

RAPPORTER

KOSTNADER VED ULIKE UTBYGGINGSREKKEFØLGER AV VASSDRAGSUTBYGGINGER

EN METODESTUDIE

STATISTISK SENTRALBYRÅ
CENTRAL BUREAU OF STATISTICS OF NORWAY

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 83/22

**KOSTNADER VED ULIKE
UTBYGGINGSREKKEFØLGER
AV VASSDRAGSUTBYGGINGER**

EN METODESTUDIE

**STATISTISK SENTRALBYRÅ
OSLO — KONGSVINGER 1983**

**ISBN 82-537-1986-8
ISSN 0332-8422**

EMNEGRUPPE
Kraftforsyning. Energi

STIKKORD
Vassdragsutbygging

FORORD

I arbeidet med Samlet plan for forvaltning av vannressursene er det nedsatt en egen prosjektgruppe som bl.a. skal vurdere metoder som kan brukes til å gi et vurderingsgrunnlag for selve beslutningsprosessen for Samlet plan. En av de metodene som skal vurderes er beregning av merkostnadene ved å endre utbyggingsrekkefølgen på kraftverk. Denne rapporten gir en beskrivelse av metoden. Som en illustrasjon presenteres det dessuten resultater fra beregninger som er gjort for et utvalg av vassdragene som inngår i Samlet plan. Disse beregningene er utført av Energidirektoratet, og er nærmere presentert i rapport EE 14-83: "Samla plan. Kostnader ved ulike utbyggingsrekkefølger av vassdragsutbygginger - Et beregningseksempel" av I. Enge, T. Jarlset, J.K. Johnsen, J. Widlund.

Denne rapporten er utarbeidd av Arild Hervik, Aanund Hylland og Asbjørn Aaheim.

Statistisk Sentralbyrå, Oslo, 3. januar 1984

Arne Øien

INNHold

	Side
1 Problemet.....	7
2 Datagrunnlag.....	10
3 Beregningsmetode og beregningsforutsetninger.....	10
4 Resultater.....	15
5 Oppsummering og videre arbeid.....	20
Vedlegg.....	23

1. PROBLEMET

Hovedformålet med Samlet plan for forvaltning av vannressursene er å fremme forslag til prioritert rekkefølge for konsesjonsbehandlingen av vassdragsutbyggingssaker. Prioriteringen skal ta hensyn både til kraftbehov og kraftverksøkonomi, og til de andre brukerinteressene som vil bli berørt av og kan komme i konflikt med kraftverksprosjektene. I praksis blir det ikke snakk om å foreslå en fullstendig prioritert rekkefølge mellom samtlige mulige utbyggingsprosjekter. Dette er realistisk sett ikke mulig, og det er også tvilsomt om det ville ha noen verdi. I stedet vil prosjektene bli delt inn i grupper, med prioritering mellom gruppene, men ikke innen hver av disse. Samlet plan skal også fremme forslag om hvilke vassdrag som bør forbeholdes andre brukerinteresser og dermed ikke konsesjonsbehandles. Dette vil komme fram som den eller de siste gruppene i prioriteringen.

Prioriteringen må være resultatet av avveininger på flere nivåer. For det første kan en ta for seg de brukerinteressene som ikke er knyttet til kraftbehov eller kraftverksøkonomi, så som landbruk, naturvern, friluftsliv osv. (Samlet plan operer med i altelleve slike interesser). Det vil i mange tilfeller være konflikt mellom disse om hvilken utbyggingsrekkefølge som er ønskelig og hvilke vassdrag som bør vernes. Når så hver brukerinteresse er veid mot hverandre, og en har kommet fram til en samlet prioritering, må denne avveies mot kraftverksøkonomi.

Disse avveiningene kan selvsagt ikke gjøres på rent faglig eller "objektivt" grunnlag. Det dreier seg om fundamentale vurderingsspørsmål, og avgjørelsene må i siste instans tas av politiske organer. Formålet med Samlet plan må være å skaffe fram grunnlagsmateriale, systematisere problemstillingene og fremme forslag.

Denne rapporten behandler den siste av de to avveiningene som er nevnt, altså mellom på den ene siden kraftverksøkonomi, og på den andre siden "summen" av alle de andre brukerinteressene. I praksis er det naturligvis ikke sikkert at beslutningsprosessen vil være så systematisk at man først sammenfatter de andre interessene og så setter dette opp mot kraftverksøkonomi. Likevel tror vi det kan være nyttig å studere de to aspektene hver for seg og her tar vi altså for oss det siste.

Det spørsmålet vi skal forsøke å svare på, er hvor mye det vil koste bare å ta hensyn til brukerinteressene, og se bort fra kraftverksøkonomi. Begrepsmessig tar vi da utgangspunkt i en situasjon der disse interessene ikke blir tillagt noen vekt, prosjektene prioriteres utifra kraftverksøkonomi og bare det. Så ser vi på en annen prioritering (f.eks. den man vil foreslå hvis man bare tar hensyn til de andre interessene). Sett

fra synspunktet kraftverksøkonomi vil da kostnadene bli høyere enn i det første tilfellet, og vi ønsker å finne ut hvor mye høyere de blir. Dette tallet kan sies å være "prisen"¹⁾ på den alternative prioriteringen som er benyttet. Om så fordelene ved den alternative prioriteringen gjør at det er verdt å betale prisen, er et politisk avveiningsspørsmål som vi ikke gir oss inn på. Poenget er at kjennskap til denne prisen vil være av verdi for de som skal foreta avveilingen.

Samlet plan omfatter i alt mer enn 500 prosjekter, og for de fleste av disse foreligger ennå ikke de data som er nødvendige for å gjennomføre beregningene. Denne rapporten er en ren metodestudie, og ingen egentlige resultater blir presentert. Vi tar for oss 20 prosjekter, der det allerede foreligger data og vurderinger. Så later vi som dette er hele prosjektmengden for Samlet plan, og gjennomfører beregninger under den forutsetningen. Formålet er å undersøke om metoden er brukbar og om det kan komme noe interessant ut av den, og på basis av dette vurdere om man bør gå videre og gjennomføre tilsvarende beregninger for hele materialet i Samlet plan. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 5.

Beregningene må naturligvis bygge på en rekke forutsetninger, bl.a. er det viktig hvilken planleggingshorisont og kalkulasjonsrente som brukes. Forutsetningene blir beskrevet i detalj i kapittel 3.

Et moment er likevel så sentralt at det fortjener en særskilt drøfting, og det er forholdet til etterspørselssiden i markedet for elektrisk kraft. Samfunnsmessig optimalisering forutsetter ideelt sett at pris settes til langtids grensekostnad, der denne kostnaden skal inkludere en post for skadevirkningene på andre brukerinteresser av ytterligere kraftutbygging. Dermed vil optimal pris, og følgelig etterspørselen, avhenge av hvordan de andre interessene verdsettes.

Dette ser vi bort fra. Vi tar utgangspunkt i en gitt prognose for utviklingen i fastkraftbehovet, og forutsetter at denne under enhver omstendighet skal dekkes opp. Vi gjennomfører beregningene for flere alternative prognoser, men når to prosjektrekkefølger sammenliknes, skjer dette under forutsetning av at de skal levere samme mengde fastkraft på ethvert tidspunkt innenfor planleggingshorisonten. Dermed kan vi ved alle sammenlikninger se bort fra den samfunnsmessige nytten av fastkraftproduksjonen og bare se på kostnadssiden. (Inntektene ved salg av tilfeldig kraft blir derimot tatt i betraktning og subtrahert fra kostnadene.)

1) Denne "prisen" blir senere referert til som skyggeprisen.

I beregningene blir det lagt inn et "prosjekt" kullfyrt varmekraft, med ubegrenset kapasitet og konstant enhetskostnad. Et vannkraftprosjekt som er prioritert bak dette, blir aldri bygd ut. Altså er det mulig å se på virkningen av varig vern innenfor vår beregningsmetode.

De 20 foreliggende prosjektene utgjør i kraftproduksjon ca. 10% av hele Samlet plan. Prøveberegningene beskrevet i denne rapporten tar derfor utgangspunkt i et system som er tiendeparten så stort som det faktiske systemet i Norge (startåret for beregningene er 1990, og vi tar hensyn til utbyggingsvedtak som allerede er fattet). For en gitt prosentvis stigningstakt i kraftbehovet, vil dermed utbygging av prosjektene bli fordelt over planperioden på en måte som tilsvarer det som skjer når vi ser på hele Samlet plan og hele det eksisterende systemet.

Ovenfor framstilte vi det som om vi skal se på nøyaktig to utbyggingsrekkefølger, nemlig den kraftverksøkonomisk gunstigste samt ett alternativ, slik at vi finner skyggeprisen på dette alternativet. Selvsagt kan man operere med flere alternativer og beregne skyggeprisen på hvert av disse, eventuelt marginalkostnaden ved å gå fra et av disse til et annet. Dette har vi gjort i denne rapporten. Spesielt har vi tatt for oss disse mulighetene:

- 1) Vi antar at en bestemt brukerinteresse er enerådende. (Det blir altså elleve slike beregninger, en for hver interesse.) Der hvor flere prosjekter er stilt likt i henhold til vedkommende brukerinteresse, rangeres de etter kraftverksøkonomi.
- 2) Særlig interessant er det å beregne skyggeprisen på å følge den prioriteringen som Samlet plan faktisk foreslår. Denne foreligger selvsagt ikke, heller ikke for de 20 prosjektene vi betrakter. Som en tilnærming har vi tatt de oppgitte tallverdiene for skade- og nyttevirkningen for de ulike interessene, og summert dem for hvert vassdrag uten vektning. Dette kan sies å gi en prioritering der brukerinteressene er avveid mot hverandre, mens kraftverksøkonomi ikke er tatt hensyn til (bortsett fra når to prosjekter står helt likt ifølge summen av brukerinteressene). Prisen vil dermed bli høyere enn om vi så på en rekkefølge der kraftverksøkonomi var gitt en viss vekt i avveilingen.
- 3) Blant de 20 prosjektene er det ett som er svært gunstig økonomisk, men har store skadevirkninger på mange av brukerinteressene. Prosjekter av denne typen må antas å være sterkt omstridt, og det er av interesse å se på virkningen av å flytte prosjektet fra toppen til bunnen av prioriteringen, når denne ellers er som i (2).
- 4) Vi ser på kostnadene ved varig vern av de vassdragene som står nederst på lista i (2).
- 5) Anta at en Samlet plan blir vedtatt, i samsvar med prioriteringen i (2). Denne følges i noen år, men så gir man den opp og bygger ut videre bare på grunnlag av kraftverksøkonomi. Hvor mye har det kostet at vi fulgte Samlet plan f.eks. i 5 år?

2. DATAGRUNNLAG

For å kunne gjøre kostnadsberegninger av ulik prioriteringsrekkefølgen på vassdrag er det behov for følgende nøkkeldata:

- forventet midlere årstilsig til hvert kraftverk (mill. m³).
- et referansevanmerke som kan benyttes for beregning av tilsigsvariasjoner (evt. tilsigets fordeling vinter/sommer).
- magasin størrelse (mill. m³)
- midlere energiekvivalent (kWh/m³)
- maksimal stasjonsytelse eller slukeevne (MW eller m³/s)
- utbyggingskostnad
- faste årlige kostnader
- byggetid

I de regneeksemplene vi her skal presentere er disse nøkkeldata hentet ut fra 20 vassdragsrapporter som er kommet inn fra fylkene i arbeidet med Samlet plan. Stort sett var det nødvendige dataunderlag i rapportene av tilfredsstillende kvalitet. Størst usikkerhet er nok knyttet til overslagene over utbyggingskostnad. I de fleste vassdragsrapportene mangler også henvisning til et representativt vanmerke som grunnlag for beregninger av tilsigsvariasjoner. I regneeksemplene her har en da ut fra eget skjønn plukket ut vanmerker for de forskjellige prosjekter. I vedlegg 1 er det nødvendige dataunderlaget for beregningen presentert.

I en rekke av vassdragsrapportene har det vært relativt tidkrevende å lete seg fram til de nødvendige nøkkeldata for beregningene. Dersom man finner at man i arbeidet med Samlet plan ønsker å gjøre kostnadsberegninger på ulike rekkefølger av alle de prosjekter som inngår i Samlet plan vil det være nødvendig å presentere en tabell over nøkkeldata i alle vassdragsrapportene.

3. BEREGNINGSMETODE OG BEREGNINGSFORUTSETNINGER

I den beregningsmetoden som her benyttes tar man utgangspunkt i det kraftsystem man forventer å ha ved inngangen til 90-åra. For hvert prosjekt beregner man så det fastkraftbidraget som oppnås i samspill med dette systemet. Prosjektets samlede fastkraftkostnader eller driftsavhengige kostnader blir også beregnet i samspillet med det øvrige kraftsystemet. De to størrelsene

- prosjektets fastkraftbidrag (GWh/år)
- prosjektets fastkraftkostnad (øre/kWh)

karakteriserer nå hvert enkelt prosjekt økonomisk. Disse to beregnede størrelser er nå grunnlaget for regneeksemplene av kostnader ved ulike utbyggingsrekkefølge av prosjektene. En grundigere behandling av beregningsmetoden finnes hos Enge et al. (1983).

De 20 prosjekter som nå inngår i regneeksemplene utgjør tilsammen en produsert kraftmengde på 1984 GWh. Dette utgjør ca. 6 prosent av den totale kraftmengde som skal behandles i Samlet plan. Vi skal beregne nåverdien av ulike rekkefølger på kraftutbyggingen, og der er derfor viktig at vi får en spredning i tid i våre regneeksempler som står i rimelig forhold til den totale kraftmengden som behandles i Samlet plan. Dette har vi innarbeidd i antakelsen om kraftprognosen. For de ulike prognosealternativene vi har tatt utgangspunkt i er den årlige absolutte veksten i regneeksemplene redusert til 6 prosent. De ulike prosjektene vil derved komme inn på nettet i våre regneeksempler for å dekke inn denne kraftmengden og strekkes ut til omtrent samme tidsperspektiv som nå legges til grunn for den totale kraftmengde i Samlet plan. Som alternative prognoseforutsetninger har vi valgt:

Alt. 1: Høy vekst er 4 % per år fra 1990

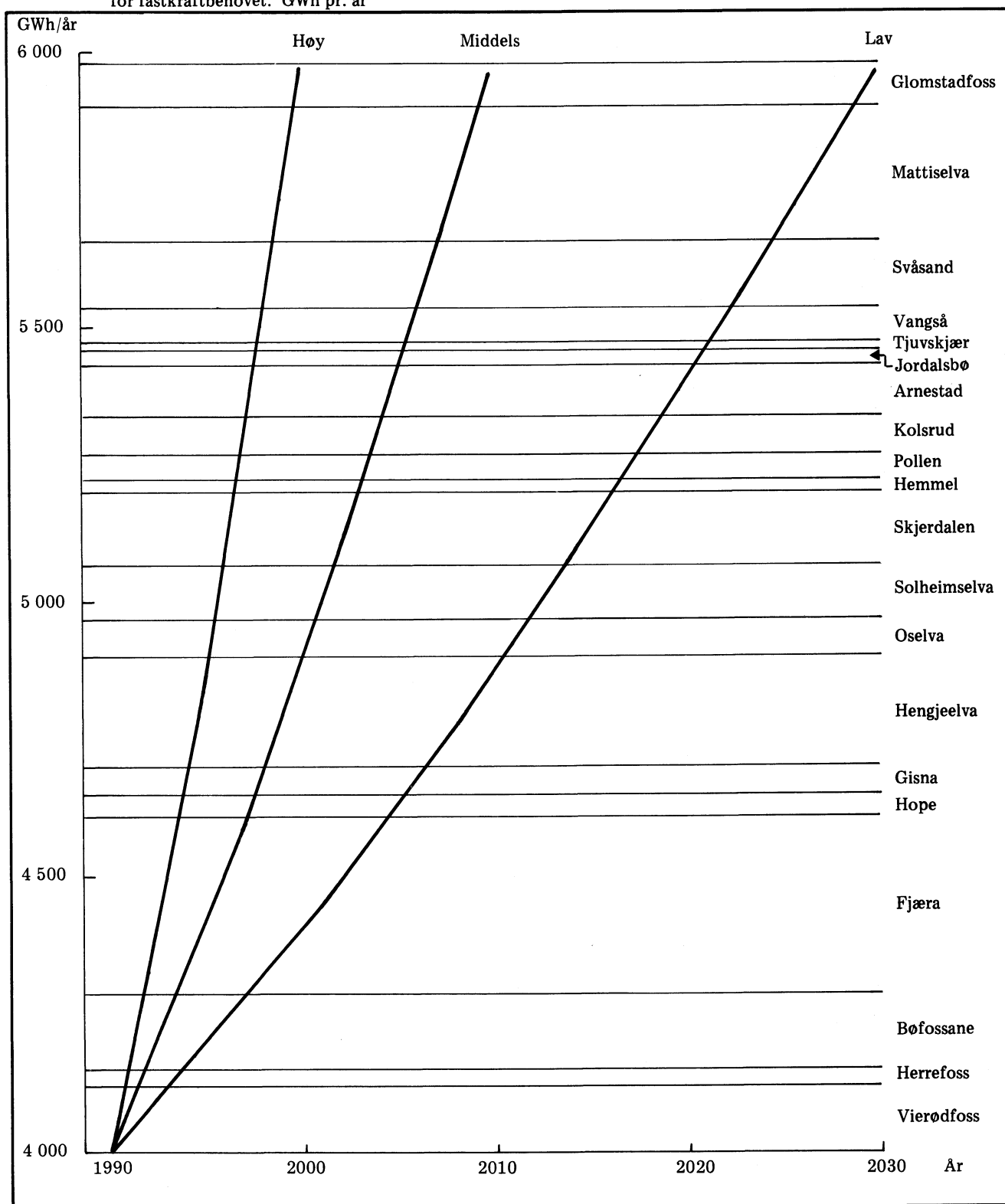
Alt. 2: Middels vekst er 2 % per år fra 1990

Alt. 3: Lav vekst er 1 % per år fra 1990

I figur 3.1 er disse alternativene illustrert. I alternativet med lav prognose vil prosjektene i våre regneeksempler dekke opp behovet for kraft i perioden helt fram til 2030, altså 40 år. Med middels prognose strekker prosjektene i våre regneeksempler til for å dekke behovet fram til 2010 altså ca. 20 år og med den høye prognosen strekker prosjektene til for å dekke behovet fram til ca. år 2000 eller 10 år. Dette vil da tilsvare det tidsperspektiv på behovsdekning for ulike prognosealternativ som man vil ha for den totale kraftmengden i Samlet plan. I figur 3.1 er også tegnet inn tidsinnpassing og størrelsen på de ulike prosjektene når de bringes inn etter den mest økonomiske rekkefølgen d.v.s. etter stigende fastkraftkostnad. Vierødfoss kommer da inn først, Glomstadfoss til slutt.

Analyseperioden er satt til 40 år. For alternativet med lav vekst vil prosjektene vare ut hele perioden. For alternativene med middels og høy vekst er behovet for elektrisitet i den gjenstående perioden dekket med kullfyrt varmekraft. For alternativet høy vekst, sammenlignet med lav

Figur 3.1. Tidsinnpassing etter stigende fastkraftkostnad for 20 kraftverk som representerer Samlet plan ved ulike prognoser for fastkraftbehovet. GWh pr. år



vekst vil man derved ha en 30 årsperiode hvor behovet dekkes ved dyr kullfyrt kraft. Dette vil da medføre i våre regneeksempler at de totale neddiskonterte kostnader blir adskillig høyere for alternativet høy prognose.

De øvrige forutsetninger som er gjort i våre regneeksempler:

- Kalkulasjonsrenten er satt til 7 %.
- Levetiden for hvert prosjekt er satt til 40 år.
- Prisen på tilfeldig kraft er satt til 10 øre/kWh.

Vi vet fra andre, tilsvarende regneeksempler (Fagerberg (1979)) at nivået på kalkulasjonsrenta får stor betydning for resultatene. Her skal vi velge bare å gjøre regneeksemplene med 7 %.

I tabell 3.1 er de ulike utbyggingsrekkefølgene i våre beregningseksempler vist. Her er prosjektene rangert etter kraftverksøkonomi, økende fastkraftkostnad og dernest er vist hvilken rekkefølge prosjektene vil få når ulike miljøhensyn legges til grunn. Utbyggingsrekkefølgen baserer seg her på de oppgaver som kommer i vassdragsrapportene hvor man for hvert vassdrag skal gradere størrelsen på miljøulemper langs disse elleve kriterier fra -4 til +4. I vedlegg 2 er disse oppgavene vist med verdier fra 1 til 9 hvor 5 er den nøytrale verdi. I tabell 3.1 har vi også i den siste kolonnen vist et eksempel på en sammenveing. Vi har da valgt å la alle 11 kriteriene veie likt og så rangert prosjektene i den rekkefølgen man da får når man legger verdiene fra vedlegg 2 til grunn. Formålet her er ikke å gå grundigere inn på ulike sammenveingsmetoder. Når vi har valgt en sammenveing hvor kriteriene teller likt, så er det bare for å få illustrert i våre regneeksempler også et resultat hvor det er foretatt en sammenveing. For våre formål vil den ene metoden være like god som den andre og vi har derfor valgt den enkleste med likt vektgrunnlag på alle kriterier som en illustrasjon.

Ytterligere regneeksempler er gjort med utgangspunkt i det alternative med en sammenveing. For det første har vi latt ett prosjekt, nemlig Vierødfoss endre plass etter ren kraftverksøkonomi og så gjort beregninger med denne partielle endring. Dernest har vi tatt ut de 5 siste vassdragene og erstatt dem med kullfyrt varmekraftverk for å illustrere kostnadene med en verneplan. Til slutt har vi gjort regneeksempler for å vise kostnadene om man i 1990 og 1995 skulle endre beslutningene om utbyggingsrekkefølge til å følge ren kraftverksøkonomi for den gjenstående periode.

Tabell 3.1. Utbyggingsrekkefølge etter stigende fastkraftkostnad og etter ulike kriterier og etter eksempel på samlet avveining¹⁾

		UTBYGGINGSREKKEFØLGE VED ULIKE KRITERIER														
		Fast- kraft- bidrag	Fast- kraft- kostnad	Fisk	Vilt	Kul- tur- minne	Rein- drift	Land- bruk	Vann- forsy- ning	For- uren- sing	Natur- vern	Fri- lufts- liv	Is/ vann- temp.	Flom- ero- sjon	Sum ¹⁾	
		GWh	Øre/KWh													
1	Vierødfoss	120,0	11,16	20	1	14	1	16	1	9	15	18	2	15	20	
2	Herrefoss	30,0	11,28	5	2	2	2	7	2	1	5	7	3	5	2	
3	Bøfossane	135,0	12,10	6	3	3	3	8	17	19	6	8	4	6	9	
4	Fjæra	330,0	14,08	1	11	15	4	9	9	10	1	9	15	2	10	
5	Hope	35,0	14,65	7	4	7	5	10	3	2	7	3	16	1	3	
6	Gisna	51,3	15,47	15	16	8	18	11	10	15	20	10	9	7	16	
7	Hengjeelva	204,0	16,00	8	5	9	6	12	4	3	8	11	5	8	1	
8	Oselva	65,0	16,78	9	17	16	7	19	11	11	11	12	17	18	18	
9	Solheimselva	97,0	17,06	10	12	10	8	13	5	4	12	13	13	3	8	
10	Skjerdalen	131,0	18,07	11	13	17	9	2	12	12	16	19	1	9	11	
11	Hemmel	28,0	18,73	16	18	1	10	14	6	5	17	14	6	12	6	
12	Pollen	41,0	18,94	2	14	4	11	15	13	6	2	15	14	13	4	
13	Kolsrud	70,0	19,78	17	6	5	12	3	14	13	13	4	7	16	7	
14	Arnestad	96,0	19,89	12	7	18	13	17	19	16	9	16	18	10	17	
15	Jordalsbø	25,0	21,45	3	15	11	14	1	15	17	3	5	19	11	5	
16	Tjuvskjær	16,0	24,62	4	8	12	19	4	20	18	14	1	10	4	14	
17	Vangså	59,7	26,41	18	19	19	15	5	7	7	18	17	11	14	13	
18	Svåsand	123,0	28,14	13	9	13	16	18	18	20	4	6	12	17	15	
19	Mattiselva	246,1	29,73	19	20	20	20	6	8	8	19	20	20	19	19	
20	Glomstadfoss	80,0	31,42	14	10	6	17	20	16	14	10	2	8	20	12	
21	Kull	6960,0	27,22													

1) Her er det beregnet et snitt over alle kriteriene og en ranking når en lar alle kriteriene veie likt.

4. RESULTATER

Hensikten med å presentere resultater fra beregningene i dette avsnittet, er å få belyst metodene ved hjelp av eksempler. Beregningene er gjort for et utvalg av framtidige kraftverk. Hvordan en eventuell videreføring av prosjektet til å gjelde hele Samlet plan vil fortone seg, tas opp i neste kapittel. Tallene som blir presentert illustrerer ved eksempler hvordan kostnadene ved å ivareta miljøhensyn ved vassdragsutbygging kan beregnes. De gir også en indikasjon på størrelsen av kostnadene, men må selvsagt ikke betraktes som et mål på hva Samlet plan vil komme til å koste. Det er beregnet kostnader ved tre ulike antakelser om framtidig kraftbehov.

Vi skal se nærmere på kostnadene ved å endre rekkefølgen på utbygging av kraftverk med utgangspunkt i den økonomisk mest lønnsomme utbyggingen, nemlig utbygging etter stigende fastkraftkostnad, og sammenligne denne med de alternativene som er omtalt i kapittel 3.

Tabell 4.1 viser den neddiskonterte kostnaden for utbygging og drift for hver av de nevnte rekkefølgene. Tallene kan tolkes som hva vi må sette til forrentning i banken "idag", for at dette innskuddet skal kunne finansiere utbygging og drift av kraftverkene ved en gitt igangsettingsdato for hvert kraftverk (merk at økt neddiskontert kostnad som følge av økte kraftprognoser ikke må tolkes dithen at økte kraftprognoser betyr lavere lønnsomhet!) Ved den lave kraftprognosen varierer de neddiskonterte kostnadene fra 1119 mill. til kr. 1938 mill. Ved midlere prognose er tallene kr. 3308 og kr. 4021 mill., mens det høye alternativet gir en neddiskontert kostnad på mellom kr. 10 604 og kr. 11 088 mill. For de fleste av de andre rekkefølgekriteriene ligger kostnaden nærmere det mest lønnsomme alternativet enn det minst lønnsomme for de vassdragene vi har valgt ut her. Landbruk og friluftsliv er i dette eksemplet de dyreste rekkefølgekriteriene. Det betyr at dersom vi kommer fram til en nyttefunksjon eller et sammenveiiingsprinsipp der landbruk og friluftsliv veier tungt, så vil rekkefølgen for utbyggingen av disse vassdragene koste relativt mye.

Tabell 4.1. Neddiskonterte kostnader for utbygging og drift av kraftverk ved utbygging etter ulike kriterier for valg av rekkefølge. Mill.kroner.

Konflikttype	Prognose		
	Lav	Middels	Høy
Mest lønnsomme (stigende fastkraftkostnad).....	1 119	3 308	10 604
Minst lønnsomme (synkende fastkraftkostnad).....	1 938	4 021	11 088
Fisk.....	1 243	3 428	10 691
Vilt.....	1 243	3 438	10 700
Kulturminner.....	1 358	3 521	10 750
Reindrift.....	1 127	3 319	10 612
Landbruk.....	1 574	3 698	10 867
Vannforsyning.....	1 349	3 541	10 770
Vannforurensning.....	1 434	3 605	10 816
Naturvern.....	1 316	3 491	10 734
Friluftsliv.....	1 531	3 639	10 817
Is/vanntemperatur.....	1 301	3 479	10 723
Flom/erosjon.....	1 211	3 384	10 656
Sammenveid.....	1 311	3 483	10 727
Tilfeldig rekkefølge.....	1 390	3 524	10 744

Tabell 4.2. Skyggepris på ulike prioriteringsrekkefølger ved forskjellige prognoser for fastkraftbehov. Mill.kr.

Konflikttype	Prognose		
	Lav	Middels	Høy
Mest lønnsom (stigende fastkraftkostnad).....	0	0	0
Minst lønnsom (synkende fastkraftkostnad).....	819	497	344
Fisk.....	124	120	87
Vilt.....	124	130	96
Kulturminner.....	239	213	146
Reindrift.....	8	11	8
Landbruk.....	455	390	263
Vannforsyning.....	230	233	166
Vannforurensing.....	315	297	212
Naturvern.....	197	183	130
Friluftsliv.....	412	331	213
Is/vanntemperatur.....	182	171	119
Flom erosjon.....	92	76	52
Sammenveid.....	192	175	123
Tilfeldig rekkefølge.....	271	216	140

I tab. 4.2 har vi beregnet differansen mellom kostnaden ved hvert av prioriteringskriteriene og det billigste alternativet. Tallene kan således tolkes som skyggeprisen av å velge en annen utbyggingsrekkefølge enn den som følger av stigende fastkraftkostnad. Som det også framgikk av tabell 4.1 er det friluftsliv og naturvern som har de høyeste skyggeprisene. Prisen på bare å legge vekt på reindrift er svært lav for de vassdragene som er behandlet her. Dette skyldes at det bare er tre av de 20 utbyggingene som berører reindriften. Resten blir utbygd etter prinsippet om stigende fastkraftkostnad.

Prisen på å bygge ut etter en prioritering som gir lik vekt til alle miljøhensynene er kr. 192 mill. i det lave prognosealternativet og hhv kr. 175 mill. og kr. 123 mill. i det midlere og høye alternativet. Av tabellen går det fram at dersom det legges større vekter på kulturminner, landbruk, vannforsyning, vannforurensing, naturvern eller friluftsliv i "nyttefunksjonen" som vi har brukt, så vil skyggeprisen på det sammenveide alternativet øke. Det omvendte er tilfelle dersom det blir lagt større vekt på et av de andre kriteriene.

Hvor stor skyggeprisen blir vil bl.a. avhenge av prognosen som benyttes. Når prognosen stiger vil to effekter virke mot hverandre, og bestemme om skyggeprisen skal stige eller synke:

- 1) Dersom alle kraftverkene er like store vil skyggeprisen avta med økt prognose. Ved en høy prognose skal kraftverkene bygges ut tidligere enn ved lav prognose. Tidstapet ved å bygge ut annerledes enn mest økonomisk blir derfor mindre. (Det forutsettes at alt bygges ut før man setter igang med kullfyrt varmekraft).
- 2) Totalkostnaden øker som nevnt dersom prognosen øker. Hvis kraftverkene ikke er like store, vil et stort kraftverk telle forholdsvis mer i neddiskontert totalkostnad ved høy prognose. Ved å flytte et stort kraftverk fram i tid vil også skyggeprisen trekkes opp.

I tabell 4.1 er skyggeprisen på rekkefølgene der hensyn er tatt til vilt, reindrift og friluftsliv høyere ved en middelprognose for kraftbehovet enn ved lav prognose.

Tabell 4.3 gir neddiskontert kostnad og skyggepris i tre forskjellige problemstillinger.

Av tabell 3.2 går det fram at dersom vi prioriterer utbyggingene med grunnlag i lik vekt på alle miljøhensyn, så vil Vierødfossen bli bygd ut sist av alle kraftverkene. Samtidig gir denne den billigste fastkraftkostnaden av alle i utvalget. Det kan derfor ha interesse å se effekten av å "gi opp" dette vassdraget og bygge det ut først og la resten være prioritert som før. Alt. 1 - Vierødfoss i tab. 4.3 gir svaret på dette spør-

Tabell 4.3. Neddiskontert utbyggingskostnad og skyggepris ved tre strategier. Mill. kr.

Strategi	Kraftprognose					
	Lav		Middels		Høy	
	Ned- disk.	Skygge- pris	Ned- disk.	Skygge- pris	Ned- disk.	Skygge- pris
Mest lønnsom (Stigende fastkraftkostnad).....	1119		3308		10604	
Lik vekt alle miljøhensyn.....	1311	192	3483	175	10727	123
Vierødfoss først - seinere lik vekt.....	1222	103	3401	93	10669	65
Vern av 5 vassdrag.....	1331	212	3608	300	10970	366
Preferanseendring etter fem år.....	1176	57	3408	100	10687	83

målet. Ved lav prognose er skyggeprisen kr. 103 mill. eller kr. 89 mill. lavere enn ved å bygge ut Vierødfoss til slutt. Ved høyere kraftprognose synker skyggeprisen, men ikke like mye som skyggeprisen for alternativet med Vierødfossen til slutt.

Det neste alternativet er å verne de fem vassdragene som har de høyeste miljøskadene ifølge sammenveilingen som er gjort tidligere. De andre vassdragene blir bygd ut i samsvar med denne sammenveilingen. Dette gir en relativt høy skyggepris. For alle prognosene vil kullfyrte varmekraftverk settes igang tidligere ved dette alternativet. Det går også fram av tabellen at skyggeprisen stiger når kraftprognosen blir høyere.

Det siste alternativet vi har ønsket å belyse i dette eksemplet er kostnaden ved å følge en utbyggingsrekkefølge der en tar miljøhensyn, gitt at man ombestemmer seg etter et visst antall år og deretter følger den mest lønnsomme rekkefølgen. I siste linje i tab. 4.3 har vi antatt at det tas miljøhensyn i fem år og så ombestemmer man seg. Størst kostnad gir dette ved det midlere prognosealternativet, kr. 100 mill. Likevel er prisen kr. 75 mill. lavere enn å ta miljøhensyn ved alle utbyggingsene.

5. OPPSUMMERING OG VIDERE ARBEID

Resultatene i kapittel 4 viser klart at det er mulig å få interessante resultater ut av den typen beregninger som er gjennomført i denne rapporten. F.eks. viser tallene i tabell 4.2 betydelige forskjeller mellom de ulike brukerinteressene når det gjelder skyggeprisen på å ta hensyn til vedkommende interesse. Dermed ser vi altså hvilke interesser som står i sterk motsetning til kraftverksøkonomi og vil koste relativt mye å ta hensyn til, og hvilke interesser som bare i mindre grad kommer i konflikt med økonomiske hensyn. Vi vet naturligvis ikke om tabellen er representativ for hele Samlet plan, det vil man bare kunne finne ut ved å gjennomføre tilsvarende beregninger for alle prosjektene. Det tyder på at den gjennomsnittlige kostnaden for de prosjektene som er behandlet i vårt utvalg er noe lavere enn gjennomsnittskostnaden for alle prosjektene i Samlet plan. Poenget i denne sammenhengen er at tallene viser betydelig spredning, dvs. at det er klare forskjeller mellom de ulike brukerinteressene, og metoden er i stand til å avdekke disse.

Metodene gir også svar på det som vel er det mest grunnleggende spørsmålet i denne forbindelsen. Hvor mye vil det koste å gjennomføre Samlet plan? (Jfr. diskusjonen tidligere av den sammenveide utbyggingsrekkefølgen, som vi i regneeksemplene har brukt til å representere Samlet plans endelige prioritering). Det er imidlertid ikke sikkert at dette svaret har så stor verdi. Prinsipielt skulle det være en del av grunnlagsmaterialet for å avgjøre om det er "verdt prisen" å ta hensyn til de forrige brukerinteressene. For det første er det svært vanskelig å gjøre seg opp en mening om hvor mye som er mye, altså om det tallet som kommer ut av beregningene alt i alt skal betraktes som "stort". Dersom vi antar at vårt utvalg av vassdrag er representativt for hele Samlet plan, så kan vi illustrere kostnadene ved ulike rankeringer for samtlige vassdrag ved å multiplisere våre regneeksempler med 17. Ved å velge ut middelprognosen for fastkraftbehovet vil kostnadsøkningen ved ikke å velge den mest lønnsomme rekkefølgen maksimalt bli 5 milliarder kroner ifølge tabell 4.2. Prioritering etter den sammenveilingen som er benyttet her vil gi en merkostnad på 3,0 milliarder kroner. Presentasjonsformen kan også ha betydning for hva man vil være tilbøyelig til å mene om dette: Totaltallet kan nok virke stort, men om det framstilles som en prisøkning pr. kWh kan det virke som ubetydelig. Som eksempel kan vi igjen vise til tabell 4.2. Middelprognosen ga en merkostnad på 3,0 milliarder kroner for hele Samlet plan, dersom vi fulgte prioriteringen med lik vekt på alle brukerinteresser, dvs. ca. 5,5 prosent. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig prisøkning per kWh til forbruker på ca. 1,0 øre dersom man bruker et langtids-grensekostnadsprinsipp. For det andre

er det alternativet man implisitt operer med når man regner totalprisen på Samlet plan, nemlig en utbyggingsrekkefølge basert bare på kraftverksøkonomi, politisk fullstendig uaktuell.

I praksis tror vi derfor at en annen type resultater fra metoden vil ha større betydning. Det dreier seg om prisen på å gjøre marginale endringer i utbyggingsrekkefølgen. F.eks. kan det være enkelte sterkt omstridte prosjekter som enten blir bygd ut raskt eller skjøvet langt ned i rekkefølgen (eventuelt fredet). Vierødfoss er brukt for å illustrere dette i regneeksemplene. Vi beregner altså hva det isolert sett vil koste å flytte denne fra øverst til nederst i en ellers konstant rekkefølge. Tilsvarende kan man se på den marginale virkningen av å legge noe mer eller noe mindre vekt på en bestemt brukerinteresse, av å frede noen flere eller færre vassdrag, osv.

Dette er i høy grad politisk relevante problemstillinger, spørsmål av denne typen vil etter alt å dømme komme opp og være omstridt i samband med utarbeidningen og behandlingen av Samlet Plan. Opplysningen om de økonomiske virkningene av marginale endringer i rekkefølgen vil dermed være av interesse.

Ved tolkningen av slike resultater støter man naturligvis på problemet at det er vanskelig å gjøre seg opp en mening om "hvor mye er mye". Dette er ikke til å komme utenom, og problemet er formodentlig mindre når det dreier seg om konkrete, begrensede spørsmål enn om man skulle avgjøre om "prisen" på Samlet Plan som helhet er høy eller lav.

På bakgrunn av dette anbefaler vi at man gjennomfører beregninger av typen beskrevet i dette notatet for alle prosjektene i Samlet Plan. Det vil medføre en del omkostninger å legge til rette datamaterialet, men dersom de aktuelle opplysningene systematiseres i vassdragsrapportene (jfr. kapittel 2 ovenfor), skulle dette bli ganske beskjedent.

Referanser:

- I. Enge, T. Jarlset, J.K. Johnsen, J. Widlund (1983): EE 14-83
Samla plan. Kostnader ved ulike utbyggingsrekkefølger av
vassdragsutbygginger - Et beregningseksempel. Energidirek-
toratet 1983.
- Fagerberg (1983). EEE 3/79 Økonomisk gevinst ved kostnadmessig rang-
ering av kraftverkprosjekter i Syd-Norge. NVE 1979.

Vedlegg 1.

PROSJEKT	Inst. (MW)	e.ekv. (kWh/m ³)	Tilløp (GWH/år)	Vannm.	Magasin (GWh)	Anmerkn.
Glomstadfoss	22,7	0,0175	134,7	403	14,3	1)
Hemmel	8,8	0,340	32,5	403	1,1	
Kolsrud	14,2	0,0247	80,3	458	39,4	
Vierødfoss	27,2	0,047	155,2	493	44,0	
Bøfossane	21,4	0,170	197,0	493	40,3	
Herrefoss	5,0	0,040	45,3	493	9,8	
Jordalsbø	11,7	0,666	37,6	493	2,6	
Fjæra	86,4	0,800	393,8	412	24,0	
Svåsand	30,4	1,03	155,1	962	23,0	2)
Henjeelva:						Alt.: III
Nyastøl	6,0	0,52	27,8	613	9,4	
Hermansverk	56,2	1,25	198,0	613	22,5	
Oselva:						Alt.: "Realistisk"
Skogheim	7,0	0,790	28,0	619	15,0	
Sagefossen	9,6	0,139	37,8	619	5,8	
Gygrefossen	4,0	0,038	21,7	619	1,6	
Solheimselva:						Alt.: "Stor"
Svartedalsvatn	5,0	0,790	22,1	619	11,2	
Sunndalen	23,0	0,740	124,0	619	17,0	
Pollen	13,3	0,230	46,5	619	16,6	Alt.: 1
Skjerdalselva:						Alt.: 1 ³⁾
Skjerdalen I	21,0	1,33	76,6	621	63,8	
Skjerdalen II	20,0	0,72	83,2	621	34,6	
Hope	7,8	0,28	40,0	620	1,7	
Arnestad	18,6	0,823	101,6	620	25,4	Alt.: II ⁴⁾
Vangså	7,0	0,769	59,9	967	26,9	
Gisna/Grana	11 m ³ /s	-	49 Mm ³	659	0,0	5)
Tjuvskjærelva	2,8	0,778	17,9	872	4,8	6)
Mattiselva:						
Mattisdal	78,0	0,990	213,4	770	138,6	
Kåfjord	10,0	0,140	44,0	770	19,6	
Stuevatn	4,8	0,260	8,2	770	12,2	7)
Holmvatn	6,8	0,250	7,1	770	17,0	8)

Anmerkn.:

- 1) Forbitapping i sommerhalvåret $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 2) Eidefoss kraftverk forutsettes nedlagt (12 GWh middelprod.).
- 3) Det nye Bjørndalen kraftverk får redusert tilløp tilsvarende 43 GWh/år.
- 4) Forutsatt ingen restriksjoner.
- 5) Overføring av et delfelt til Grana (Orklavassdraget).
- 6) Foldvik kraftverk forutsettes nedlagt (2 GWh/år).
- 7) Pumpekraftverk. E.ekv. (energiforbruk) ved pumping er $0,34 \text{ kWh/m}^3$.
- 8) Pumpekraftverk. E.ekv. ved pumping er $0,35 \text{ kWh/m}^3$.

Vedlegg 2. Gradering av virkninger på brukerinteresser ved ulike utbyggingsprosjekter¹⁾.

Prosjektnavn	Fastkraft- kost	Fisk	Vilt	Kulturm.	Reindr.	Land- bruk	Vann- fors.	Foru- rens.	Natur- vern	Fri- luftsliv	Is/vann- temp.	Flom/ erosj.
Glomstadfoss...	31,42	7	6	7	-	9	6	6	6	6	4	8
Hemmel.....	18,73	8	8	-	-	6	5	5	8	8	4	5
Kolsrud.....	19,78	8	6	7	-	-	6	6	7	7	4	6
Vierødfoss.....	11,16	9	6	9	-	7	5	6	8	9	4	6
Bøfossane.....	12,10	7	6	6	-	6	8	8	6	8	4	4
Herrefoss.....	11,28	7	6	6	-	6	5	5	6	8	4	4
Jordalsbø.....	21,45	6	7	8	-	4	6	7	5	7	7	4
Fjæra.....	14,08	6	7	9	-	6	6	6	5	8	7	3
Svåsand.....	28,14	7	6	8	-	8	8	8	5	7	5	6
Henjeelva.....	16,00	7	6	8	-	6	-	-	6	8	4	4
Oselva.....	16,78	7	8	9	-	9	6	6	7	8	7	7
Solheimselva...	17,06	7	7	8	-	6	5	5	7	8	6	3
Pollen.....	18,94	6	7	6	-	6	6	5	5	8	6	5
Skjerdalen.....	18,07	7	7	9	-	5	6	6	8	9	3	4
Hope.....	14,65	7	6	8	-	6	5	5	6	7	7	2
Arnestad.....	19,89	7	6	9	-	8	9	7	6	8	7	4
Vangså.....	26,41	8	8	9	-	-	5	5	8	8	5	5
Grana (Gisna)..	15,47	8	8	8	6	6	6	7	9	8	5	4
Tjuvskjær.....	24,62	6	6	8	8	5	9	7	7	6	5	3
Mattiselva.....	29,73	8	8	9	9	-	-	-	8	9	7	7

1) Gradering fra 1 til 9. 1 = Store positive virkninger. 5 = Nøytral. 9 = Store negative virkninger.

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 oljevirkosomheten 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: Barnevernsklienter 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 Bjørn og Morten Jensen: Varige goder i et komplett system av konsumerter-spørselsfunksjoner - En modell estimert med norske kvartalsdata Sidetall 93 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1962-0
- 83/17 Ressursregnskap for fisk Sidetall 56 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1967-1
- 83/18 Jon Inge Ljan: Fylkenes bruk av helseinstitusjoner Oversikt 1980 og forsøk på framskrivning Sidetall 89 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1969-8
- 83/19 Redigert av Kjell Roland og Paal 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
- 83/21 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: Planrekneskap 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

Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå (RAPP) - ISSN 0332-8422 (forts.)

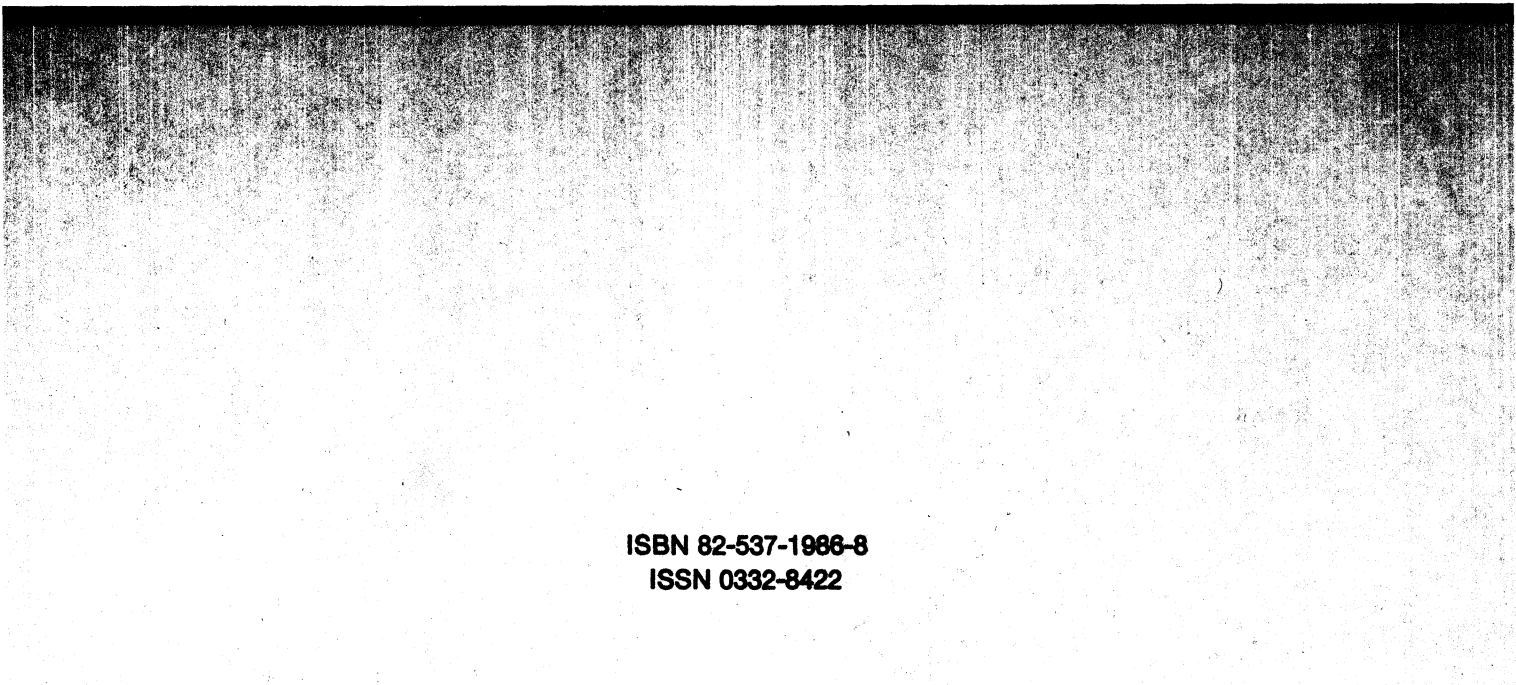
Trykt 1983

- Nr. 83/27 Erik Bjørn: 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 A
- 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



Pris kr 12,00

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



ISBN 82-537-1986-8
ISSN 0332-8422