikilder. Kjeller.
- Mellquist, P., 1972: Statistisk analyse av pH-data fra Sira-Kvina-vassdragene. VN-Rapport 1-72. NVE, Oslo.
- Mellquist, P., 1976: Terskelprosjekt. Informasjon om terskelprosjektet. NVE - Vassdragsdirektoratet.
- Muniz, Leivestad og Bjerkenes 1979: Fiskedød i Nidelva (Arendalsvassdraget) Våren 1979. SNSF-prosjektet TN 48/79.
- Overrein, L.N., H.M. Seip og A. Tollan, 1981: Acid precipitation-effect on forest and fish. Final report of the SNSF-project 1972-1980. Fagrapport FR 19/80. NLVF, NTNf og MD.
- Rosseland, L. 1979: Erfaring med smoltutsettinger i regulerte vassdrag. Vassdragsreguleringsens biologiske virkninger i magasiner og lakselver. Symposium 29.-31. mai 1978. NVE, DVF, s. 243-263.
- Sevaldsrud, I. H. og I. P. Muniz, 1980: Sure vatn og innlandsfisket i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979. IR 77/80. NLVF, NTNf og MD.
- Skogheim, O., B.O. Rosseland og I.H. Sevaldsrud (1983): Death of spawners of Atlantic Salmon in River Ognå, Sw. Norway, caused by acidified aluminium rich water. D.V.F., As (in press).
- Statistisk Analyse nr. 46, 1981: Ressursregnskap. Statistisk Sentralbyrå. Oslo.
- Stortingsmelding nr. 65, 1981-82. Om nye fornybare energikilder i Norge. Olje- og energidepartementet.
- Thorstensen, B., 1981: En teknisk-økonomisk vurdering av solceller brukt til elektrisitetsgenerering i Norge. IFE. Kjeller.
- Vasshaug, Ø. 1979: Etterundersøkelse i Suldalslågen. Rogaland Fylke. Vassdragsreguleringsens biologiske virkninger i magasiner og lakseelver. Symposium 29.-31. mai 1978. NVE, DVF, s. 148-164.
- Wright, R.F., 1982: Water chemistry: Interaction of streams regulation and acid precipitation, In. Proc. 2 International Symposium on Regulated Streams, Oslo.
- Aass, P. 1969a: Vassdragsreguleringen. I Sportsfiskerens Leksikon, Gyldendal, S. 1558-1594.
- Aass, P. 1969b: Crustacea, especially *Lepidurus arcticus* Pallas, as brown trout food in Norwegian mountain reservoirs. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 49, 183-201.
- Aass, P. 1972: Virkning av reguleringen på fiskebestanden. Kraft og miljø nr. 1. Liv i regulerte vassdrag. Redigert av Kåre Elgmark. NVE, s. 23-34.
- Aass, P. 1979a: Tilslamming i Hallingdalselva 1966-67. Fisket i Ustedalsfjord og Strandefjord. Vassdragsreguleringsens biologiske virkninger i magasiner og lakseelver. Symposium 29.-31. mai 1978. NVE, DVF, s. 93-115.
- Aass, P. 1979b: Ørretutsettingen i regulerte vassdrag. Vassdragsreguleringsens biologiske virkninger i magasiner og lakseelver. Symposium 29.-31. mai 1978. NVE, DVF, s. 30-42.

DEFINISJONER

1. BakgrunnsvariableRegioninndeling:

Øst-Norge: Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark, Oppland, Buskerud, Vestfold

Sørlandet: Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland

Vestlandet: Hordaland, Sogn og Fjordane

Midt-Norge: Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag

Nord-Norge: Nordland, Troms, Finnmark

Denne regioninndelingen avviker fra den Statistisk Sentralbyrå benytter til vanlig. I Byråets regionstandard inngår Telemark i Østlandet og Møre og Romsdal i Vestlandet. Når en har valgt å avvike denne regioninndelingen skyldes dette ønsket om å opprette regioner som er mest mulig homogene m.h.t. hydrologi, forsurening og bestandsstatus for fisk.

Forsurningsområdene

"Nær totalskadet" og "sterkt berørte" områder pga. forsurening i Rogaland, Agder og Telemark, slik de er beskrevet av Sevaldsrud og Pors Miniz (1980) i forbindelse med SNSF-prosjektet ("Sur nedbør-prosjektet").

Høyde over havet

Høyde over havet målt i magasinet ved HRV eller målt i nederste punkt på elvestrekningen.

Utbyggingsår

Arstall da siste betydelig forandring i magasin eller elvestrekning ble avsluttet.

2. ReguleringsmagasinerReguleringsmagasin

Innsjø der vannstanden reguleres i forbindelse med vannkraftutbygging. Vannstanden kan svinge i en flerårssyklus, årssyklus (mest vanlig), ukesyklus eller døgnsyklus.

Høyeste og laveste regulerte vannstand (HRV og LRV)

Høyeste og laveste vannstand som i følge reguleringsbetingelsene er tillatt.

Normalvannstand/naturlig vannstand

Gjennomsnittlig vannstand over representativ periode før regulering av innsjøen.

Reguleringshøyde

Differansen mellom høyeste og laveste regulerte vannstand.

Magasinareal

Areal (km²) av regulert innsjø, målt ved høyeste regulerte vannstand.

Neddemt areal

Areal av sonen mellom høyeste regulerte vannstand og normalvannstand.

Reguleringszone

Areal av sonen mellom høyeste regulerte vannstand og laveste regulerte vannstand.

Magasinvolum

Volumet (millioner m³) av vannmassene mellom høyeste regulerte vannstand og laveste regulerte vannstand.

Neddemte bygninger

Bygninger som er ødelagt, revet eller flyttet grunnet neddemming eller forsumping.

3. Regulerte elver

Regulert elvestrekning

Elvestrekning definert etter vassdragsregistret, se avsnitt 2.1, der vannføringen er endret innen gitte perioder som følge av vannkraftutbygging.

Middelvannføring

Gjennomsnittlig vannføring i nederste punkt av elvestrekningen beregnet over en lengre, representativ periode (år, måned).

Pålagt minstevannføring

Den minste vannføringen regulantene har tillatelse til å slippe på den aktuelle elvestrekningen innenfor gitte tidsintervaller. Pålegget er gitt i reguleringsbetingelsene.

Terskler

Lave demninger på tvers av elveleiet som har til oppgave å opprettholde eller øke vannspeilet. De blir anlagt av estetiske grunner, for å opprettholde grunnvannstand, for å hjelpe opp bestand av vadefugl og fisk mv.

Prøveundersøkelsen i 1978

I mars 1978 ble det satt igang et prøveprosjekt. Formålet var å avklare hvilke problemer som burde tas opp og å planlegge innsamlingen av data i den endelige undersøkelsen.

Datainnsamlingen ble konsentrert til 9 vassdrag med en samlet kraftproduksjon på 7 636 GWh, noe som tilsvarte ca. 10 prosent av landets samlede elektrisitetsproduksjon. Prøvevassdragene var valgt slik at en skulle få med seg ulike typer utbygginger m.h.t. geografisk beliggenhet, utbyggingsperiode, størrelse, omfang av overføringer og eierforhold.

I utgangspunktet var man interessert i miljøkonsekvenser i vid forstand. Prøveundersøkelsen ble imidlertid konsentrert om kartlegging av de fysiske reguleringsinngrepene samt utbyggingenes betydning for fisk/fiske og vilt/jakt.

Data om de fysiske inngrepene ble innhentet fra flere kilder, bl.a. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE), Norges geografiske oppmåling (NGO) og regulantene i hvert av de aktuelle vassdragene. Det viste seg at selv om mange av opplysningene kunne hentes ut av konsesjonsdokumentene var det mest hensiktsmessig å henvende seg direkte til regulantene.

Det var forholdsvis enkelt å samle inn opplysninger om magasiner og andre tekniske inngrep som veier, kraftstasjoner og steintipper. Gode data for vassføring i regulerte elvestrekninger var derimot vanskeligere å fremskaffe. Vassføringen varierer både i løpet av året og fra år til år, og dessuten mellom de ulike delene av hvert vassdrag. Undersøkelsen viste at hele vassdrag vanskelig kunne brukes som utgangspunkt dersom en ønsket oversikt over hvordan reguleringen hadde påvirket vassføringsforholdene. Vassdraget måtte inndeles i strekninger som var homogene m.h.t. vassføring for at datainnsamling skulle være mulig, og dette krevde et systematisk registersystem. Et registersystem var også nødvendig for å lage oppgaver over antall kilometer elvestrekning med ulike endringer i vassføring.

Utbyggingens virkninger for fisk/fiske og vilt/jakt ble undersøkt ved at spørreskjemaer ble sendt til kommunale fiske- og viltnemnder og lokale jeger- og fiskerforeninger. Svarkvaliteten varierende sterkt, alt etter hvem som besvarte skjemaene samt hvor gamle utbyggingsprosjekter det dreide seg om. Det viste seg dessuten at spørreskjemaene var for kompliserte og i for stor grad forutsatte innsikt i faglig-biologiske spørsmål hos svarerne.

Prøveundersøkelsen for fisk og vilt understreket også behovet for et registersystem. Virkningene for fisket vil ofte være forskjellig fra magasin til magasin, avhengig bl.a. av reguleringshøyden i magasinet. For elvestrekninger vil fisket i første rekke variere etter hvor sterkt vassføringen er regulert. For å få brukbare og sammenliknbare data er det derfor viktig at det er ensartede forhold langs den elvestrekningen eller i det magasinet hvert spørreskjema dekker.

De svakheter som kom fram i prøveundersøkelsen, ble i den grad det var mulig tatt hensyn til under utarbeidelsen av hovedundersøkelsen.

Statistisk Sentralbyrå
Postboks 8131 Dep, Oslo 1
Tlf. (02) * 41 38 20

MILJØVIRKNINGER AV VANNKRAFTUTBYGGING
Magasiner

Innsendingsfrist

Vassdrag			41	Skjematype 03
Magasin			43	For Byrådet
Regulant				
60	Årstall for alle aktuelle reguleringskonsesjoner			
100	Årstall for alle aktuelle utbyggingskonsesjoner			
140	Utbyggingsperiode. År da 1. byggetrinn startet		År da siste byggetrinn ble avsluttet	
150	Årstall for hver planendring og/eller endring i manøvreringsreglement			
Skjemaset er besvart av (kontaktperson)	Navn			
	Kontaktadresse		Telefon	
Vannstand og areal for magasinet	Vannstand m.o.h.		Areal av magasin km ²	
	Før første regulering	190	194	
	Ved HRV (etter siste regulering)	199	203	
	Ved LRV (etter siste regulering)	208	212	
Reguleringsmagasin (etter siste regulering)		217	millioner m ³	
Magasinet bidrar til produksjonen i følgende kraftverk	Kraftverkens navn			For Byrådet
				222
				226
				230
				234
				238
				242
				246
			250	
Fyllingstidspunkt. Tidspunkt for høyeste noterte vannstand og tidspunkt for lavest noterte vannstand.	Midlere fyllingstidspunkt for magasinet		270	Dag, mnd.
	Midlere tidspunkt for høyeste noterte vannstand		274	
	Midlere tidspunkt for lavest noterte vannstand		278	

Dambygging	Er det bygget dammer i forbindelse med reguleringen i dette magasinet? 1 <input type="checkbox"/> Ja 2 <input type="checkbox"/> Nei 282						
	Dersom det er bygget en eller flere dammer, oppgi største synlige damhøyde for hver av magasinet's dammer	Dam nr.	Største synlige høyde i m				
		1	283				
		2	286				
		3	289				
		4	292				
		5	295				
		6	298				
Oversikt over boliger, fritidshus/hytter og driftsbygninger m.v. neddemt eller forsumpet som følge av reguleringen	Boliger (inkl. våningshus på gårdsbruk) neddemt eller forsumpet	Var i bruk	310	Antall			
		Var ute av bruk	313				
	Hytter/fritidshus neddemt eller forsumpet	Var i bruk	316				
		Var ute av bruk	319				
	Driftsbygninger m.v. neddemt eller forsumpet	Var i bruk	322				
		Var ute av bruk	325				
Neddemt og forsumpet areal målt i da (= 1 000 m ²)	Av dette:						
	I alt	Av dette fulldyrket jordbruksareal	Skogbruksareal	Myr og våtmark	Beite	Annet areal eller uspesifisert areal	
330	336	342	348	354	360		
Fiskeribiologiske undersøkelser i magasinet	Hva slags undersøkelser har blitt foretatt		Navn på institusjon eller person som foretok undersøkelsen		Ar		
Tiltak for å motvirke skader på fisk og utøvelsen av fiske	370 <input type="checkbox"/> Ingen tiltak						
	371 <input type="checkbox"/> Utsetting av fisk						
	372 <input type="checkbox"/> Andre tiltak, spesifiser:						

Statistisk Sentralbyrå

Postboks 8131 Dep, Oslo 1

Tlf. (02) *41 38 20

Innsendingsfrist

MILJØVIRKNINGER AV VANNKRAFTUTBYGGING
Elv/elvestrekning

Vassdrag		41	Skjematype 04									
Elv		43	For Byrådet									
Elvestrekning:	Fra				Til							
Regulart												
60	Årstall for alle aktuelle reguleringskonsesjoner											
100	Årstall for alle aktuelle utbyggingskonsesjoner											
140	Utbyggingsperiode. År da 1. byggetrinn startet		År da siste byggetrinn ble avsluttet									
150	Årstall for hver planendring og/eller endring i manøvreringsreglementet											
200	Berørte kommuner											
Skjemaset er besvart av (kontaktperson)		Navn										
		Kontaktadresse		Telefon								
250	Elvestrekningens lengde, km											
Nedslagsfelt i km ² regnet til nederste punkt i elvestrekningen		Før 1. regulering		Etter siste regulering								
		253		258								
263	Gjennomsnittlig bredde av elvestrekningen:											
	1	0-5 m	2	5-10 m	3	10-20 m	4	20-50 m	5	50-100 m	6	Mer enn 100 m
Angi det mest representative vannmerke for elvestrekningen										For Byrådet		
										264		
Middelvannføring i nederste punkt av elvestrekningen, målt i m ³ /sek. (Angi beregnede verdier om måleverdier mangler)				Før første regulering				Etter siste regulering				
		Middelvannføring på årsbasis		270				275				
		Middelvannføring i januar		280				285				
		Middelvannføring i juli		290				295				
Pålagt minstevannføring for elvestrekningen		Periode				Vannføring (m ³ /s)						
		Fra dag, mnd.		Til dag, mnd.								
		300				308						
		313				321						
		326				334						
		339				347						
352				360								

	Navn på fossen	Tilnærmet horisontal lengde i m		Fallhøyde i m			
				Total		Av dette loddrett	
Fosser i ølvestrekningen som har fått middelvannføringen i juli redusert med mer enn 75 prosent		365		369		372	
		375		379		382	
		385		389		392	
		395		399		402	
		405		409		412	
		415		419		422	
Er vannverk, kloakkrensning eller vanningsanlegg for jordbruket bygget helt eller delvis som følge av regulering i ølvestrekningen? (Sett kryss)				Ja 1		Nei 2	
	Vannverk		425				
	Kloakkrensning		426				
	Vanningsanlegg for jordbruk		427				
Spesifikasjon av vannverk	Vannverkets navn og/eller beliggenhet			Utbyggerens eller regulantens prosentvise andel av kostnadene			
				Prosent			
Spesifikasjon av kloakkrensning							
Terskler	Er det bygget terskler i ølva/ølvestrekningen?			428 1 <input type="checkbox"/> Ja 2 <input type="checkbox"/> Nei			
	Hvis ja, angi tersklens betydning for ølvearealet ved alminnelig lavvannføring	Antall terskler		Ølveareal, da (= 1 000 m ²)			
				Før første regulering	Etter siste regulering, etter terskelbygging		Etter siste regulering dersom ingen terskler hadde vært bygd
		429		432	436	440	
Fiskeribiologiske undersøkelser	Hva slags undersøkelser har blitt foretatt?		Navn på institusjon eller person som foretok undersøkelsen			År	

II. TILTAK FOR Å MOTVIRKE SKADER PÅ FISKET

<p>a) Er det blitt satt i verk tiltak for å motvirke eventuelle skader eller ulemper utbyggingen har påført fisket? Vi spør her etter tiltak som i hovedsak er bekostet av kraftutbyggeren.</p> <p>NB! I forbindelse med kraftutbygging blir det ofte satt i verk tiltak som ikke har direkte sammenheng med skader som blir påført vassdraget eller fisket. Det kan f.eks. hende at laksetrappet blir bygd for å få laks inn i nye deler av vassdraget. Slike tiltak skal ikke tas med her, dersom det er mulig å skille dem ut.</p> <p>420 <input type="checkbox"/> Ja</p> <p>421 <input type="checkbox"/> Nei</p> <p>422 <input type="checkbox"/> Vet ikke</p>	b) Dersom svaret er ja, angi hvilke tiltak som er satt i verk og hvordan de har fungert.					
		Kryss av for tiltak som er satt i verk	Har iverksatte tiltak fungert tilfredsstillende? Kryss av			
			Ja	Delvis	Nei	Vet ikke
	Utsetting av fisk	423				427
	Bygging av fisketrappet	428				432
	Bygging av terskler	433				437
	Påbudt minstevannføring	438				442
	Nye fiskeregler innført	443				447
Andre tiltak, angi hva slags	448				452	
	453				457	

III. ATKOMST TIL FISKEOMRÅDENE		V. OMFANGET AV FISKET	
<p>a) Er atkomstmulighetene til området blitt endret som følge av utbyggingen?</p> <p>458 <input type="checkbox"/> Ja</p> <p>459 <input type="checkbox"/> Nei</p> <p>460 <input type="checkbox"/> Vet ikke</p> <p>b) Dersom ja, angi hva slags endring</p> <p>461 <input type="checkbox"/> Lettere atkomst på grunn av ny veg</p> <p>462 <input type="checkbox"/> Lettere atkomst av andre grunner, angi hvilke: _____</p> <p>463 <input type="checkbox"/> Vanskeligere atkomst, angi årsak: _____</p>		<p>Er det flere eller færre som fisker i området nå enn det var før kraftutbyggingen?</p> <p>475 <input type="checkbox"/> Flere</p> <p>476 <input type="checkbox"/> Omtrent like mange</p> <p>477 <input type="checkbox"/> Færre</p>	
IV. MULIGHETER FOR UTØVELSE AV FISKET		VI. KONSESJONSBETINGELSER	
<p>a) Hvordan er mulighetene for utøvelse av fisket blitt etter kraftutbyggingen?</p> <p>464 <input type="checkbox"/> Bedre</p> <p>465 <input type="checkbox"/> Som før</p> <p>466 <input type="checkbox"/> Dårligere</p> <p>467 <input type="checkbox"/> Vet ikke</p> <p>b) Dersom mulighetene er blitt bedre, angi hva grunnen kan være:</p> <p>468 <input type="checkbox"/> Det er åpnet nye fiskeområder</p> <p>469 <input type="checkbox"/> Andre årsaker, angi hvilke: _____</p> <p>c) Dersom mulighetene er blitt dårligere, angi hva grunnen kan være: (Kryss eventuelt av i flere ruter)</p> <p>470 <input type="checkbox"/> Dårligere tilgjengelighet (f.eks. stor reguleringsone med mye kvist)</p> <p>471 <input type="checkbox"/> Vansker med båtthold</p> <p>472 <input type="checkbox"/> Større skader på fiskeredskap</p> <p>473 <input type="checkbox"/> Gode fiskeplasser er ødelagt</p> <p>474 <input type="checkbox"/> Andre årsaker, angi hvilke: _____</p>		<p>a) Er det behov for å endre konsesjonsbetingelsene på punkter som har betydning for fisket?</p> <p>478 <input type="checkbox"/> Ja</p> <p>479 <input type="checkbox"/> Nei</p> <p>480 <input type="checkbox"/> Vet ikke</p> <p>b) Dersom ja, angi hva som bør endres:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

VII. FANGSTKVANTUM

Dette spørsmålet kan være vanskelig å besvare. For enkelte vassdrag blir det ført brukbare statistikker over fangstmengdene, andre steder ikke. Selv løse anslag av fangstkvantumet kan være til stor hjelp dersom en senere skal forsøke å få fram tilsvarende tall i samarbeid med Direktoratet for vilt- og ferskvannsfisk.

For enkelte vil spørsmålet kanskje være enklere å besvare hvis det blir formulert på en annen måte. Dersom dette er tilfelle, ber vi om at det noteres i kommentarrubrikken (VIII) slik at vi kan ta kontakt senere. Det samme gjelder dersom svareren har kjennskap til andre opplysninger eller andre personer som kan bidra til å belyse fangstmengder m.v.

<p>a) Har fangstkvantumet pr. innsatsenhet (f.eks. stang pr. time, garn pr. natt) øket eller blitt redusert etter reguleringen?</p> <p>481 <input type="checkbox"/> Fangstkvantumet har øket</p> <p>482 <input type="checkbox"/> Fangstkvantumet er ubetydelig endret</p> <p>483 <input type="checkbox"/> Fangstkvantumet er redusert</p> <p>484 <input type="checkbox"/> Fangstkvantumet er sterkt redusert</p> <p>485 <input type="checkbox"/> Vet ikke</p>	b) Fangstkvantum i vassdraget før og etter reguleringen		
			Kg
Før reguleringen	Pr. stang pr. døgn	486-489	
	Pr. garn pr. døgn	490-493	
	Totalfangst i året	494-499	
Etter reguleringen	Pr. stang pr. døgn	500-503	
	Pr. garn pr. døgn	504-507	
	Totalfangst i året	508-513	
<p>Anslagene over fangstmengder før og etter regulering bygger på:</p> <p>514 <input type="checkbox"/> Skjønn/antagelser</p> <p>515 <input type="checkbox"/> Statistikk/registreringer</p>			

VIII. KOMMENTARER

516

Denne rubrikken kan brukes til oppklarende/supplerende opplysninger dersom svaralternativene vi har satt opp ikke er tilstrekkelige for enkelte spørsmål.

Statistisk Sentralbyrå
 GRUPPE FOR MILJØSTATISTIKK
 Postboks 8131, Dep, Oslo 1
 Tlf. (02) * 41 38 20

MILJØVIRKNINGER AV VANNKRAFTUTBYGGING

Fisk og fiske – Tilleggsundersøkelse

Statistisk Sentralbyrå har tidligere foretatt en spørreundersøkelse om virkningene av vannkraftutbygging på fisk og fiske i regulerte vann og elver. Resultatene fra undersøkelsen vil bli publisert i en Rapport i løpet av første halvår av 1983.

Hensikten med denne tilleggsundersøkelsen er å klarlegge hva jeger- og fiskerforeninger og kommunale innlandsfiskeremnder vet om tilstand og utvikling av fisk og fiske i en del vann som ikke er berørt av vannkraftutbygging.

Eksakte svar over f.eks. fangstmengde nå og for om lag 20 år siden vil i mange tilfeller være vanskelig eller umulig å gi. Statistisk Sentralbyrå er likevel interessert i svar fra alle foreninger og nemnder som er tilskrevet, (vet ikke er også en svarkategori).

Svaralternativene som er nyttet i spørreskjemaet gjenspeiler at en i liten grad venter svar i form av f.eks. eksakte talloppgaver. Dette kan kanskje medføre problemer for noen svarere. Svaralternativer som »større bestand» eller »mindre fangstmengder» bør brukes når en har å gjøre med endringer som i omfang og hyppighet klart overskrider de naturlige variasjonene som ellers forekommer. På grunn av disse variasjonene bør en også forsøke å beskrive tilstanden i et »gjennomsnittså» når en skal sammenlikne forholdene i dag med forholdene for om lag 20 år siden.

Vassdrag		
001		
031		
Skjemaet er besvart av (kontaktperson)	Navn	
	Kontaktadresse	Telefon

III. ATKOMST TIL FISKEOMRÅDENE

a) Er atkomstmulighetene til området endret nå i forhold til for om lag 20 år siden?

- 76
- 1 Ja
- 2 Nei
- 3 Vet ikke

b) Dersom ja, angi hva slag endring

77

Lettere atkomst på grunn av ny veg

78

Lettere atkomst av andre grunner, angi hvilke: _____

79

Vanskeligere atkomst, angi årsak: _____

IV. MULIGHETER FOR UTØVELSE AV FISKET.

a) Hvordan er mulighetene for utøvelse av fisket nå i forhold til for om lag 20 år siden?

- 80
- 1 Bedre
- 2 Som før
- 3 Dårligere
- 4 Vet ikke

b) Dersom mulighetene er blitt bedre, angi hva grunnen kan være

81

Det er åpnet nye fiskeområder

82

Andre årsaker, angi hvilke: _____

c) Dersom mulighetene er blitt dårligere, angi hva grunnen kan være:

83

Dårligere tilgjengelighet

84

Vansker med båthold

85

Større skader på fiskeredskap

86

Gode fiskeplasser er ødelagt

87

Andre årsaker, angi hvilke: _____

V. KOMMENTARER

Denne rubrikken kan brukes til oppklarende / supplerende opplysninger dersom svaralternativene vi har satt opp ikke er tilstrekkelig for enkelte spørsmål.

88

HYPOTESETEST AV ETTERKONTROLL

I dette vedlegg vil en teste samsvaret mellom svarene fra Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF) og svarene fra Innlandsfiskeremndene og jeger- og fiskerforeningene (her kalt SSB). Testen er gjennomført for tabell 3.1, 3.2 og 3.3 (se avsnitt 3.3).

Tabellene foran kan skjematisk stilles opp på formen:

SSB	DVF			Totaler
	1,	2	I	
1	x_{11}	$x_{12} \dots \dots \dots$	x_{1I}	x_{1+}
2	x_{21}	.	.	x_{2+}
.
.
.
.
.
.
.
I	x_{I1}	$\dots \dots \dots$	x_{II}	x
Totaler	x_{+1}	x_{+2}	x_{+I}	N

Hensikten med hypotesetesten er å teste symmetrien i tabellene: Går svarene fra DVF i noen bestemt retning i forhold til SSB's svar?

Dvs. er det f.eks. en tendens til at DVF oppgir "større bestand" der SSB har fått inn "lik bestand", "lik bestand" der SSB har fått inn "mindre bestand" osv.

En kan bruke statistiske metoder for å kunne trekke en av følgende tre konklusjoner:

- 1) Det er en tendens til at DVF oppgir større bestand/fangst/fiskestørrelse
- 2) Det er en tendens til at DVF oppgir mindre bestand/fangst/fiskestørrelse
- 3) Ikke si noe

Dette kalles et "tre-desisjonsproblem". For å etablere en desisjonsregel for problemet, må en bestemme en modell for tabellen.

Tabellene kan betraktes som resultatet av en multinomisk forsøksrekke. La p_{ij} betegne sannsynligheten i hvert "forsøk" for å bli klassifisert i celle (i,j) i tabellen, og la x_{ij} være antall skjema som er blitt klassifisert i cellen. Vi er interessert i størrelsen

$$\frac{p_{ij}}{p_{ji}} = \theta, \quad i < j$$

Hvis $\theta < 1$ vil 2) gjelde, og hvis $\theta > 1$ vil 1) gjelde.

Testen er gitt i Aaberge 1980: "Eksakte metodar for analyse av tovegstabellar", Rapport 80/22, avsnitt 3.2.

Testobservator består av summen av alle elementene over diagonalen.

$$Z = X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1I} + X_{23} + \dots + X_{2I} + \dots + X_{I-1I}$$

$$\text{La så } W_{ij} = X_{ij} + X_{ji}$$

og

$$W = (W_{12}, \dots, W_{1I}, W_{23}, \dots, W_{2I}, \dots, W_{I-1I})$$

Hvis $\theta < 1$, vil Z ha en tendens til å bli liten. Hvis derfor Z er liten, vil vi kunne påstå $\theta < 1$.

Tilsvarende, hvis Z er stor, vil vi kunne påstå $\theta > 1$.

Testen blir da:

1. Hvis $P(Z \leq \text{observert } Z/W = w) < \epsilon$ (ϵ f.eks. lik 5%) \Rightarrow Vi vil påstå at DVF har en tendens til å angi større bestand enn innlandsfiskeremndene.
2. Hvis $P(Z \geq \text{observert } Z/W = w) < \epsilon \Rightarrow$ Vi vil trekke motsatt konklusjon
Hvis ingen av delene er tilfelle, vil vi ikke påstå noe.

Tabell 3.1. Bestandsstørrelse

For tabell 3.2 er kritisk verdi for tilfelle 1 ovenfor lik $Z = 7$. Dvs. $Z \leq 7$ fører til konklusjon 1.

Hvis $Z \geq 14$ kan vi trekke konklusjon 2.

Nå er $Z = 10$, slik at vi ikke kan trekke noen av konklusjonene.

Holder vi vet-ikke-gruppen utenfor, blir de kritiske verdiene henholdsvis 1 og 9. Nå er $Z = 4$, så vi kan heller ikke nå trekke noen konklusjon.

Tabell 3.2. Fiskestørrelse

Uten vet-ikke-gruppen:

Testkriterium: $Z \leq 1$ eller $Z \geq 7$. Vi observerer $Z = 3 \Rightarrow$ kan ikke si noe.

Med vet-ikke-gruppen:

Testkriterium: $Z \leq 4$ eller $Z \geq 13$. Vi observerer $Z = 8$, dvs. vi kan ikke si noe.

Tabell 3.3. Fangstmengde

Her blir kritiske verdier henholdsvis $Z \leq 1$ og $Z \geq 7$ hvis vet-ikke-gruppen holdes utenfor. Her er $Z = 2$, så vi kan ikke påstå noe på 5%-nivå. $P(Z \leq 2) = 0,14$, så resultatet ($Z = 2$) er ikke spesielt signifikant.

Tar vi med vet-ikke-gruppen, blir verdiene $Z \leq 4$ og $Z \geq 13$.

Vi observerer Z til 7, så med vet-ikke-gruppen inkludert kan vi enda mindre påstå egentlig avvik.

For alle tabellene må konklusjonen derfor bli at vi ikke kan påstå noen sikker tendens i de tilfellene hvor innlandsfiskeremndene og DVF avviker fra hverandre. Vi kommer fram til denne konklusjonen også om vi tester på 10% signifikantnivå.

Arealopplysninger

Det forelå ikke arealopplysninger ved HRV, LRV og normal vannstand for alle reguleringsmagasin (795) fra vassdragsregulantene. De arealopplysninger som manglet er framkommet på følgende måte:

1. I tilfeller hvor volum og reguleringshøyde var oppgitt, ble disse variablene samt en del skjønn brukt for beregning av arealer. For 240 magasiner ble ett, to eller tre av ovennevnte arealer beregnet.
2. For de resterende 70 magasiner ble arealene funnet på kart.

Ut fra kjennskap vi fikk til regulantenes problemer med å oppgi arealopplysninger for magasinene og hvordan opplysningene ble fremskaffet for disse, er det ingen grunn til å tro at våre beregnede arealtall vil inneholde større feilmarginer enn regulantenes arealopplysninger. De nye arealtallene vil derfor bli brukt sammen med regulantenes arealopplysninger.

Regresjonsanalysen

1. Innledning

Målet har vært å analysere hvilke faktorer som påvirker fiskemiljøet i regulerte vann og elver. Analyse-verktøyet har vært multippelregresjon. Regresjonen er kjørt på flere trinn. For hver kjøring ble de variablene byttet ut som ikke syntes å ha noen forklaringskraft. Isteden ble det tatt inn nye variable som vi ventet ville ha betydning. Analysen ble avsluttet ved å kjøre en simultan regresjonsanalyse på de variablene som i den trinnvise regresjonsanalysen hadde størst forklaringskraft.

I dette avsnittet tas ikke med analyseresultater siden de allerede er gjort rede for i avsnitt 5.5. Isteden vil vi gi en mer utførlig bakgrunn og dokumentasjon for selve analysen som er gjort. I avsnitt 2 gis en generell beskrivelse av trinnvis regresjonsmetode. I avsnitt 3 gjøres rede for hvordan de enkelte variablene er tilpasset regresjonen.

2. Beskrivelse av metoden

For å måle endringene i fiskemiljøet valgte vi ut tre avhengige variabler:

- Endring i bestandsstørrelsen av aure
- Endring i fiskestørrelsen av aure
- Endring i fangstmengden av aure.

Det ble foretatt separate analyser for regulerte innsjøer og elver. I alt undersøkte vi 10-15 forklaringsvariable. Disse er nærmere beskrevet i avsnitt 5.5.

Bak den multiple regresjonen ligger en del forutsetninger som må være tilnærmet oppfylt, nemlig at observasjonene av de enkelte forklaringsvariablene er uavhengige, at verdien til den avhengige variabelen varierer lineært m.h.p. forklaringsvariablene, og at variansen til den avhengige variabelen er konstant m.h.p. de uavhengige variablene. I tillegg forutsetter metoden at den avhengige variabelen er tilnærmet normalfordelt, gitt forklaringsvariablene. Det siste kravet medfører at en må ha et visst antall observasjoner.

La Y_i betegne i -te observasjon ($i=1,2,\dots,n$) av den avhengige variabelen. Videre har vi k forklaringsvariabler, hvor $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}$ er i -te observasjon av de enkelte forklaringsvariablene. Regresjonen for Y_i m.h.p. de enkelte forklaringsvariablene kan da skrives

$$Y_i = b_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots + b_kx_{ki} + e_i$$

hvor b_0, b_1, \dots, b_k er konstanter, e_i er et normalfordelt feilledd med forventning lik 0 og konstant varians. Vi predikerer Y_i ved

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1x_{1i} + \dots + b_kx_{ki}$$

Dersom alle variablene på forhånd divideres på sine respektive standardavvik, vil b -ene være lik de standardiserte regresjonskoeffisientene. Disse betegnes $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ og vil ligge i området mellom -1 og $+1$. Det er disse som er presentert i avsnitt 5.5.

Spredningen av observasjonene om regresjonslinjen måles ved

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Jo mindre denne spredningen er, dess bedre er regresjonslinjen tilpasset observasjonsmaterialet.

For å måle hvor god tilpasningen er, bruker vi den multiple korrelasjonskoeffisienten R , som er definert ved

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

R^2 gir et mål på hvor meget av variasjonen i Y -ene som kan "forklares" av de uavhengige variablene. R^2 ligger alltid mellom 0 og 1. Hvis R^2 ligger nær 0, betyr det at vi ikke har oppnådd noen nevneverdig forbedring. Er verdien derimot nær 1, betyr det at tilpasningen av regresjonslinjen til datamaterialet er god. Den trinnvise regresjonen, som analysen er basert på, går ut på at man på hvert trinn i regresjonen tar med den forklaringsvariabelen som gir størst økning i R^2 . Etter hvert som vi får med flere og flere variable, vil økningen i R^2 avta. Når vi ikke får noen særlig økning lenger, avsluttes søkeprosedyren.

Analysen ble avsluttet ved å kjøre en simultan regresjonsanalyse på de variablene som hadde størst forklaringskraft i den trinnvise analysen. Dette gav en mulighet til å teste hvor signifikant hver enkelt regresjonskoeffisient var, og dermed hvor sterk sammenheng (partiell korrelasjon) det var mellom den avhengige variabelen og hver uavhengig variabel. Resultatet av denne kjøringen er gitt i avsnitt 5.2.

En kan teste koeffisientene på to nivåer. For det første en separat test av hver enkelt koeffisient med nivå 0,05. Av forutsetningene vil den enkelte estimator være normalfordelt og bli signifikant ulik null hvis F -verdien er større enn $1,96^2 = 3,84$. ($F = \frac{\beta}{SD\beta}$)²). Det blir utført mange tester i hver gruppe. En må derfor forvente at metoden gir noen signifikante koeffisienter selv om alle koeffisientene i virkeligheten skulle være lik null. For å sikre seg mot gale konklusjoner på grunn av dette, kan en forlange et simultant nivå på 0,05, dvs. sannsynligheten for å påstå at en eller flere koeffisienter er forskjellig fra null når alle er lik null, skal være høyst lik 0,05. Dette oppnår en hvis en påstår at koeffisienten er signifikant når F -verdien er større enn $2,89^2 = 8,38$ for alle gruppene. Metoden kan være noe konservativ, dvs. at nivået i virkeligheten er en del mindre enn 0,05.

3. Scoring av variabler

Regresjonsanalyse forutsetter at de enkelte variablene er kontinuerlige. I datamaterialet var flere av variablene kategoriske. For de avhengige variablenes vedkommende ble dette løst ved å verdsette de enkelte kategoriene på to ulike måter.

1. alternativ

	Bestands- størrelse	Fiske- størrelse	Fangst- mengde
Større	1	1	1
Uendret	1	1	1
Mindre	0	0	0
Betydelig mindre	0
Fisken forsvunnet	0	.	0

2. alternativ

	Bestands- størrelse	Fiske- størrelse	Fangst- mengde
Større	1,5	1,5	1,5
Uendret	1,0	1,0	1,0
Mindre	0,4	0,4	0,66
Betydelig mindre	0,16
Fisken forsvunnet	0,4	.	0,16

Tallskalaen i 2. alternativ er funnet ved å koble de "subjektive" svarene på spørsmål Ie, Ig og Ih til de "objektive" svarene på spørsmål VIIB (se skjema i vedlegg 5). En slik koblingsmulighet forelå for om lag 4 prosent av svarskjemaene.

De to ulike scoringsmetodene skilte seg lite ut fra hverandre i regresjonsanalysen. For andre kategoriserte variable ble det innført et sett "dummy-"variable. Dette vil si variable som tar verdien 1 hvis et bestemt krav er oppfylt, og ellers har verdien 0. Som eksempel kan nevnes variabelen UTBYGGINGSPERIODE, som har 4 kategorier:

1. Før 1960
2. 1960 - 1969
3. 1970 - 1974
4. 1975 - 1980

For å få denne inndelingen med i analysen, ble det innført 3 dummy-variable:

$$\begin{aligned}
 X_4 & \begin{cases} 1 \text{ Regulering avsluttet før 1960} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases} \\
 X_5 & \begin{cases} 1 \text{ Reguleringer avsluttet 1970 - 1974} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases} \\
 X_6 & \begin{cases} 1 \text{ Reguleringer avsluttet 1975 - 1980} \\ 0 \text{ ellers} \end{cases}
 \end{aligned}$$

En trenger ikke noen egen variabel for 1960 - 1969, da de tre dummy-variabler vil ha verdien 0 om magasinet eller elven skulle vært utbygd i den perioden.

Trykt 1983

- Nr. 83/1 Naturressurser 1982 Foreløpige nøkkeltall fra ressursregnskapene for energi, mineraler, skog, fisk og areal Sidetall 62 Pris kr 15,00 ISBN 82-537-1837-3
- 83/2 Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1978 - 1981 Sidetall 39 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1882-9
- 83/3 Therese Hunstad: Forbruk av fisk og fiskevarer i Norge 1979 En undersøkelse av fiskeforbruket i Norge i 1979 med bakgrunn i materialet fra momskompensasjonsordningen for fisk og fiskevarer Sidetall 25 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1904-3
- 83/4 Atle Martinsen og Hogne Steinbakk: Planregnskap for Rogaland 1981 - 1992 Hovedresultater Sidetall 42 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1902-7
- 83/5 Anne Mickelson og Hogne Steinbakk: Planregnskap for Akershus 1981 - 1992 Hovedresultater Sidetall 48 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1903-5
- 83/6 Asbjørn Aaheim: Norske olje- og gassreserver Nåverdiberegninger og inndeling i kostnadsklasser Sidetall 28 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1911-6
- 83/7 Roar Bergan: Behandlingen av oljevirkksomheten i Byråets makroøkonomiske årsmodeller Sidetall 30 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1918-3
- 83/8 Arbeid og helse 1982 Sidetall 101 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1927-2
- 83/9 Radio- og fjernsynsundersøkelsen Februar 1983 Sidetall 118 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1928-0
- 83/10 Petter Frenger: On the Use of Laspeyres and Paasche Indices in a Neoclassical Import Model Om bruken av Laspeyres og Paasche indekser i en neoklassisk importmodell Sidetall 49 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1931-0
- 83/11 Øystein Olsen: MODAG-RAPPORT Eterspørselsfunksjoner for arbeidskraft, energi og vareinnsats Sidetall 38 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1935-3
- 83/12 Karl-Gerhard Hem: Energiundersøkelsen 1980 Sidetall 47 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1949-3
- 83/13 Jan Byfuglien og Ole Ragnar Langen: Grunnkretser, tettsteder og menigheter Dokumentasjon 1980 Sidetall 57 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1952-3
- 83/14 Even Flaatten: Barneverns klienter og sosial bakgrunn Sidetall 61 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1989-2
- 83/15 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. Årene 1970 - 1983 Sidetall 77 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1961-2
- 83/16 Erik Biørn og Morten Jensen: Varige goder i et komplett system av konsumetter-spørselsfunksjoner - En modell estimert med norske kvartalsdata Sidetall 93 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1962-0
- 83/18 Jon Inge Lian: Fylkenes bruk av helseinstitusjoner Oversikt 1980 og forsøk på framskriving Sidetall 89 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1969-8
- 83/19 Redigert av Kjell Roland og Pål Sand: MODIS IV Dokumentasjonsnotat nr. 17 Endringer i utgave 80-1, 81-1 og 82-1 Sidetall 62 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1974-4
- 83/20 Berit Hobber, Eva Ivås og Gunnar Sollie: MODIS IV Detaljerte virkningstabeller for 1982 Sidetall 278 Pris kr 24,00 ISBN 82-537-1980-9
- 83/21 Arne S. Andersen og Rolf Aaberge: Analyse av ulikhet i fordelinger av levekår Sidetall 130 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1988-4
- 83/22 Asbjørn Aaheim: Kostnader ved ulike utbyggingsrekkefølger av vassdragsutbygginger En metodestudie Sidetall 27 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1986-8
- 83/23 Vidar Otterstad og Hogne Steinbakk: Planregnskap for Sør-Trøndelag 1981 - 1992 Hovedresultat Sidetall 43 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1983-3
- 83/24 Otto Carlson: Pasientstatistikk 1981 Statistikk fra Det økonomiske og medisinske informasjonssystem Sidetall 70 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1991-4
- 83/25 Aktuelle skattetal 1983 Current Tax Data Sidetall 46 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1990-6
- 83/26 Konsumprisindeksen Sidetall 57 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1998-1

Trykt 1983

- Nr. 83/27 Erik Biørn: Gross Capital, Net Capital, Capital Service Price, and Depreciation: A Framework for Empirical Analysis Sidetall 69 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1995-7
- 83/28 Jens-Kristian Borgan: Kohort-dødeligheten i Norge 1846 - 1980 Cohort Mortality in Norway Sidetall 200 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1997-3
- 83/29 Nils Martin Stølen: Epperspørsmål etter arbeidskraft i norske industrinæringer Sidetall 66 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2001-7
- 83/30 Erling Siring: To notater om sammenlikning av data fra Fruktbarhetsundersøkelsen 1977 med data fra registre Sidetall 40 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2006-8
- 83/31 Knut Fredrik Strøm: Varestrømmer i engros- og detaljhandel Sidetall 89 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2008-4
- 83/32 Tor Skoglund og Knut Ø. Sørensen: Regionale strukturendringer belyst ved sysselsettingstall Sidetall 52 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2003-3
- 83/33 Nils Martin Stølen: Importandeler og relative priser En MODAG-rapport Sidetall 62 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2010-6
- 83/34 Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1979 - 1982 Sidetall 39 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2013-0
- 83/35 Holdninger til norsk utviklingshjelp 1983 Sidetall 81 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2014-9

Trykt 1984

- Nr. 84/1 Naturressurser og miljø 1983 Foreløpige nøkkeltall fra ressursregnskapene for energi, mineraler, skog, fisk og areal Sidetall 100 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1993-0
- 84/2 Torstein Bye: Energisubstitusjon i næringssektorene i en makromodell Sidetall 47 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2042-4
- 84/4 Jon Åge Vestøl: Kommunale avfallsbehandlingsanlegg Miljøstandard Sidetall 78 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2062-9
- 84/5 Bjørg Moen: Bibliography of Population Studies in Norway Bibliografi over befolkningsstudier i Norge Sidetall 114 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2045-9
- 84/6 Grete Dahl: Folketrygden. Korttidstytelser og stønad ved yrkesskade Sidetall 26 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2069-6
- 84/7 Tiril Vogt: Social Indicators and Environmental Dimensions Sidetall 33 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2060-2
- 84/8 Otto Carlsen: Pasientstatistikk 1982 Statistikk fra Det økonomiske og medisinske informasjonssystem Sidetall 61 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2066-1
- 84/9 Herdis Thorén Amundsen: Statistiske metoder for analyse av samvariasjon i kategoriske data Sidetall 228 Pris kr 24,00 ISBN 82-537-2074-2
- 84/10 Audun Rosland: Vannkraftutbygging - Reguleringsinngrep - Virkninger på fisk Sidetall 127 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2102-1
- 84/11 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. Årene 1970 - 1984 Sidetall 75 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2081-5
- 84/12 Arne Faye og Helge Herigstad: Friluftsliv i Norge 1970 - 1982 Sidetall 77 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2092-0
- 84/13 Jon Paschen Knudsen: Boligstandard Variasjoner innen og mellom byer Sidetall 66 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2088-2
- 84/17 Alette Schreiner og Tor Skoglund: Virkninger av oljevirkosomhet i Nord-Norge Sidetall 43 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2118-8
- 84/18 Morten Reymert: Import- og eksportlikninger i KVARTS Utledning, estimering og simulering med likninger for utenrikshandelen Sidetall 83 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2123-4
- 84/20 Arne Ljones: Energiundersøkelsen 1983 Om energibruk og energiøkonomisering i private husholdninger Sidetall 62 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2130-7



Pris kr 18,00

Publikasjonen utgis i kommisjon hos H. Aschehoug & Co. og
Universitetsforlaget, Oslo, og er til salgs hos alle bokhandlere.

ISBN 82-537-2102-1
ISSN 0332-8422